



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Química

“PROYECTO PARA ANALIZAR AGUAS  
INDUSTRIALES DE DESECHO  
(5 PARAMETROS)”

FELIPE FIGUEROA VAZQUEZ

INGENIERO QUIMICO

AÑO

1977



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 esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

CLAS TESIS 1977  
ADD M.T. 149  
FECHA \_\_\_\_\_  
PROC \_\_\_\_\_



Jurado asignado originalmente según el tema.

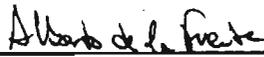
PRESIDENTE : PROFDR. JORGE SPAMER GARCIA CONDE.  
VOCAL : PROFDR. JORGE MENCARINI PENICHE.  
SECRETARIO : PROFDR. ALBERTO DE LA FUENTE ZUNO.  
1er. SUPLENTE : PROFDR. CARLOS ROMO MEDRANO.  
2do. SUPLENTE : PROFDR. ARTURO PEREZ ALONSO.

Sitio donde se desarrolló el tema : Facultad de Química. U. N. A. M.

Nombre completo y firma del sustentante :

  
\_\_\_\_\_  
Felipe Figueroa Vázquez.

Nombre completo y firma del asesor del tema :

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Alberto De la Fuente Zuno.

A MI ESPOSA Y MI HIJA.

A MIS PADRES Y HERMANOS.

A MIS PROFESORES Y AMIGOS.



## I N D I C E

	Pág.
<u>Generalidades</u> .....	1
CAPITULO I	
<u>Introducción</u> .....	8
Breve historia de la Administración de la Calidad del Agua .....	9
Calidad del agua para fines domésticos .....	17
Calidad del agua para fines industriales .....	21
Calidad del agua para fines piscícolas .....	22
Fundamentos en el Control de la Contaminación del Agua. Sistema Administrativo para el Control de la Contaminación del Agua .....	25
Necesidad de un Plan Nacional para el Control de la Contaminación del Agua .....	27
Selección del sistema de tratamiento .....	31
Tratamiento Primario .....	48
Tratamiento Biológico .....	51
Tratamiento Avanzado .....	53
Tratamiento Avanzado .....	64
CAPITULO II	
<u>Justificación del Proyecto</u> .....	71
Aspectos Legales .....	71
Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas .....	75
CAPITULO III	
<u>Preparativos del proyecto</u> .....	91
Normas oficiales de muestreo y análisis .....	91
Determinación de los puntos de muestreo .....	96
Programa de muestreo y análisis .....	98

	Pág.
Análisis de las alternativas para la obtención de los resultados de análisis .....	99
CAPITULO IV	
<u>Desarrollo del proyecto</u> .....	103
Selección de alternativa .....	103
Adquisición y recepción de equipo y material necesario para cada planta .....	103
Procedimiento para muestrear, analizar y reportar .....	104
CAPITULO V	
Análisis de resultados con descargas hipotéticas .....	113
CAPITULO VI	
Conclusiones y recomendaciones .....	175
Anexo 1 .....	186
Anexo 2 .....	195
Bibliografía .....	198

## GENERALIDADES

El objeto del presente trabajo es dar una secuencia lógica para un proyecto de análisis de descargas de aguas de desecho, iniciándolo con informaciones de lo que es la contaminación para crear la conciencia de la magnitud del problema; se citan leyes de otros países, estragos que ha causado la contaminación y se analiza la legislación en México.

El objeto del proyecto es el de determinar el grado de contaminación de las descargas a través de su análisis para conocer el origen o causa de esa contaminación y poder definir en qué forma es posible solucionar ese defecto, que puede ser corrigiendo, mejorando o eliminando operaciones que produzcan contaminación al agua.

El trabajo pues, se inicia con una serie de referencias históricas acerca de los esfuerzos que se han hecho en materia legal en diferentes partes del mundo para prevenir y controlar este fenómeno destructor que es la contaminación. Estas referencias parten de 1388 en el Reino Unido de la Gran Bretaña al expedirse una ley que prohibía contaminar el agua con desechos y luego, en 1829 en Francia con otra ley semejante para preservar a los peces.

Se menciona cómo se ha ido creando el concepto de "contaminar el agua" por las legislaciones de Suiza, Bélgica y la Unión Soviética; se revisa cómo se han establecido prioridades en cuanto a la calidad del recurso, al dividir las corrientes de aguas por categorías o usos que se haga de ellas, para preservarlas y darles tratamiento de acuerdo a su importancia. Estas clasificaciones se han hecho en la Unión Soviética, Checoslovaquia, Nueva Zelandia, Bulgaria, Perú, Dinamarca, Finlandia y México.

Siendo el agua un recurso tan importante en diversas actividades humanas, se mencionan las características de calidad para usos como el doméstico, el industrial y el piscícola.

Como se hace imprescindible el tener un efectivo control de la contaminación, se marcan los ocho componentes fundamentales para ese control y se menciona también la necesidad de un Plan Nacional, cuyo objetivo es el de mantener y restaurar la calidad del agua para satisfacer todas las necesidades actuales y futuras del país. Además, por ser México un país de recursos económicos limitados con respecto a sus necesidades, debe fijarse una estrategia en la inversión de recursos económicos y humanos, estableciendo objetivos de la calidad del agua, implantando programas de educación y construyendo obras para alcanzar resultados a corto, mediano y largo plazo.

Los tres tipos básicos de sistema administrativo en el control de la contaminación del agua, se analizan, viendo ventajas y desventajas para cada uno de ellos.

En el país han sido detectados y estudiados los cuerpos receptores altamente contaminados con el objeto de conocer y frenar su contaminación, tal es el caso de los ríos: Lerma, Coatzacoalcos, Pánuco, Blanco y Amacuzac, la Bahía de Acapulco y el Lago de Chapala. Se anota también que los polos de desarrollo del Estado de México, Monterrey, Veracruz, Puebla y Tlaxcala y de la cuenca Lerma-Chapala-Santiago, han dado origen a altas concentraciones de contaminantes en las aguas de los cuerpos receptores creando condiciones ambientales y de supervivencia cada vez más precarias. Todo esto justifica ampliamente el Plan Nacional.

Como una parte introductoria adicional se analizan -

los sistemas de tratamiento de aguas de los tipos llamados: primarios, secundarios y terciarios o avanzados que han demostrado ser los más eficientes y económicos en la remoción de materiales contaminantes del agua.

La Ley Federal de Aguas y el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas son el medio legal del cual parte el gobierno federal para llevar a cabo el Plan Nacional. El objeto del reglamento es el de proveer en la esfera administrativa, la aplicación de la ley federal en el país. Aquí surge la intención de que el problema de la contaminación del agua no debe considerarse como un mero requisito legal, sino que se debe tratar de resolver cumpliendo como mínimo con lo establecido en el reglamento. Es un problema que debemos de resolver con conciencia y ética profesional.

La legislación marca claramente las actividades y sus fechas de cumplimiento en este control de la contaminación y también fija sanciones para quienes no cumplan.

Si bien es claro que debemos promover nuestro desarrollo industrial, es también claro que éste debe hacerse sin menoscabo de la conservación del medio ambiente. Debemos planificar la industrialización para evitar la concentración de la industria en las áreas metropolitanas, creando polos de desarrollo que impacten lo menos posible al medio ambiente; con esto evitaremos además de la contaminación ambiental, desórdenes del tipo social debidos al hacinamiento de la población en los cinturones de miseria de las grandes urbes.

Sabemos que es una política especial del gobierno federal el fomentar la ciencia y tecnología para un desarrollo industrial pleno, pero esta tecnología debe ser responsable y que no solo provea de más y mejores productos, sino que

además no causen trastornos ecológicos esos productos ni sus desechos.

La Secretaría de Recursos Hidráulicos, haciendo uso de las atribuciones que le confiere la Ley Federal de Aguas, regula la explotación, uso y aprovechamiento de las aguas, -- construye obras, hace estudios y otros trabajos tendientes a evitar la contaminación del agua en conjunto con las Secretarías de Salubridad y Asistencia, de Agricultura y Ganadería y de la Industria y Comercio.

El Reglamento para la Prevención y Control de la contaminación de Aguas se analiza en todas sus partes desde el punto de vista legal y administrativo.

Con toda esta información se trata de crear una conciencia sólida que nos motive a reconocer que es necesario -- el hacer algo para evitar este problema común: la contaminación del agua.

Movidos con esta idea, se prepara el proyecto revisando las normas oficiales para el muestreo y análisis que aparecieron en el Diario Oficial los días 25 de septiembre y 27 de noviembre de 1973.

Al estudiarlas se conocen los métodos empleados, equipos necesarios para efectuar las pruebas y el grado de especialización mínima del personal que puede efectuar dichas -- pruebas.

Continuamos con la determinación de los puntos de -- muestreo precisos dentro de una secuencia lógica para lograr detectar las fuentes de contaminación. Los puntos de muestreo iniciales se determinan en las descargas finales de las plantas para que los resultados de los análisis nos informen

del grado de contaminación de esas descargas comparado con - lo que está establecido en la Tabla No.1 del citado reglamen- to, al comparar cada uno de los parámetros y así determinar- los posibles orígenes o causas de la contaminación del agua- dentro de la planta en cada uno de sus procesos y operacio-- nes. Se hace hincapié de la necesidad de la colaboración del personal de producción para diferenciar si la contaminación- proviene de un proceso o de una mala operación del mismo, y- aún considerar un posible uso inadecuado del agua durante el proceso.

Se establece posteriormente un programa de muestreo y análisis para obtener resultados representativos, consideran- do todas las características propias de ese muestreo y análi- sis y de los movimientos en la operación de la planta, para- garantizar que dicho programa se puede llevar a cabo y que - obtendremos de él los mejores resultados.

Las alternativas para muestrear y analizar las descar- gas se analizan, anotando las ventajas y desventajas que pre- sentan cada una de ellas, y así poder elegir la más adecuada para la consecución del proyecto.

Ya seleccionada la alternativa, se procede a llevarla a la práctica, por lo que se adquiere, recibe y se envía el- material y equipos necesarios para efectuar las pruebas a ca- da planta. Se diseñan también formas para reportar los resul- tados y se entrena al personal encargado sobre los métodos - marcados en las normas oficiales, el montaje y manejo de los equipos y finalmente sobre la forma de reportar los resulta- dos.

De esta forma de reporte quincenal se pueden obtener- datos valiosos para la detección de problemas de contaminación.

Posteriormente, estos datos se llevan a una hoja de concen--  
tración de datos con capacidad para datos de todo un año.

El análisis de los resultados y su evaluación debe -  
ser un trabajo continuo a través de una supervisión estrecha.

Simulando resultados obtenidos en descargas de una -  
planta, se revisan los resultados comentándolos y buscando -  
causas de esos resultados ayudados por las observaciones.

Al comprobarse las causas de contaminación se procede  
a eliminarlas o reducirlas en su caso.

Se sigue analizando dentro de la planta, clasificando  
cada una de las áreas que integran esa planta.

Se consideran 17 operaciones que producen aguas resi-  
duales con diferentes tipos y grados de contaminación, iden-  
tificadas para cada planta.

Se muestrean las operaciones para obtener los volúme-  
nes representativos de cada operación y se analizan nueve pa-  
rámetros adicionales a los cinco que marca el reglamento, -  
con el fin de verificar variaciones o diferencias entre unas  
y otras.

Las descargas se agrupan de acuerdo a sus caracterís-  
ticas y se analizan muestras compuestas formadas proporcio--  
nalmente de acuerdo al caudal y frecuencia de las descargas-  
por operación, encontrando las cantidades de contaminantes -  
por operación.

Luego se toman muestras compuestas para hacerles prue-  
bas de tratabilidad para conocer el tratamiento efectivo de-

remoción de contaminantes.

Se describen las pruebas de tratabilidad empleadas y se sigue una secuencia de pruebas para las muestras para encontrar el grado óptimo de operación en cada una de ellas - hasta lograr una remoción eficiente.

Los comentarios y conclusiones de estas pruebas se mencionan posteriormente, permitiéndonos hacer una evaluación de las pruebas para conocer los procesos de remoción más adecuados para cada tipo de descarga.

Y por último se llega a las conclusiones del trabajo con las recomendaciones pertinentes.

## CAPITULO I

## I N T R O D U C C I O N .

Tan antigua como el hombre en el planeta es la necesidad de utilizar el agua, el aire y la tierra para subsistir y desarrollar condiciones de vida cada vez más placenteras y duraderas. El ingenio del hombre ha hecho posible la conjunción de todos los materiales que posee en estos tres medios, para producir un sinnúmero de artículos destinados para cumplir con este propósito, y ha sido la industrialización masiva la que actualmente ha podido incrementar la satisfacción de estos deseos. La búsqueda, transformación y usos de los recursos naturales ha sido precisamente el origen de los subproductos que se han dispuesto en el medio ambiente, alterán dolo o contaminándolo.

Considerando que la materia sólo se transforma y que todo lo manufacturado será inminentemente dispuesto al medio ambiente como residuos, es fácil de imaginarse un ciclo en el cual se extrae, se transforma y se integra nuevamente al medio ambiente toda esta materia, y en algunos casos, no están fácil esta integración debido a lo sofisticado de estos desechos.

En la Ingeniería del Medio Ambiente, se ha hecho la distinción de las principales fuentes de residuos que de alguna manera significativa producen contaminación. La enumeración de estas fuentes no es necesaria por ser bien conocida.

Este fenómeno de generar y disponer residuos en el medio ambiente tendrá que reconocerse como uno de los problemas más serios en la actualidad, pues ahora, la humanidad que se ha dedicado durante siglos a eliminar residuos, tendrá que dedicarse desde ahora a estudiar el manejo, aprovechamiento y aún la eliminación de estos desechos.

La actividad que se emprende requiere del conocimiento y entendimiento de varios conceptos fundamentales, tales como "El Balance de Energía en la Biodegradación de Compuestos Orgánicos", "El Concepto de los Ciclos Aerobios y Anaerobios en el Agua", "El Concepto del Transporte y Transferencia de Masa", "El Concepto de las Demandas Química y Bioquímica de Oxígeno" y muchos otros.

Además del conocimiento de los fenómenos naturales, - su interrelación con el hombre y con los esfuerzos que éste aplica, deberá tenerse un conocimiento preciso de las implicaciones que ocurren en la tecnología, en la sociedad, en la micro y macroeconomía del país, e igualmente en el cuadro general de la política nacional e internacional.

#### BREVE HISTORIA DE LA ADMINISTRACION DE LA CALIDAD DEL AGUA.

Primeramente debe señalarse que el Reino Unido de la Gran Bretaña expidió una ley, en el año de 1388, que prohibía arrojar basura, desechos y otros desperdicios dentro de las zanjias, canales u otras corrientes de agua, y Francia, en su ley del 15 de Abril de 1829, declara una infracción punible, sujeta a multa o a prisión, el arrojar dentro del agua cualquier sustancia venenosa (drogas) o cebos, de tal carácter, que puedan intoxicar a los peces o los destruyan.

La legislación más abundante y que refleja las graves experiencias sufridas, como resultado de la contaminación de aguas, es la de los países industrializados y en ellas se aprecia una tendencia casuística que a veces llega a los detalles más mínimos. Además, son frecuentes las modificaciones y adiciones en los lapsos que van de una legislación a otra, que son reducidos con el fin de aplicar, cada vez más, nuevas medidas de control para un problema que es creciente-

y difícilmente controlable.

Algunos países hacen especial referencia a las condiciones de los afluentes líquidos y particularmente, a las características de las industrias de donde proceden, imponiendo obligaciones a los gerentes y directivos, a quienes se les exigen memorias técnicas de sus procesos y supervisión oportuna en la ubicación, construcción y funcionamiento de las fábricas, así como en el mantenimiento y operación de equipos y plantas de depuración de las aguas que se vierten.

En otros, se atiende de manera preponderante a las condiciones de las aguas receptoras y se establecen prohibiciones para determinado tipo de efluentes.

En Suiza, La "Ley Federal del Control de la Contaminación del Agua" (1955), no obstante que omite una definición, en su sección 2 dice: "...Deberán ser tomadas las medidas necesarias para controlar la Contaminación u otros deterioros del agua, superficial y profunda, para que la salud del hombre y los animales esté protegida; que el agua del subsuelo y de los manantiales pueda beberse y que el agua superficial pueda ser tratada con fines de consumo y de usos industriales; que el agua pueda ser usada para bañarse; que los peces puedan vivir en ella; que los trabajos de construcción no sean dañados y el paisaje no sea desagradable".

Estas provisiones pueden ser consideradas como un tipo indirecto de la definición de la contaminación del agua.

En Bélgica, se declara como un delito contaminar el agua: "...el arrojar, introducir o depositar en ella, cualquier objeto o material, o permitir que fluyan líquidos que se le incorporen si cualquiera de estas acciones son capaces de dañar las aguas, por hacerlas putrescibles y malolientes-

o dañosas para la fauna y/o flora acuática natural o cultivada, o haciéndolas inútiles como bebidas para los animales, - para la irrigación de la tierra o para los usos industriales o domésticos".

En la Unión Soviética, el concepto es que las aguas - superficiales deberán ser consideradas como contaminadas en su composición o características, cuando hayan cambiado por efecto indirecto, de la actividad industrial y de las condiciones de vida de la población, lo que las hace inapropiadas para una o más formas de sus usos.

Un aspecto muy importante de las legislaciones extranjeras es la consideración de la necesidad que existe de dividir las corrientes de aguas en categorías y que éstas dependen de la calidad del agua y del uso que se haga de ellas.

Lo anterior está directamente ligado con la necesidad de la imposición de las normas legales, en relación a la calidad del agua o la concentración de los contaminantes en -- los efluentes descargados en ellas.

La Crónica de la Organización Mundial de la Salud, de marzo de 1967 (pág. 127 y siguientes) menciona:

"...Otro aspecto importante de la legislación sobre contaminación de las aguas, es la clasificación de las corrientes - de agua en categorías, según la calidad del agua o el uso a que está destinada. Este sistema está directamente relacionado con la imposición de normas jurídicas, aplicables a la calidad de las aguas pertenecientes a las diversas categorías - o a las concentraciones de los contaminantes evacuados en - ellas.

Actualmente, el Reglamento de la Unión Soviética pro-

vee la clasificación de las aguas en dos categorías solamente:

1.- Aguas utilizadas para el abastecimiento centralizado o no, de agua potable o para el abastecimiento industrial alimenticio.

2.- Aguas utilizadas para el baño, el deporte o el recreo, así como las masas de agua situadas dentro del perímetro de las aglomeraciones urbanas.

Existen además, provisiones relacionadas con las aguas superficiales en las que se clasifican, de acuerdo con las limitaciones para su uso, lo que ha dado lugar a las "Normas de Calidad".

Es de particular interés la ley promulgada en 1943, en la que dice: "...Las concentraciones máximas permisibles de las sustancias venenosas presentes en las descargas de los efluentes a las corrientes de agua, deberán ser determinadas por el Inspectorado Sanitario de toda la Unión Soviética..."

Estas normas fueron reemplazadas en 1951 por las Normas para el Diseño de las Empresas Industriales que señalan las reglas para las descargas de los efluentes en las corrientes de agua. Las aguas estaban divididas en tres categorías de acuerdo con sus usos, como sigue:

- 1.- Para aprovisionamiento descentralizado de agua.
- 2.- Para usos domésticos y aprovisionamiento de las industrias de alimentos, incluyendo lugares de desove, de importancia industrial.
- 3.- Corrientes no usadas con propósitos de bebida, para pesca organizada o para ruta de los peces, en su camino de desove, o de valores arquitectónicos o decorativos.

En otra parte de esta legislación, en relación con las sustancias venenosas se dice:

"...Los efluentes no deberán contener sustancias venenosas, o que produzcan efectos perjudiciales en los hombres, animales o peces; y la máxima concentración de las sustancias venenosas deberán ser fijadas por el inspector sanitario de todos los estados de la Unión Soviética".

Los reglamentos también contienen provisiones que gobiernan la composición y características de las aguas receptoras de los efluentes y dan las concentraciones máximas permisibles, de más de setenta sustancias perjudiciales, agrupadas de acuerdo con lo que se ha dado en llamar "Criterio Límite del Daño", que dicho de otra manera, es el carácter más marcado y el efecto deletéreo más probable, provocado por cantidades mínimas de una sustancia.

En Checoslovaquia, los directivos de la Central de Recursos Hidráulicos (1957), dividen al agua en cinco categorías dependiendo de su calidad por la Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ), el contenido de Oxígeno Disuelto, los valores del pH, el número de bacterias coliformes y los sistemas saprófitos. Las concentraciones máximas permisibles de ciertas sustancias venenosas, en las corrientes de agua, son también enlistadas.

En Nueva Zelandia, bajo el "Reglamento de la Contaminación de Agua", de 1963, fué introducido un sistema de clasificación, tanto para las aguas terrestres, como las marinas territoriales. En él aparecen un total de ocho clases para cada uno de los requerimientos, con fines de la prevención de la contaminación. Para las aguas terrestres su clasificación es como sigue:

- Clase A. Abastecimiento de agua en una área controlada.
- Clase B. Abastecimiento de agua en una área no controlada.
- Clase C. Aguas a las que el público tiene acceso y usa regularmente para el baño.
- Clase D. Aguas terrestres en áreas clasificadas que no se incluye en las tres primeras.

Para las aguas marinas costeras su clasificación es:

- Clase S A. Aguas de zonas pesqueras para consumo humano.
- Clase S B. Aguas a las que regularmente el público tiene acceso y las usa para baño.
- Clase S C. y S D. Aguas costeras para ciertos requerimientos que deben ser señalados.

En Bulgaria, se divide el agua para cuatro propósitos:

- I.- Agua para consumo humano, para la industria de alimentos y para baños.
- II.- Aguas usadas para los abrevaderos de ganado, deportes, recreación, pesquerías, etc.
- III.- Aguas usadas para la irrigación y propósitos industriales.
- IV.- Aguas que no tienen aplicación particular pero, que en cada caso, se emplean para una aplicación determinada - previo estudio profesional.

En Perú, los reglamentos de 1969 dividen las corrientes de agua en seis clases, de acuerdo con las características tales como las cantidades de sólidos flotantes, aceites y grasas, fenoles, número de organismos coliformes por 100 ml.,

la DBO<sub>5</sub>, el contenido de Oxígeno Disuelto, el pH, etc.

Para cada clase se especifica el tipo de efluente que puede ser recibido y los usos para los que el agua está destinada.

Las corrientes que pertenecen a la clase I:

No pueden recibir ningún efluente.

Pueden ser utilizadas como fuente de bebida, sin previo tratamiento, siempre que sean satisfechas las normas para ese tipo de agua.

En cambio las corrientes de la clasificación VI:

Constituyen un receptor de agua natural para los efluentes.

No pueden ser utilizadas como fuentes de agua de bebida.

No pueden ser usadas para fines agrícolas ni como fuentes de agua de bebida o para fines recreativos.

Pueden ser usadas para propósitos industriales, siempre que no existan peligros de conexiones cruzadas con el sistema de aguas para la bebida.

En los casos de la clase VI se señala que las corrientes constituyen francamente drenajes abiertos.

En Checoslovaquia (1957), las aguas superficiales fueron divididas en cinco clases, pero se hacen esfuerzos para que todas las aguas, después de ser tratadas, queden comprendidas en las clases I, II y III y por consiguiente, las aguas de la clase IV y V deberán ser tratadas para que puedan ser clasificadas por lo menos en la clase III.

La ley danesa de 1949 prohibía la introducción a las aguas de ciertos materiales incluyendo tierra, piedras, arena, fertilizantes, lodo, despojo de animales, pesticidas, hormonas de plantas, líquidos de silos, etc., al mismo tiempo se requerían permisos para descargar a las corrientes y al mar los efluentes de las lecherías, hospitales, lavanderías, fábricas de gas, rastros y fábricas en general, ya que su descarga produciría la contaminación del agua.

En Nueva Zelandia, la Ley de Contaminación del Agua de 1953, contiene una prohibición expresa sobre la descarga de las aguas de:

- 1.- Cualquier contaminante de naturaleza venenosa, o dañina.
- 2.- Cualquier desecho o cualquier materia sea sólido o líquido, que haga peligrar la vida, seguridad, salud, propiedad o bienestar público, o que impida a éste el ejercicio del gozo de sus derechos.

En Finlandia (1962), el propietario de una empresa o instalación tales como un reactor nuclear, una planta de regeneración de aceite lubricante usado, un establecimiento bacteriológico o una fábrica, etc. en donde ciertos tipos de veneno pueden ser descargados en el agua superficial o introducidos al agua del subsuelo, deberá someter a la consideración de la autoridad, el tipo y cantidades de los desechos generados.

En México, la inadecuada distribución, gran demanda y calidad inferior a los requerimientos de las diversas necesidades, procrearon la escasez del recurso de agua y orilló a los gobiernos y dependencias responsables de su manejo a establecer prioridades para su aprovechamiento. Dichas prioridades las establece la Ley Federal de Aguas.

Por los mismos motivos que se establecieron prioridades para el aprovechamiento de volúmenes de agua, se hace necesario establecer prioridades en cuanto a la conservación de la calidad del recurso.

Entre los primeros países que reconocieron la necesidad de legislar para conservar la calidad del agua, fueron como se ha visto: Inglaterra, Alemania y los Estados Unidos de Norteamérica. Los ordenamientos jurídicos promulgados hasta la fecha, para prevenir y controlar la contaminación del agua, se han basado principalmente en la prohibición de arrojar basura y desperdicios que degraden o alteren la buena calidad del agua.

#### CALIDAD DEL AGUA PARA FINES DOMESTICOS.

En México, la calidad del agua para fines domésticos que se suministra en sistemas de agua potable centralizados, deberá cumplir con lo establecido por la Secretaría de Salubridad y Asistencia, según se transcribe en la Tabla siguiente:

#### "NORMAS MEXICANAS DE CALIDAD PARA AGUA POTABLE (S. S. A.)"

"Se considera agua potable a toda aquella cuya ingestión no cause efectos nocivos a la salud, para lo cual deberá llenar los requisitos siguientes:

##### I. Caracteres Físicos:

De preferencia, la turbiedad del agua no excederá del número 10 (diez) de la escala de sílice, y su color del número 20 (veinte) de la escala de platino cobalto. El agua será inodora y de sabor y temperatura agradables.

De no poderse cumplir con los requisitos anteriores,-- se admitirán aquellos caracteres físicos que sean tolerables para los usuarios, siempre que no sean resultado de condicio nes objetables desde los puntos de vista bacteriológico y -- químico.

## II. Caracteres Químicos:

Un pH de 6.0 a 8.0 para aguas naturales no tratadas.

Para aguas tratadas o sometidas a su proceso químico, se -- aplicarán las normas especiales de la fracción IV.

Un contenido por millón de elementos, iones y sustancias que a continuación se expresan:

Nitrógeno (N) amoniacal, hasta	0.50
Nitrógeno (N) protéico, hasta	0.10
Nitrógeno (N) de nitritos (con análisis bacteriológico aceptable)	0.05
Nitrógeno (N) de nitrato, hasta	5.00
Oxígeno (O), consumido en medio ácido	3.00
Oxígeno (O), consumido en medio alcal.	3.00
Sólidos totales de preferencia	500 o 1000 máx.
Alcalinidad total como CaCO <sub>3</sub>	400 máx.
Dureza total como CaCO <sub>3</sub>	300 máx.
Dureza permanente como CaCO <sub>3</sub> en aguas nat.	150 máx.
Cloruros (Cl)	250 máx.
Sulfatos (SO <sub>4</sub> )	250 máx.
Magnesio (Mg)	125 máx.

Zinc (Zn)	15.00 máx.
Cobre (Cu)	3.00 máx.
Fluoruros (F)	1.5 máx.
Fierro y Manganeso (Fe y Mn)	0.30 máx.
Plomo (Pb)	0.10 máx.
Arsénico (As)	0.05 máx.
Selenio (Se)	0.05 máx.
Cromo exavalente (Cr)	0.05 máx.
Compuestos Fenólicos (Fenol)	0.001 máx.
Cloro libre (en aguas cloradas)	0.20 mín.
Cloro libre (aguas sobrecloradas)	0.20 a 1.00

### III. Caracteres Bacteriológicos:

El agua estará libre de gérmenes patógenos procedentes de contaminación fecal humana.

Se considerará que una agua está libre de esos gérmenes cuando la investigación bacteriológica dé como resultado final:

a) Menos de 20 (veinte) organismos de los grupos coli y coliformes por litro de muestra, definiéndose como organismos de los coli y coliformes todos los bacilos no esporógenos, Gram negativos, que fermenten el caldo lactosado con formación de gas.

b) Menos de 200 (doscientas) colonias bacterianas por centímetro cúbico de muestra, en la placa de agar incubada a 37°C por 24 horas.

c) Ausencia de colonias bacterianas licuantes de gelatina, cromógenas o fétidas, en la siembra de un centímetro cúbico de muestra, en gelatina incubada a 20°C por 48 horas.

IV. Las aguas tratadas químicamente para clarificación o --ablandamiento, satisfarán los tres requisitos siguientes:

a) La alcalinidad a la fenolftaleína calculada como  $\text{CaCO}_3$  será menor a 15 partes por millón, más 0.4 veces la alcalinidad total, con un pH inferior a 10.6.

b) La alcalinidad de carbonatos normales será menor --de 120 partes por millón, para lo cual la alcalinidad total, en función del pH, estará limitada según la escala siguiente:

Valor del pH	Alcalinidad total máxima expresada como $\text{CaCO}_3$
8.0 a 9.6	400
9.7	340
9.8	300
9.9	260
10.0	230
10.1	210
10.2	190
10.3	180
10.4	170
10.5 a 10.6	160

c) La alcalinidad total no excederá a la dureza total en más de 35 mg por litro o partes por millón, ambos calculados como  $\text{CaCO}_3$

Estas normas son congruentes con aquellas establecidas por la Organización Mundial de la Salud en 1958. Sin em-

bargo, cuando se habla de un cuerpo de agua cualquiera para ser usado en un sistema centralizado de agua potable, el concepto de la calidad varía para cada una de las fuentes en particular.

Se puede mencionar en forma general que:

1.- Para que una agua natural pueda aprovecharse en uso doméstico, será necesario que tenga una calidad tal que con un tratamiento convencional de potabilización, el agua cumpla con las normas de calidad de la tabla anterior.

2.- Algunas normas que se han especificado a nivel de recomendación, podrían ser excedidas únicamente como resultado de las características del agua en su forma natural, mas no por causa de alguna descarga de residuos, por ejemplo: dureza, salinidad y otros no pueden ser impuestos pues dependen principalmente del aspecto económico y de los deseos de la comunidad. Las normas actuales requieren de una cantidad considerable de datos explicativos de saneamiento ambiental, técnicas de muestreo y otros.

Un caso especial en el aspecto bacteriológico: la Federal Water Quality Administration recomienda 10 000 organismos coliformes por 100 ml y 2 000 coliformes fecales por 100 ml. En general, existen criterios para los cuerpos de agua superficiales ya sea su uso para abastecimiento público de agua potable u otro, que se pueden ver en el anexo No. 1 de este trabajo.

#### CALIDAD DEL AGUA PARA FINES INDUSTRIALES.

El ámbito más extenso en el aspecto de la calidad del agua es aquél requerido por la industria. En el anexo número 2 de este trabajo se encuentra la tabla 2A en la que se muestra un resumen de la "American Water Works Association", mos

trando un promedio de calidad del agua requerida por varias industrias, que pudiera servir como un criterio bajo el cual se puede manejar la calidad del agua en los cuerpos receptores.

Por lo anterior, se deduce que la industria deberá - continuar tratando al agua de acuerdo con sus propias necesidades y aún deberá evaluar la alternativa de tener sistemas cerrados de agua, es decir, reusar el agua de sus descargas o de lo contrario cuidar que la calidad de éstas sea la solicitada para el cuerpo receptor a donde lleguen.

Como complemento, ver el anexo número 2.

#### CALIDAD DEL AGUA PARA FINES PISCICOLAS.

Como es sabido, el concepto más importante en la selección de la calidad del agua para la conservación de la piscicultura, es el referido a la cadena alimenticia, pues cualquier efecto que la altere puede causar serios trastornos a organismos mayores de la cadena.

El problema no está en que se extingan los fertilizantes, el peligro está en la toxicidad que tienen muchos compuestos y elementos químicos en diferentes organismos, o en la asfixia de peces por la falta del oxígeno disuelto necesario. Es por eso que la relación DBO contra OD ha representado el mayor esfuerzo en la tarea de evaluar la calidad de las aguas para la vida acuática y por lo tanto este manejo se circunscribe principalmente al Oxígeno Disuelto; sin embargo, con la utilización de pesticidas orgánicos se ha puesto gran importancia al efecto de éstos en la alteración de la calidad del agua y sus repercusiones en la vida acuática.

La contaminación bacteriológica también ha sido mate-

ria de gran preocupación, no por el efecto que pueda tener - en los organismos acuáticos mismos, sino por los peligros - que pueda representar al hombre la ingestión de peces y mariscos. Reconociendo que los mariscos son pequeñas plantas - de tratamiento, pueden concentrar bacterias y virus a un nivel peligroso para el consumidor.

En general, se puede decir que la introducción de un efluente municipal o industrial en cauces naturales de agua, puede ocasionar la muerte de los peces por:

- a) Aumento de Temperatura.
- b) Agotamiento del Oxígeno Disuelto.
- c) Cambios de pH.
- d) Desarrollo de nutrientes indeseables.
- e) Alteración de la salinidad.
- f) Producción de reacciones tóxicas.

Las primeras cinco causas enunciadas pueden considerarse como toxicidad directa. En ciertos casos la producción de una reacción tóxica puede considerarse como toxicidad directa. Para evaluar la toxicidad directa de un determinado - desecho, se emplea el bioensayo. Este procedimiento no evalúa la toxicidad crónica debida a la acumulación de material tóxico dentro del organismo acuático.

Comúnmente se usan peces para conocer la presencia de sustancias tóxicas en el agua, siendo su muerte un sinónimo de toxicidad. Debe recordarse que los peces son sólo un grupo de organismos acuáticos que se encuentran en el medio ambiente y que en un cuerpo de agua relativamente limpia, se - puede encontrar una gran cantidad de diferentes especies de organismos y un número ilimitado de organismos de una misma especie, lo que establece la cadena alimenticia en equilibrio o también conocido como una población biológica dinámica.

Las bacterias descomponen a la materia orgánica en productos finales simples, los cuales a su debido turno proveen nutrientes a las algas.

Los protozoarios son voraces con las bacterias, de este modo contribuyen al control de microorganismos en el sistema. Los invertebrados alimentados de algas y protozoarios, sirven como fuente abastecedora de alimento a una gran cantidad de invertebrados mayores y a peces, por lo tanto en el medio acuático se establece la conocida cadena alimenticia.- Cualquier ruptura en la cadena altera el estado de equilibrio dinámico.

La descarga de sustancias tóxicas en concentraciones letales produce obviamente la muerte de peces en períodos relativamente cortos.

Estas sustancias tóxicas pueden afectar la ecología total del cuerpo de agua o afectar únicamente una o unas especies; a éstas se les llama sustancias tóxicas selectivas.- La concentración letal de las sustancias depende del tipo de compuesto y del tipo de la población acuática presente.

De los productos químicos más conocidos como tóxicos, se pueden mencionar: ácidos, cloro, cianuro, metales, compuestos fenólicos, disolventes orgánicos, sulfitos, compuestos orgánicos sintéticos, salmueras de campos petroleros, pesticidas, detergentes, etc.

Por otro lado, la toxicidad crónica puede alterar el equilibrio biodinámico de las corrientes de agua, muriendo las especies más susceptibles y reproduciéndose incontroladamente las especies más resistentes por la falta de competencia. El resultado es la mortandad o la emigración de peces hacia otras áreas.

## FUNDAMENTOS EN EL CONTROL DE LA CONTAMINACION DEL AGUA.

Varios componentes son los que estructuran, en resumen los fundamentos básicos en el control de la contaminación del agua.

Primeramente deberá entenderse que ante el desarrollo demográfico e industrial en que se encuentra la humanidad, no es posible el buscar soluciones como la de un reaprovechamiento cíclico continuo de los recursos naturales, o el de generar subproductos directamente o por lo menos económicamente aprovechables, sino que deberá aplicarse el concepto del control más que el de prevención.

Ante un planteamiento de control, deberán definirse todos los componentes mesurables que influyen en los indicadores de desarrollo económico y social en un país. En general, estos componentes son:

- 1.- Ciencia y Tecnología disponible y aplicable a la realidad mexicana.
- 2.- Nivel de contaminación factible de aceptar por el hombre, basado en el conocimiento preciso de sustancias y sus características físicas, químicas, bacteriológicas y radioactivas en el agua.
- 3.- Manejo adecuado de los intereses del desarrollo económico del país y su relación internacional.
- 4.- Recursos humanos idóneos y disponibles para el estudio y ataque de los problemas a todos los niveles técnicos y científicos.
- 5.- Recursos económicos disponibles en relación a las todas las necesidades básicas insatisfechas del país.
- 6.- Legislación y reglamentación adecuada, flexible y dinámica.

ca.

- 7.- Institucionalización de las actividades oficiales y privadas.
- 8.- Recolección y evaluación sistemática de datos de calidad del agua.

Es fundamental y aplicable a todos los componentes anteriores el criterio general de solución de problemas desde el punto de vista de la ingeniería.

En el caso de México, donde el Congreso de la Unión - expidió la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental en marzo de 1971, ha quedado ya establecida la primera orientación de los ocho puntos anteriores.

Sin embargo, habrá de reconocerse que el alcance de cada componente deberá obedecer a un plan nacional que trace una estrategia en la inversión de recursos económicos, en el diseño y conducción de programas de educación, la extensión y profundidad del establecimiento y aplicación de objetivos de calidad del agua que se desee y deban obtener a corto, mediano y largo plazo.

Durante el establecimiento de la extensión y profundidad de objetivos habrá que evaluar y medir la capacidad instalada y disponible de cada componente, así como los efectos que estos produzcan en el desarrollo general del país, principalmente en el sector industrial.

Nada de lo que se realice en este campo tendrá un valor significativo desde el punto de vista práctico, a menos que se mantenga una actividad tendiente a la recopilación de información general de todos aquellos indicadores del progreso que se vayan realizando en el mejoramiento de la calidad-

del agua. No es lógico que un país como México, con limitaciones económicas en general, se disponga de fondos más allá de lo indispensable en el problema de la contaminación del agua, sino que deberá manejarse como un aspecto más en la búsqueda del bienestar y desarrollo del país.

#### SISTEMA ADMINISTRATIVO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACION - DEL AGUA.

Durante el desarrollo de los programas de control y prevención que muchos países han adoptado y en particular los diferentes estados de la Unión Americana, se han desarrollado paralelamente diferentes sistemas administrativos.

Todos estos sistemas administrativos han sido basados en dos aspectos:

- I.- Nivel de adaptación local de la tecnología disponible.
- II.- Condiciones legales y fiscales existentes en la región, estado o país.

En general se resumen estos sistemas administrativos en:

- I.- Obligación por parte de los responsables de las fuentes de contaminación de construir, operar y mantener en forma individual cada una de las plantas de tratamiento de aguas residuales.
- II.- Constitución de Distritos o Cooperativas Regionales para la realización de los estudios, construcción, operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento.

Este sistema tiene las alternativas de que las cooperativas pueden formarse por la iniciativa privada o pueden -

ser semioficiales, con la participación del o los organismos oficiales responsables del control de la contaminación. En - adición a esta alternativa, existe la de que se integre a ni vel sectorial, de subcuenca o cuenca principal.

III.- Asociación entre municipio e industrias localizadas - dentro del sistema de alcantarillado. Esta asociación permi- te que el municipio instale una sola planta de tratamiento - para los residuos domésticos e industriales compatibles con- el proceso de depuración empleado.

El primer sistema es el que generalmente se ha utili- zado en todos los países del mundo desde el inicio de la lu- cha contra la contaminación ambiental. Este sistema implica- que cada responsable de su fuente de contaminación tendrá - que construir, operar y mantener su propia planta de trata- miento.

Después de muchos años de experiencia en el arte del- tratamiento de aguas residuales, de la proliferación indus- trial y del establecimiento de sistemas económicos, se ha - visto que los beneficios pueden ser de gran importancia. El- costo por unidad de volumen de una planta de tratamiento de- 3 m<sup>3</sup>/seg., por ejemplo, es menor que uno para 1 m<sup>3</sup>/seg., con siderando un mismo tipo de agua residual para ambos casos.

Este sistema tiene el gran inconveniente de que en mu chas ocasiones no se logra justicia en la imposición de nor- mas de calidad de efluentes, debido a que no es posible pre- ver con exactitud el número de fuentes de contaminación que- quedarán localizadas a lo largo de un cuerpo receptor. Ade- más es más conveniente este sistema para los grandes estable- cimientos industriales que para las pequeñas empresas, debi- do, como ya se dijo, al costo por volumen.

El segundo sistema es probablemente el más convenien-

te. Actualmente en Alemania se practica, específicamente en la cuenca de los ríos Lippe, Emscher y Ruhr; estas cooperativas semi-oficiales son el Lippeverband, Emschergenossenschaft y el Ruhrverband. Como un ejemplo cabe mencionar que el - - Emschergenossenschaft cuenta actualmente con sólo 19 plantas de tratamiento para más de 300 fuentes de contaminación (industriales y municipales).

En 1966, la ahora "Federal Water Quality Control Administration", condujo el estudio del estuario del río Delaware, en donde se encontraron los siguientes resultados:

Costo en Millones de Dólares.

OBJETIVOS	TRATAMIENTO UNIFORME.			TRATAMIENTO POR ZONAS			COSTO MINIMO		
	(a)	(b)	(c)	(a)	(b)	(c)	(a)	(b)	(c)
1.- 5 mg/1	180	280	460	180	280	460	180	280	460
2.- 4 mg/1	135	180	315	105	145	250	115	100	215
3.- 3 mg/1	75	80	155	50	70	120	50	35	85
4.- 2 mg/1	55	75	130	40	40	80	40	25	65

(a) Costo inicial

(b) Operación y mantenimiento

(c) Costo total

Los objetivos de la planta se refieren a la concentración de Oxígeno disuelto, que va de 5 a 2 mg/1; la columna de Tratamiento Uniforme se refiere a que todas las descargas deberían de remover el mismo porcentaje de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO); la columna de Tratamiento por Zonas se refiere a un porcentaje de tratamiento diferencial por zonas, y la columna de Costo Mínimo se refiere a la aplicación de téc

nicas de optimización en el establecimiento de niveles (porcentaje) de remoción de DBO.

El estudio de esta tabla lleva a pensar que el objetivo número tres es viable desde el punto de vista económico.- Este objetivo arroja una diferencia de 70 millones de dólares, favoreciendo a la alternativa de costo mínimo. Esta alternativa implica un "Sistema Administrativo Regional".

El tercer sistema cubre problemas como los de la ciudad de México y Monterrey, donde se localiza un gran número de establecimientos industriales. Existen sistemas de financiamiento ya desarrollados por diferentes ciudades norteamericanas, sudamericanas y europeas, que consisten fundamentalmente en establecer una cuota para las industrias en función de volúmenes y concentración de contaminantes que descargan en el sistema de alcantarillado; estos sistemas tienen ciertas variantes al establecer un nivel de estos dos parámetros, tal que cualquier descarga menor estaría exenta de cargo alguno.

Estos fondos recolectados en esta forma por el municipio son destinados para la construcción, operación y mantenimiento de la planta municipal.

En ocasiones es obligatorio que algunas industrias - traten o remuevan ciertas sustancias químicas tóxicas o sólidos sedimentables o suspendidos.

En general cada industria estará en la posibilidad de hacer un análisis económico para determinar cuales otros contaminantes es conveniente de remover más allá de lo obligatorio. El resultado final es un equilibrio económico completo entre lo que el municipio y los industriales gastan para lograr el propósito final de enviar al recurso hidráulico el -

agua residual con la calidad adecuada.

## NECESIDAD DE UN PLAN NACIONAL PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACION DEL AGUA.

Después de hacer un análisis preliminar de lo que algunos países están realizando, de mencionar los fundamentos-básicos que deben considerarse, de resumir las ventajas y -desventajas de los principales sistemas administrativos y --principalmente de reconocer que el reuso es fundamental para el bienestar de la presente generación y de las venideras, -se hace evidente la necesidad de un "Plan Nacional" para preservar y mejorar la calidad del agua.

La tarea de mantener y restaurar la calidad adecuada de agua para satisfacer todas las necesidades, tales como domésticas, agropecuarias, industriales, flora y fauna, esparcimiento y la belleza natural, es demasiado grande, costosa y difícil como para que únicamente el gobierno intente resolverla.

La limitación básica en la solución de este problema es el costo tan elevado en las plantas de tratamiento. Se dice que existen alrededor de 130,000 industrias en México; suponiendo que sólo una tercera parte instalara planta y que -estas 43,000 industrias son de tamaño aceptable, se puede suponer conservadoramente un costo de \$2,000.000 por industria por concepto del equipo, obra civil, terreno, etc. lo que resulta un monto total de \$86,000 millones de pesos.

Si se supone conservadoramente que la suma de los costos de operación y mantenimiento de una planta en un período de diez años es igual al costo inicial, la suma de los costos totales prorrateados en diez años dá una cantidad de - - \$50,000.000 que deberán gastarse en el país cada 24 horas.

Las pérdidas materiales y por afectación a la salud - que se obtendrían por no estar dispuestos a pagar esta cantidad, podrían ser de gran importancia. Desafortunadamente no-existen en México suficientes datos como para hacer una primera estimación de estas pérdidas.

Sin embargo hay que reconocer que el costo total verdadero será aquél que resulte de conducir el Plan Nacional;- plan que establecerá objetivos, prioridades, que responderá a un análisis exhaustivo de las implicaciones de los probables cursos de acción, que reconocerá lo practicamente posible e imposible y que finalmente, comprenderá el análisis de todas las componentes detalladas y que estará avalado por todos los mexicanos tanto oficiales como particulares.

Sólo la responsabilidad de ingenieros y científicos, - trabajando mancomunadamente a la luz de la tecnología más - avanzada y las leyes, reglamentos y normas de calidad más - prácticas, flexibles y realistas, podrá resolver el problema.

La tarea de prevenir y controlar la contaminación del agua a nivel nacional, tiene un número de facetas de suma importancia para el desarrollo integral del país; el de la salud y bienestar del hombre es el primero y el último de una-cadena que eslabona todos los aspectos de la vida y desarrollo de los individuos, familias, naciones y hasta del mismo-planeta que habitamos.

Sabemos que la contaminación del agua y sus funestas-repercusiones son un hecho palpable ya. Como un ejemplo de - la repercusión ecológica de la contaminación del agua, se - tiene el DDT. Su aparición en el mercado después de la Segunda Guerra Mundial, junto con otros plaguicidas organoclorados, ha eliminado enfermedades propagadas por insectos en muchas partes del mundo. La lucha contra mosquitos y moscas -

Tse-Tsé, ha logrado reducir la mortalidad humana en los trópicos. Sin embargo se han obtenido algunos resultados no previstos de consecuencias negativas, agravados por la amplia distribución espacial de estas sustancias, pues se ha encontrado DDT en la Antártica y otras zonas remotas del globo terrestre, hasta el punto de considerarse entre las sustancias sintéticas más ampliamente distribuidas en el mundo. En Inglaterra se ha demostrado que los plaguicidas organoclorados se encuentran hasta en el agua de lluvia y en mayores concentraciones en las zonas rurales debido a su uso en la agricultura. Aunque al principio no se notaron efectos adversos como consecuencia de su uso, al transcurrir el tiempo los organismos carnívoros han mostrado una fertilidad reducida y una mortalidad mayor. Las investigaciones han demostrado que los plaguicidas no son metabolizados a sustancias inocuas y que por lo consiguiente se están concentrando en cada etapa de la cadena alimenticia. La dosis en los carnívoros y altos carnívoros ha sido suficiente para ser letal. La reproducción del águila dorada ha declinado desde 1960. Antes de esta fecha el 79 por ciento de las parejas anidando en el oeste de Escocia tuvieron crías, pero después de 1960 el número se había reducido a sólo el 29 por ciento. Muchos de los huevos los rompían los padres, probablemente como respuesta a su falta de fertilidad. El análisis de estos huevos mostró un contenido muy alto de plaguicidas organoclorados. Se ha obtenido información muy similar sobre aves de rapiña en diferentes partes del mundo.

Este ejemplo únicamente se refiere a un tipo de contaminación, aquella producida por una sustancia química no biodegradable, pero ilustra tres de los principios de la contaminación:

1o.- Muchos de los problemas de contaminación son consecuencia de accidentes, como el caso de la mortalidad de peces en el Río Rhin en 1969 por una fuga del insecticida Endosulfán-

de un lanchón que lo contenía.

20.- Sustancias químicas que se usan para un beneficio directo, pueden por otro lado causar contaminación, ejemplo del DDT; aunque la utilización de esta sustancia ha resultado dañina para los organismos depredadores, también debe verse que ha logrado salvar un gran número de vidas humanas y aumentar la producción de algunos de los animales domésticos - que forman la base tanto de la industria alimenticia como la de la textil.

30.- Esencialmente la contaminación es controlable únicamente por medio de una legislación ya que sus efectos se extienden más allá del punto de origen. Si se va a promulgar una legislación es necesario que exista una petición pública para esta acción, así como la asesoría científica que fundamenten las medidas de control. Las prohibiciones, totales y completas, que se han establecido para algunos insecticidas organoclorados, demuestran que dicho mecanismo puede funcionar, y que debe ser parte de la educación conservacionista para mostrar que se requiere un control de los productos de desecho y de los contaminantes químicos del ambiente.

La contaminación del agua es pues una parte de la conservación y manejo de la ecología. La contaminación es uno de los factores que actúan en el medio ambiente y por lo tanto en los mismos sistemas ecológicos.

Lo anterior nos lleva a pensar que la acción de prevenir y controlar la contaminación ambiental debería estar sujeta y en constante relación, no sólo con el mejoramiento ambiental a través de la reducción de contaminantes, sino en el establecimiento mismo de objetivos y metas del desarrollo de naciones y de sus sistemas ecológicos.

Se ha establecido como causa fundamental del deterioro de la red hidráulica del país, el manejo inadecuado de los recursos naturales y consecuentemente, para poder mejorarla, se deberá atender en forma integrada el conjunto de elementos que la constituyen.

Manejar una cuenca se concibe como el proceso dinámico del aprovechamiento óptimo de los recursos que en ella se contienen para un desarrollo integral y armónico del hombre que la habita, obteniéndose así la solución al problema más inmediato y urgente de nuestro país: el de proteger, conservar y optimizar el aprovechamiento del recurso hidráulico en condiciones de calidad capaces de permitir todos los usos legítimos que el hombre le dá al agua. Es así como el manejo de una cuenca hidrográfica no tiene por objeto obtener y aprovechar uno sólo de sus elementos (el agua por ejemplo), sino mantener en equilibrio la interacción de todos ellos para que resulten aprovechables en grado máximo.

Es importante hacer notar que esta acción de manejo y conservación de cuencas hidrográficas tiene como fin último: el hombre, ya que busca su desarrollo armónico; sin embargo no se concibe al hombre como espectador del proceso, sino como elemento motor y rector del mismo.

Esta forma de tratar y entender la ecología y la misma calidad del agua, establece un proceso dinámico de interacción entre el medio de cada cuenca y la población que la habita, a fin de que en mutua correspondencia el individuo cuida el recurso y éste a su vez le proporcione medios para su desarrollo.

Como un estudio básico se pretende conocer y caracterizar el total de las fuentes que de una manera u otra contaminan o pueden llegar a contaminar los cuerpos de agua del

país; dicho estudio se lleva a cabo desarrollando una serie de indicadores que permitan determinar las cuencas hidrológicas que se encuentran más afectadas. Estos indicadores se implementan de acuerdo con las características de cada cuenca, considerando el tipo y la cantidad de descargas de desecho -- que en ellas ocurren, así como las condiciones sanitarias, -- económicas y sociales de las regiones. A partir de esta evaluación se recomiendan y establecen las diferentes acciones preventivas, de control y conservación ecológica que forman e integran el Plan Nacional para el Control de la Calidad -- del Agua.

Esto permitirá una utilización más efectiva de los recursos humanos, tecnológicos y económicos, permitiendo evaluar el efecto de la contaminación en la salud pública y en la economía de las regiones más afectadas.

A la fecha se han realizado estudios para conocer la calidad del agua en varios cuerpos receptores.

En el Río Lerma se realizó el primer estudio para conocer el estado de la calidad del agua de un río y que sirvió de punto de partida en estudios subsecuentes, proporcionando las técnicas y procedimientos a seguir. En este estudio se desarrolló un modelo matemático que permite conocer -- las características de calidad más importantes de la corriente, simulando para cualquier condición particular dichas características, siendo aplicable para cualquier corriente de agua superficial.

En los estuarios de los Ríos Coatzacoalcos y Pánuco, -- existe una gran cantidad de contaminantes, motivo por el -- cual se estudiaron y se continúa caracterizando la calidad -- del agua de los estuarios, tomando en cuenta las características de intrusión salina, difusión y dispersión que presen-

tan, así como la evaluación de las condiciones particulares de descargas que mantengan a los estuarios en un nivel de ca lidad adecuado para brindar el rendimiento óptimo de sus - - usos.

En la bahía de Acapulco, debido a la gran importancia turística que reviste el lugar, se ha seguido una vigilancia continua de la calidad del agua que nos permite llegar al co nocimiento preciso de la relación que existe entre la ecolo gía de la bahía y la de la cuenca hidrológica.

En los Ríos Blanco y Amacuzac, la degradación de la - calidad del agua que sirve actualmente como receptor de dife rentes desechos industriales y municipales, ha originado pro blemas que dificultan el aprovechamiento del agua en los - - usos de abastecimiento doméstico, agrícola y pecuario. Estos ríos como otros en el país, ya son utilizados exhaustivamente en la acelerada e importantísima lucha por el desarrollo de las diferentes regiones que, como es obvio suponerse, son en realidad sistemas ecológicos diferentes.

En el Lago de Chapala se lleva a cabo un estudio in- tensivo sobre el estado actual que guardan las característi- cas cualitativas y cuantitativas del lago y los efectos que tienen éstas en su ecología acuática. De esta manera se pre tende llegar a contar con un modelo matemático que permita - describir el comportamiento del lago en función de los dife rentes cambios a que pueda estar sujeto, y prever cualquier ataque que pudiera sufrir el agua del lado y el mismo desa rrollo de la región.

Debido a lo dispuesto en el Reglamento para la Preven ción y Control de la Contaminación de Aguas, la Secretaría - de Recursos Hidráulicos ha desarrollado un sistema de infor mación que nos permite manejar toda la información referente

a las fuentes de contaminación de agua en todo el país.

Además, el referido reglamento obliga a todas las descargas que no cumplan con los cinco parámetros de calidad, a instalar sistemas de tratamiento de agua residual o en su defecto, procurar el tratamiento ya sea por sociedad o pagando al municipio cuotas por el mismo, si es que estas descargas son al alcantarillado de las poblaciones. Todo esto coloca a la Secretaría de Recursos Hidráulicos en la obligación de prever todos aquellos aspectos legales y sobre todo económicos que pudieran frenar dicha disposición del Ejecutivo.

Por lo anterior, la Secretaría de Recursos Hidráulicos analiza el potencial nacional para fabricar dispositivos utilizados en el control de la contaminación del agua, con el fin de determinar la situación actual de la industria relacionada con la fabricación de equipo, instrumentos y materiales para el tratamiento y medición de aguas residuales; para ello se levanta un inventario de dichas industrias, así mismo se determina la demanda probable de equipo y la necesidad de incrementar la capacidad de producción y de importación del mismo. Además se busca que las políticas fiscales de los gobiernos, tanto Federal como Estatales, se complementen con el objeto de auxiliar a industrias y municipios en el financiamiento de sistemas de tratamiento de agua, definiéndose la demanda probable de dispositivos de tratamiento de acuerdo al reglamento antes referido.

También se determina la forma en que se afecta la economía de los municipios por la instalación de los citados dispositivos y por la influencia de la política bancaria actual.

Ahora bien, ante la acelerada tasa de cambio de las últimas décadas, principalmente en el aspecto tecnológico, -

es evidente que los países desarrollados, que son quienes - más reciben los beneficios y los impactos de estos cambios, - invierten ahora considerables sumas de dinero para regenerar y conservar la calidad de su medio ambiente, no así México, - que con sus limitaciones económicas no puede mantener ese - ritmo. Y además, si se reconoce que hasta ahora al agua y a la atmósfera no las hemos considerado como bienes económicos, debido probablemente a la falsa creencia de que son "recursos ilimitados", es ahora el momento para que de inmediato - se emprenda la acción en contra de la degradación del hábitat.

El problema ambiental es fundamentalmente un problema económico, y dentro de este marco como de cualquier otro de la misma índole, debe ser planteado reconociéndose, que entre los costos que deben considerarse se encuentran los de orden social como resultado de no haber conservado el ambiente adecuado para el legítimo bienestar del hombre.

En México durante muchos años se consideraba que un país en desarrollo no debería distraer recursos para recuperar y conservar la calidad del agua, sin embargo, en los últimos años, analizando el problema en forma más detallada, se encuentra la alternativa de si se deben seguir posponiendo su ataque frontal o si se deben, desde ahora, emprender acciones para evitar las grandes sumas de dinero que países desarrollados están gastando para restaurar la calidad de su recurso hidráulico.

Bien conocida es la irregular distribución de agua en el país, tanto en el espacio como en el tiempo. Esto indudablemente ha tenido influencia considerable en el desarrollo desequilibrado en los centros urbanos, agrícolas e industriales. Consecuentemente, estos desarrollos no han sido parale-

los, dando como resultado el surgimiento de problemas como - el de la Ciudad de México en donde existe el dieciocho por - ciento de la población nacional y alrededor del cuarenta por - ciento de la industria nacional.

En el país existen aproximadamente 2,400 municipios, - en los cuales se han construido sistemas de alcantarillado - de aguas residuales, lográndose servir con ello aproxima-- mente al 30% de la población total de México. El resultado - es que aproximadamente dos millones de metros cúbicos de - - aguas negras se vierten diariamente en los ríos, lagos y -- otros cuerpos receptores.

Considerando la población de 50 millones de habitan-- tes, se tendrá que, conforme se vayan ampliando los servi--- cios de agua potable, se incrementará por lo tanto el volu-- men de aguas negras vertidas hasta llegar a un total de ocho millones de metros cúbicos diarios.

El costo para proporcionar tan sólo tratamiento prima-- rio a este volumen de aguas residuales, se estima en 1,600 - millones de pesos aproximadamente, suma que indudablemente, - no será fácil asignar sin causar algún desequilibrio a las - inversiones que el gobierno realice, todo ésto sin conside-- rar que para entonces el problema de la contaminación del - agua habrá llegado a límites verdaderamente críticos.

Por otra parte, el atender al 30% de la población, - que cuenta actualmente con servicios de alcantarillado, en - los próximos 4 años, implica que el esfuerzo en las inversio nes no sería inferior a los 200 millones de pesos al año.

Si se considera que normalmente el tratamiento de re-- siduos industriales es más complejo y costoso que el de resi--

duos puramente domésticos, será fácil de imaginar los gastos que la industria deberá realizar.

Las descargas de industrias de productos químicos, - procesado y empaçado de alimentos diversos, destilerías y - cerveceras, refinación del petróleo, productos lácteos, embotelladoras, galvanoplastia, y otras muchas se concentran finalmente en el Gran Canal del Desagüe del Valle de México y - su volumen y su contaminación son de tal magnitud que sus - efectos se resienten en las aguas del Río Pánuco, que les dá salida al Golfo de México.

En el Estado de México se localiza un importante desarrollo industrial, el Lerma-Toluca, donde se encuentra todo-tipo de industrias, lo cual obviamente provoca gran degradación a la calidad del agua del Río Lerma en su tramo inicial.

En Monterrey, N.L., las principales industrias que - amenazan la calidad de los escasos recursos hidráulicos son: la metalurgia, beneficio de materiales, embotelladoras, productos químicos, textiles, cerveceras, de papel y productos-conexos, etc. Conviene mencionar que en esta zona el problema de la contaminación del agua, a pesar de la gran cantidad de industrias, no alcanza todavía signos críticos, debido en mucho, a un racional manejo de agua, que mediante su reuso, - realizan varias de las más importantes industrias de esa zona.

En el Estado de Veracruz se tienen tres zonas industrializadas:

1.- Coatzacoalcos-Minatitlán. Con su refinación de petróleo y petroquímica, fertilizantes y explotación de azufre, principalmente, haciendo que en esta área se comience a afectar seriamente la calidad del agua del estuario del Río Coatzacoalcos.

2.- Zona Córdoba-Orizaba. Se vierten al Río Blanco las --- aguas residuales que se originaron en ingenios, destilerías- y cerveceras, fábricas de textiles, productos químicos, de - celulosa y papel, beneficios de café y tenerías; la mayor - parte de estas descargas se localizan en el tramo inicial - del río, que comprende las poblaciones de Ciudad Mendoza, No gales, Orizaba y Córdoba, dando por consecuencia que tengan graves problemas de contaminación orgánica del agua en esta parte del río y problemas de contaminación por sustancias tó xicas a lo largo de la corriente hasta las lagunas de Alvarado.

3.- En la Zona Norte del Estado se tienen campos de explota- ción petrolera produciendo ciertos problemas de contamina- ción.

En la Cuenca del Río Zahuapan y en la del Río Atoyac, en los estados de Tlaxcala y Puebla, aún cuando la concentra ción industrial es menor que en otras partes del país, debi do a la relación del caudal de los ríos y a la magnitud de - las descargas industriales, se tienen problemas de importan- cia, sobre todo en el tramo inicial del Río Zahuapan, produc to principalmente de las aguas residuales de fábricas de ce- lulosa y papel, textiles, productos lácteos y productos quí- micos.

En la Cuenca Lerma-Chapala-Santiago, el área más in-- dustrializada es la del corredor Querétaro-Celaya-Salamanca- Irapuato y las descargas se originan principalmente en indus trias de refinación de petróleo, petroquímica, procesado y - empacado de alimentos, productos lácteos, fibras sintéticas- y porcicultura.

El tramo del río que recibe las descargas de refine-- ría y de las plantas petroquímicas, actualmente confronta -

problemas de contaminación sumamente graves.

En la Cuenca del Río Pánuco, la actividad industrial más importante es la refinación y petroquímica, además de la extracción del petróleo, que eventualmente ocasiona problemas de contaminación del agua y se concentran en los alrededores de Tampico y Ciudad Madero. Además en la parte media de la cuenca se tienen ingenios, destilerías, procesado y empacado de alimentos, productos lácteos, y manufacturas de madera principalmente.

En la Cuenca del Río Florido, la concentración industrial no se tiene directamente sobre el mismo río, sino en algunos de sus principales afluentes como son: El Parral y El Chuviscar. En su mayor parte las descargas se originan en plantas de beneficio de minerales, fábricas de celulosa y papel y productos conexos, productos químicos y textiles y cerveceras; los problemas de contaminación más serios los provocan las descargas de los beneficios de los minerales y los jales, que ocasional o permanentemente se vierten a los afluentes del Río Florido.

La contaminación de las aguas de las principales cuencas del país, ha guiado a la Secretaría de Recursos Hidráulicos a establecer un programa de acción que en buena parte, ha quedado previsto en la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental y en el reglamento relativo al agua.

El programa que se ha iniciado, considera los siguientes puntos básicos y necesarios para cubrir el ámbito de componentes que se presentan en la acción de controlar la contaminación del agua:

- 10.- Disposiciones legales estrictas y dinámicas.
- 20.- Una organización gubernamental y privada adecuada.
- 30.- El establecimiento de un plan nacional para la prevención y control total de la contaminación.
- 40.- Una amplia preparación de técnicos y profesionales especializados en problemas ambientales, y
- 50.- La disposición de recursos económicos necesarios.

En lo que se refiere al Plan Nacional, la Secretaría de Recursos Hidráulicos, ha establecido y definido tres etapas de acción:

En la primera se prevé que todos los responsables de descargas de aguas residuales se registren en la Secretaría; este registro permitirá obtener un conocimiento detallado de las fuentes de contaminación, ya que proporcionará información sobre la calidad, cantidad y localización de las descargas de aguas residuales. La información anterior, aunada a la del tipo hidrológico que la propia Secretaría está recopilando desde hace muchos años, permitirá conducir los estudios necesarios, para conocer el nivel de contaminación de agua de donde se derivarán las bases para acciones de la tercera etapa, asegurando así la calidad necesaria del agua para los diversos usos a que se destine.

La segunda etapa de acción, que comprende un período de cuatro años aproximadamente, requiere que en todas las descargas de aguas residuales, se instalen dispositivos para tratamiento, con excepción de aquellas que cumplan con un conjunto de normas de calidad, previstas en el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas (publicado en el Diario Oficial el 29 de mayo de 1973), esta etapa considera, además, que cada responsable de descargas -

de aguas residuales, previamente al inicio de las obras de construcción, presente un "Informe Preliminar de Ingeniería" en el cual se relacionen los trabajos más relevantes y necesarios que permitan llevar a cabo las instalaciones que aseguren una calidad de efluente de aguas residuales de acuerdo con las normas establecidas.

En la tercera y última etapa, la Secretaría de Recursos Hidráulicos asignará las normas finales de calidad de los efluentes de aguas residuales para cada descarga, en función a los usos a que se destine o vaya a destinarse el agua del cuerpo receptor en el cual se descarguen.

Para cuando se inicie esta etapa, el gobierno federal contará ya con los resultados de un buen número de estudios que deberán dar luz sobre varias implicaciones de tipo económico, que pudieran presentarse durante el desarrollo de esta etapa.

Debe reconocerse que si bien el gobierno federal busca el equilibrio entre el desarrollo del país y la acción contra la contaminación del agua, también le es fundamental, cuidar la salud de los habitantes; es por ello que la Secretaría de Salubridad y Asistencia en coordinación con la de Recursos Hidráulicos, deberán tomar todas las medidas necesarias para evitar cualquier contaminación grave producida por compuestos o sustancias tóxicas.

Por otra parte, la Secretaría de Recursos Hidráulicos ha diseñado una serie de cursos para preparar personal especializado en tareas de muestreo, técnicas de campo y de laboratorio, enfatizando aquellos procesos que se considere que serán de mayor aplicación en nuestro medio; así mismo, se están desarrollando programas de investigación para el reuso del agua en la industria, en las comunidades y en la agricultura.

También se estudia la factibilidad de establecer programas de depreciación acelerada de equipo de tratamiento, - la potencialidad y necesidades de fabricación de equipo en - México, así como la promoción para el desarrollo de empresas de servicios de ingeniería y de laboratorios de análisis.

Además, se estudia la factibilidad técnica, política y económica de establecer "Distritos o Cooperativas de Control de la Contaminación del Agua" a nivel regional, con el fin de buscar las organizaciones administrativas más adecuadas, para aumentar la eficiencia y reducción de los costos - de tratamiento, pues se sabe que ésta es una buena manera de procurar el tratamiento de agua sin altos costos.

En base a estudios, se tiene que la instalación, el - mantenimiento y la operación de plantas de tratamiento de - aguas residuales para un establecimiento industrial, repre-- sentan un costo que varía entre el 1 y el 20%, e inclusive - más en algunos casos, del costo total de la producción anual, puesto que el costo de los sistemas de tratamiento de aguas- residuales está en función de los conceptos:

- 1.- Volumen de residuos por unidad de tiempo (gasto).
- 2.- La concentración inicial (fija) y la concentración final (que es variable) de los contaminantes por remover.

Es evidente que cualquier acción que se realice para reducir cualquiera de estos conceptos, resultará en una re-- ducción del costo total (inversión inicial, operación y man-- tenimiento) de la planta de tratamiento.

Otro aspecto importante de los trabajos realizados en la determinación del tipo y tamaño de planta, son las características de los contaminantes por remover.

Generalmente para un gasto determinado el costo total de tratamiento de residuos líquidos disminuye en razón directa a la reducción en el porcentaje de remoción de contaminantes.

De los conceptos anteriores, será fácil inferir que, para reducir al máximo los costos de tratamiento de residuos líquidos deberá vigilarse lo siguiente:

- 1.- Reducción del gasto de residuos por tratarse.
- 2.- Revisión y cambio cuando sea posible de reactivos químicos e insumos de la industria con el objeto de que el efluente final tenga una carga de contaminantes menor.
- 3.- Determinación precisa del total de contaminantes por remover en función a las normas de calidad del cuerpo receptor, preestablecidas de acuerdo a una clasificación por tipo de aprovechamiento, y la capacidad de asimilación y dilución del mismo cuerpo de agua.

Entre los métodos más convenientes experimentados hasta la fecha, se cuenta con el conocido como "Sistema Regional para el Control de la Calidad del Agua" (SIRCCA). Este sistema consiste fundamentalmente en aprovechar el concepto número 1, buscando la forma dentro del área técnicamente factible, de que se recolecten todos los residuos compatibles en una sola planta de tratamiento, e igualmente, otro grupo de residuos compatibles en otra planta de tratamiento, y así, cuantas veces sea posible y necesario.

El costo de construcción, operación y mantenimiento será entonces repartido entre los miembros de la cooperativa, de acuerdo precisamente a su volumen diario, semanal o mensual, de las aguas residuales y a la carga de aquellos contaminantes que se pretenda remover.

## SELECCION DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.

Se tratará de describir los tratamientos primarios, secundarios y terciarios o avanzados, que de acuerdo a la práctica, han demostrado ser los más eficientes y económicos. Los métodos convencionales incluyen los tratamientos primarios y biológicos, siendo éstos empleados originalmente para la depuración de aguas residuales domésticas. Estos procesos convencionales tienen un límite máximo en la calidad del agua que pueden tratar. Si las circunstancias requieren un mayor grado de purificación del agua o la naturaleza de las aguas residuales es tal que no se puede tratar con métodos convencionales, es necesario emplear métodos de tratamiento avanzado. Con los métodos de tratamiento avanzado se pueden:

- a).- Pulir las aguas tratadas con métodos convencionales.
- b).- Preparar las aguas residuales para que sean susceptibles a tratamiento convencional, o
- c).- Proporcionar tratamiento completo de aguas residuales de características exóticas.

Las figuras I.1, I.2 y I.3 ilustran las características principales de los tres grupos de métodos de tratamiento de aguas residuales.

Debe reconocerse que la tecnología desarrollada en este sentido, obedece a que por mucho, solamente unos parámetros de contaminación se han vigilado. Específicamente a la Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ), Sólidos Suspendidos Volátiles y Fijos, pH, temperatura y sustancias tóxicas en algunas ocasiones y últimamente algunos bioestimulantes como Nitrógeno y Fósforo. El aspecto biológico en la mayoría de los casos se controla con una desinfección del efluente final.

### TRATAMIENTO PRIMARIO

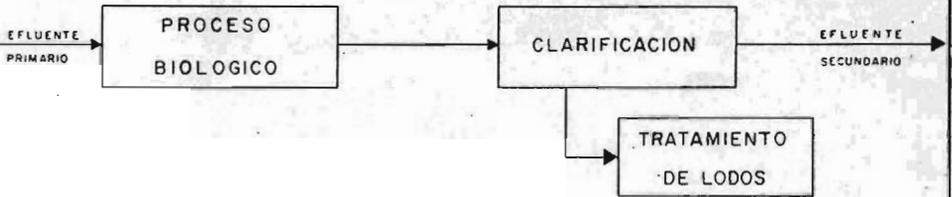


#### PROMEDIOS PARA AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS

	CONCENTRACION (mg/l)	
	REMOVIDO	REMANENTE
SOLIDOS SUSPENDIDOS .....	125	110
MATERIA BIODEGRADABLE .....	60	140
MATERIA ORGANICA NO-BIODEGRADABLE...	0	VARIABLE
FOSFORO .....	0	15
NITROGENO .....	0	VARIABLE

figura I.2

### TRATAMIENTO SECUNDARIO



#### PROMEDIOS PARA AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS

	CONCENTRACION (mg/l)	
	REMOVIDO	REMANENTE
SOLIDOS SUSPENDIDOS .....	80	30
MATERIA BIODEGRADABLE .....	120	20
MATERIA ORGANICA NO-BIODEGRADABLE...	POCO	VARIABLE
FOSFORO .....	POCO	< 15
NITROGENO .....	POCO	VARIABLE

figura I.3

## TRATAMIENTO AVANZADO

EFLUENTE  
SECUNDARIOREMOCION  
DE FOSFOROREMOCION  
DE NITROGENO

FILTRACION

ADSORCION  
CON CARBON

## .PROMEDIOS PARA AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS

CONCENTRACION (mg/l)

REMOVIDO      REMANENTE

	REMOVIDO	REMANENTE
SOLIDOS SUSPENDIDOS -----	30	<1
MATERIA BIODEGRADABLE -----	20	<1
MATERIA ORGANICA NO-BIODEGRADABLE	CASI TODA	<1
FOSFORO -----	14	<1
NITROGENO -----	LA MAYORIA	<2

Los métodos de tratamiento que se han desarrollado son básicamente para remover materia orgánica soluble y sólidos orgánicos e inorgánicos. Algunos tratamientos avanzados o terciarios se desarrollaron para la remoción y recuperación de ciertas sustancias químicas, principalmente metales pesados y compuestos químicos no biodegradables.

Actualmente no es posible seleccionar un proceso de tratamiento para residuos de la industria química en forma a priori.

El desarrollo de un sinnúmero de compuestos químicos orgánicos e inorgánicos, ha hecho que los efluentes de la industria química sean de muy variada composición.

De acuerdo con lo anterior se hace imprescindible, para obtener un buen proceso, llevar a cabo estudios de caracterización de residuos en el laboratorio, posteriormente realizar trabajos de tratabilidad de los mismos. Estos estudios de tratabilidad deben de conducirse en plantas a escala de laboratorio, seleccionando con el mejor criterio y experiencia, aquellos métodos que pueden ofrecer el mejor resultado.

#### TRATAMIENTO PRIMARIO

El primer paso en el tratamiento de aguas residuales es el cribado para remover partículas grandes flotantes, o suspendidas. El cribado se puede llevar a cabo con rejillas, alambrado o planchas metálicas perforadas y su limpieza puede ser mecánica o manual. Estos dispositivos tienen una de tres funciones, según el tamaño de las partículas que retengan:

- a) Partículas grandes (3 a 15 cm). Para proteger bombas, tanques, conductos y válvulas.

- b) Partículas medianas (1 a 3 cm) previo paso del líquido - por desarenadores, tanques de sedimentación primaria y - bombas de acción recíproca, y
- c) Partículas Finas. Se usan tanques sedimentadores.

Los factores que influyen en el diseño de dispositivos para el cribado incluyen la velocidad y profundidad del líquido, el tamaño de las aberturas, el ángulo con la horizontal, la frecuencia de su limpieza y la pérdida de carga. Generalmente, se diseñan para recibir velocidades de 0.6 a 1.2 m/seg., con preferencia al valor menor.

La sedimentación por gravedad es uno de los procedimientos fundamentales y más importantes en el tratamiento de aguas residuales. Es un proceso por medio del cual se remueven las partículas suspendidas y coaguladas con una densidad mayor a la del agua.

La sedimentación se clasifica en cuatro divisiones que dependen de la concentración de la suspensión y la tendencia de las partículas a coagularse. Estas son:

- 1.- Sedimentación discreta.
- 2.- Sedimentación floculenta.
- 3.- Sedimentación en zonas, y
- 4.- Compresión.

En el primer tipo, una partícula conserva su individualidad y no cambia de tamaño, forma o densidad. La sedimentación floculenta se caracteriza por la aglomeración de partículas y el cambio de la velocidad de sedimentación. En la sedimentación en zonas las partículas se sedimentan como una sola masa y presentan una interfase definida entre el sobre-

nadante y los sólidos que se sedimentan. Durante la compresión los sólidos ejercen una presión sobre las capas inferiores, lo cual resulta en un desplazamiento lento del líquido.

La Ley de Stokes representa el mecanismo por medio del cual se sedimentan las partículas discretas o floculentas.

$$V = \frac{1}{18} \frac{(\rho_s - \rho_L)}{\mu} g D^2$$

V = Velocidad de Sedimentación.

$\rho_s$  = Densidad de la partícula.

$\rho_L$  = Densidad del líquido.

g = Constante de gravedad.

D = Diámetro de la partícula.

$\mu$  = Viscosidad del líquido.

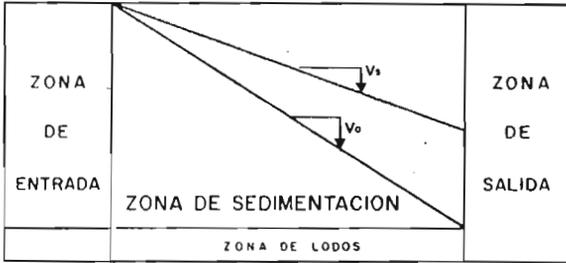
La figura I.3-bis muestra los procesos de sedimentación discreta y floculenta y la figura I.4 representa los diferentes tipos de sedimentación.

#### TRATAMIENTO BIOLÓGICO.

El tratamiento biológico es, esencialmente, una reproducción de lo que ocurre en los procesos de autopurificación en la naturaleza, bajo las condiciones controladas. Se puede clasificar en aerobio, anaerobio o facultativo.

En condiciones aerobias, los microorganismos consumen oxígeno disuelto para convertir la materia residual en más microorganismos y la energía necesaria para su existencia. Los productos finales son bióxido de carbono y agua. Bajo

figura I.3. bis.



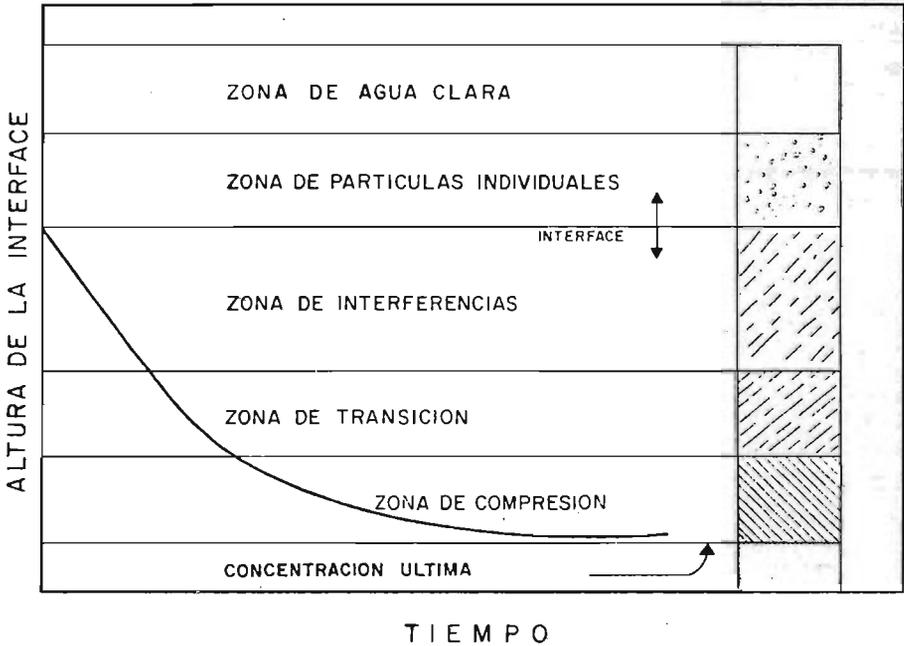
SEDIMENTACION DISCRETA



SEDIMENTACION FLOCULENTA

SEDIMENTACION EN UN TANQUE  
TEORICO IDEAL

figura I.4.



## ZONAS DE SEDIMENTACION

condiciones mínimas de carga, una reacción secundaria transforma el nitrógeno amoniacal a nitratos.

En la ausencia de oxígeno disuelto, los microorganismos anaerobios y facultativos toman el oxígeno que no se encuentra libre sino formando compuestos como los nitratos. - Dos reacciones fundamentales se llevan a cabo: bacterias saprófitas producen compuestos intermedios como los ácidos orgánicos y alcoholes; y las bacterias productoras del metano utilizan estos compuestos intermedios para producir bióxido de carbono y metano. Si se encuentran compuestos de azúfre, el ácido sulfhídrico será uno de los productos.

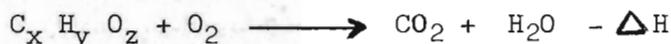
Cuando la materia orgánica se pone en contacto con el lodo biológico, la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) se remueve por varios mecanismos. Los sólidos suspendidos y muy finos se remueven por medio de adsorción y coagulación. Parte de la materia orgánica soluble se remueve inicialmente - por medio de absorción y se almacena en la célula como reserva de alimento. La demás materia orgánica disuelta se remueve progresivamente durante el proceso de aereación, resultando en la síntesis de lodo y la producción de bióxido de carbono y agua. La facilidad de oxidación de la materia orgánica disminuye a medida que la complejidad de los compuestos - aumenta. Las partículas grandes se subdividen por medio de - hidrólisis antes de oxidarse. Las reacciones que representan la remoción de la DBO durante la bioxidación se pueden interpretar como un proceso de tres etapas:

- 1.- La remoción inicial de la DBO al ponerse en contacto los desechos con un lodo biológico activo, que la almacena - como reserva de alimento.
- 2.- La remoción de la DBO en proporción directa al crecimiento del lodo biológico.

### 3.- Oxidación de la materia celular biológica a través de - respiración endógena.

Estas reacciones se ilustran con las siguientes ecuaciones:

#### Oxidación de materia orgánica:



#### Síntesis de materia celular:



#### Oxidación de materia celular:

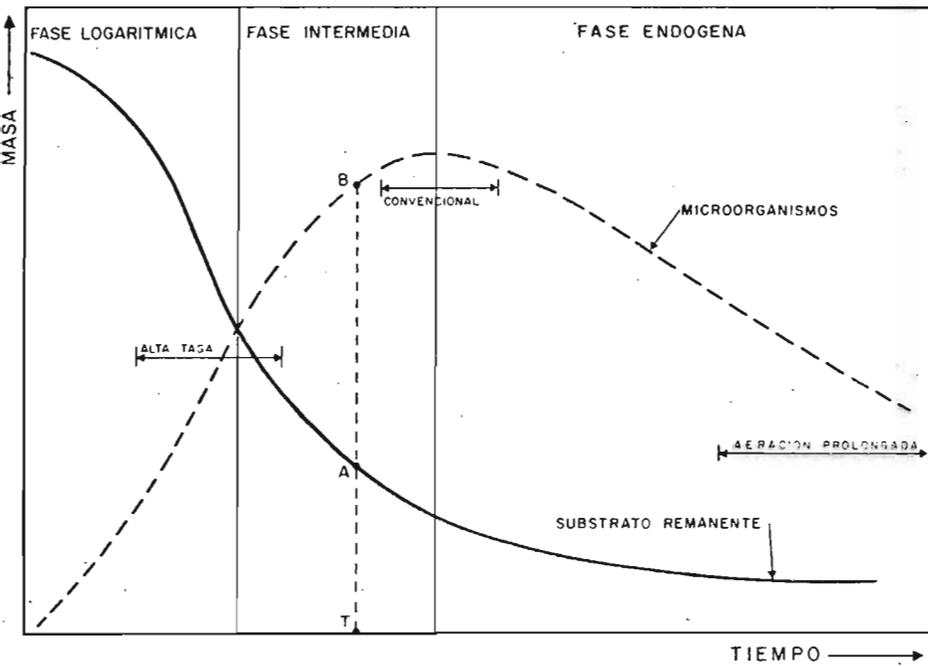


El término  $\Delta H$  representa el calor de reacción. La figura I.5 representa esquemáticamente las etapas que describen las ecuaciones anteriores.

Los tres principales procesos de tratamiento biológico son los lodos activados, filtros percoladores y lagunas de estabilización. En la tabla siguiente se comparan las diferentes características de estos procesos y en las figuras I.6, I.7 y I.8 se muestran en diagramas de flujo algunas de sus variaciones.

El proceso anaerobio es importante en el tratamiento de aguas residuales domésticas, pero no es usado comúnmente para tratar aguas residuales industriales. En comparación con los procesos aerobios, este proceso es más sensible a la materia tóxica y resulta difícil de controlar. La digestión anaerobia se ha usado como un pretratamiento, para disminuir la DBO de desechos altamente concentrados. Cargas orgánicas de 2,400 a 4,000 Kg/1000 m<sup>3</sup> y tiempos de retención de 4 a 10 días producen eficiencias de remoción de la DBO del 40 al 70 por ciento. La figura 9 ilustra el proceso anaerobio.

figura I.5



RELACION ENTRE TIEMPO Y MASA DE LOS AMBITOS OPERACIONALES DE TRES PROCESOS DE TRATAMIENTO AEROBIO

figura I.6

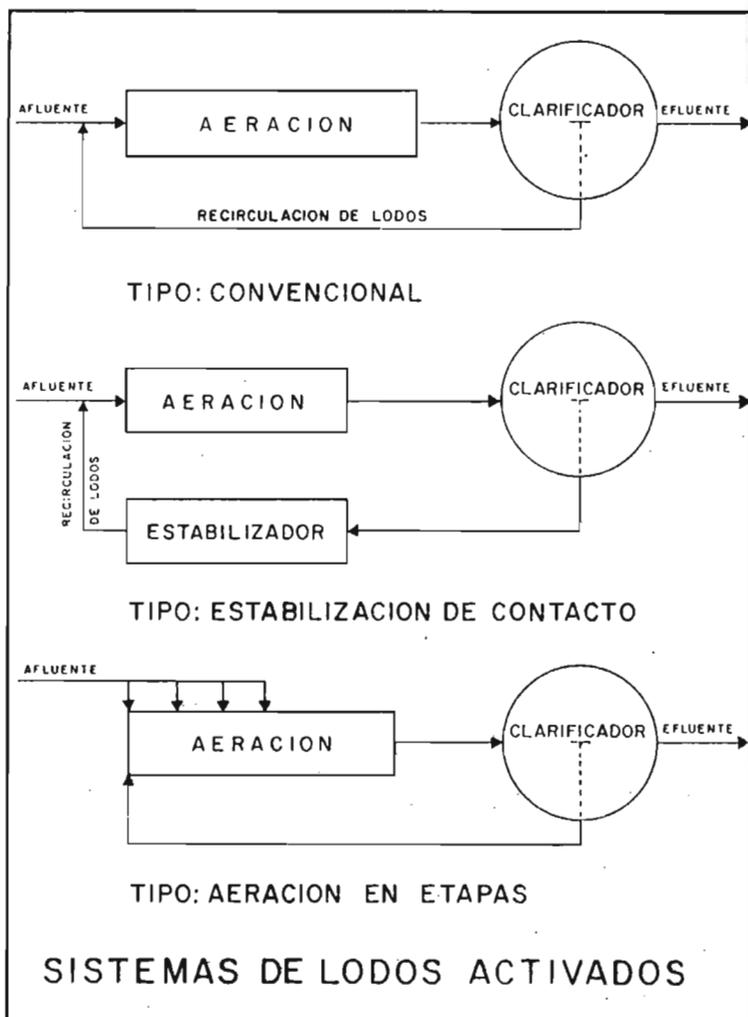


figura I.7

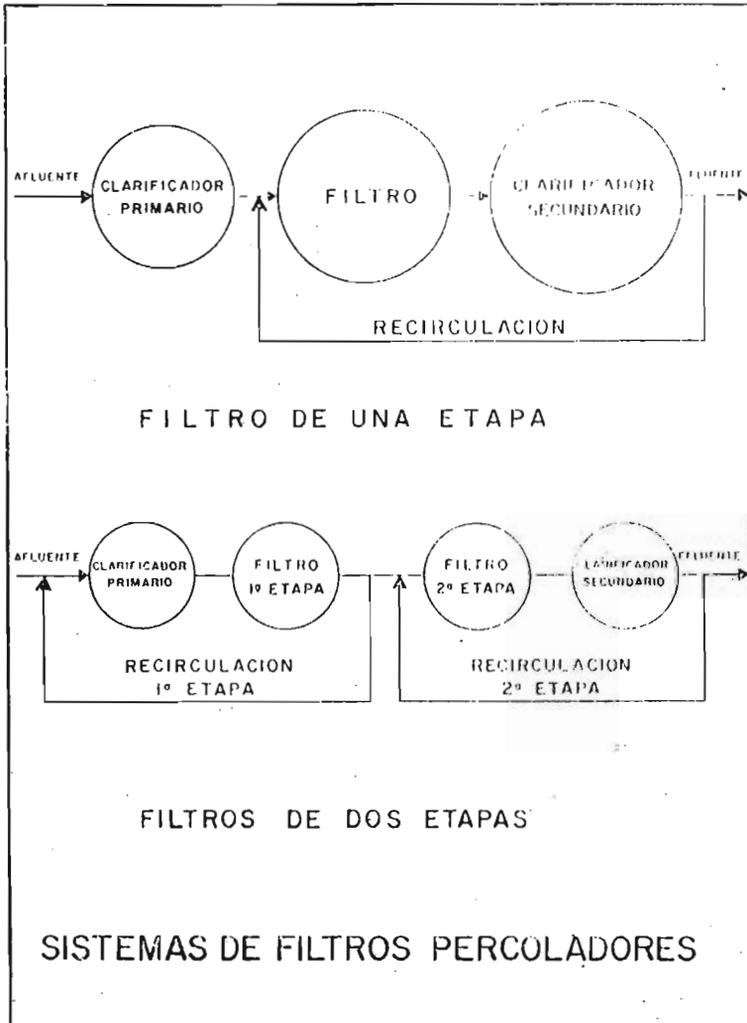
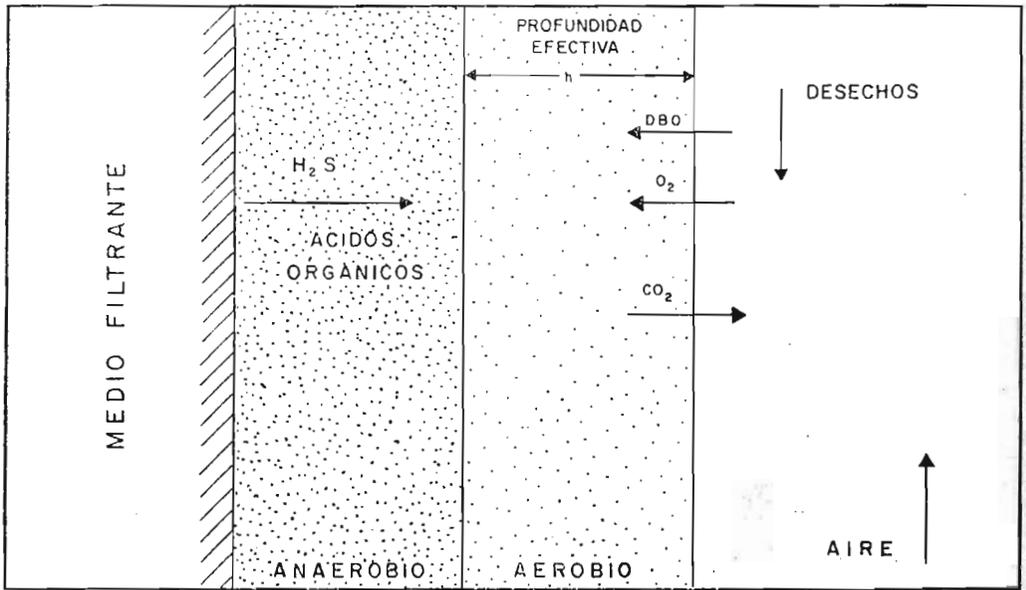
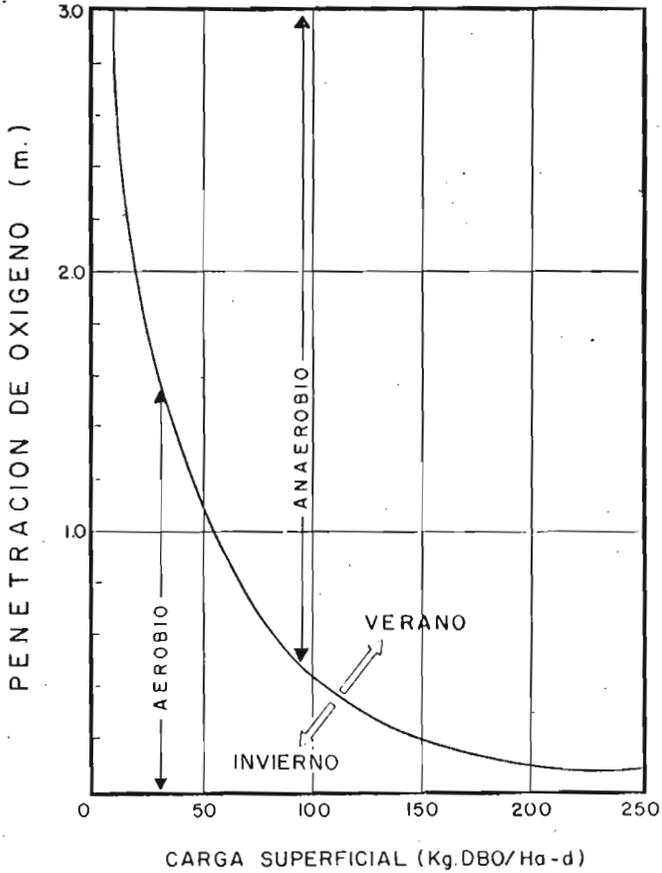


figura I.8



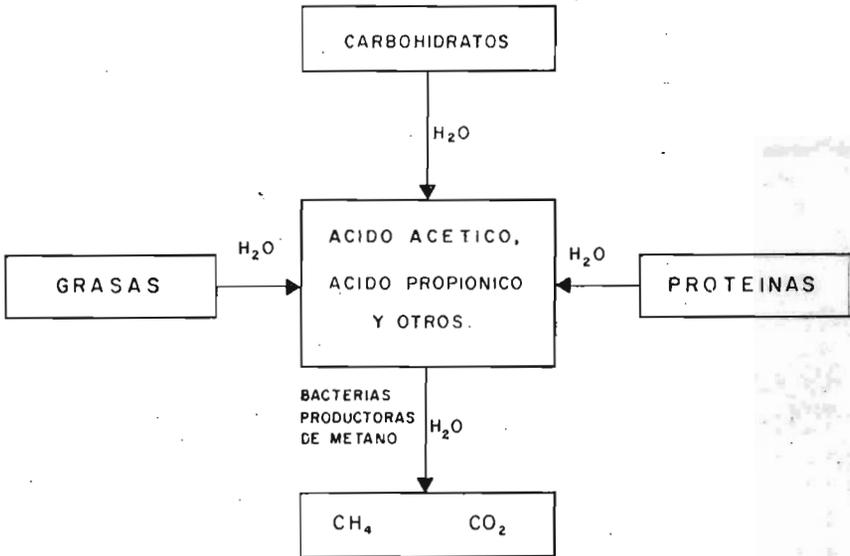
REPRESENTACION ESQUEMATICA DEL FUNCIONAMIENTO  
DE UN FILTRO BIOLÓGICO

figura I.8. bis.



PROFUNDIDAD DE LA PENETRACION DE OXIGENO  
EN LAGUNAS DE ESTABILIZACION

figura I.9



## DIGESTION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA

TABLA DE COMPARACION DE LOS PROCESOS BIOLOGICOS.

Requerimiento por tratar: 770 Kg DBO/día.

	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA BIOLOGICA (KgDBO/1000m <sup>3</sup> )	REMOCION DE D B O. (%)
Lagunas de estabilización (1.3 m de profundidad)	231,000	1.44 a 3.68	70 a 90
Lagunas aereadas. (2.6 m de profundidad).	23,300	18.4 a 25.6	80 a 90
LODOS ACTIVADOS			
Aereación prolongada	930	176 a 480	95+
Convencional	324	528 a 6,400	90
Alta tasa	186	912 a 2,400	70
FILTROS PERCOLADORES			
Piedra	810 a 2,030	11 a 800	40 a 70
Medio plástico	81 a 324	320 a 3,200	50 a 70

TRATAMIENTO AVANZADO

El tratamiento avanzado se puede dividir, en términos generales, en procesos químicos y físicos. Estos procesos se usan para remover aquellos contaminantes que no se eliminaron durante los tratamientos primarios y secundarios o bien, cuando debido a las características de las aguas residuales es necesario tratarlas enteramente por medios físico-químicos. Principalmente entre los procesos físicoquímicos se encuentran los siguientes:

## F I S I C O S .

## Q U I M I C O S .

Filtración

Neutralización

Flotación

Coagulación

Adsorción

Oxidación química

Separación de espuma

Intercambio iónico

Osmosis inversa

Reducción y precipitación

Diálisis.

Los procesos físicos se usan para la remoción de la materia suspendida o en solución, ya sea esta orgánica o inorgánica. La remoción de materia en suspensión se lleva a cabo por medio de sedimentación o flotación cuando los sólidos son relativamente grandes. Los procesos de filtración a través de arena, medios múltiples o tierras diatomáceas se utilizan para remover partículas muy finas.

La flotación por medio de aire comprimido tiene su mayor aplicación en la suspensión de sólidos suspendidos floculentos, como lo son la masa biológica del proceso de lodos activados. Las aguas residuales o una porción del efluente clarificado se somete a una presión de 40 a 60 psi en la presencia de suficiente aire para llegar a la saturación. Cuando la mezcla a presión de aire y líquido se suelta a presión atmosférica en la unidad de flotación, burbujas minúsculas de aire se desprenden de la solución. Los floculos de lodos y los sólidos suspendidos flotan por medio de estas burbujas minúsculas de aire que se adhieren a las partículas de floculos. La mezcla de aire y sólidos sube a la superficie, donde se recolecta. El líquido dosificado se retira del fondo del tanque; a esta altura se puede recircular una porción del efluente a la cámara de presión. Cuando se trata de clarificar lodos floculentos, la recirculación de efluentes a pre--

sión da mejores resultados, ya que no se someten los flócu-- los a las fuerzas cortantes en las bombas y sistemas de presión.

Muchos de los contaminantes de las aguas residuales - poseen propiedades tenso-activas y producen espuma al agitar se o airearse. El proceso de la separación de espuma se vale de esta propiedad para remover estos contaminantes en forma concentrada. La materia tenso-activa se concentra en la in-- terfase de gas-líquido y forma una espuma. Esta espuma se - forma por la atracción del extremo hidrofóbico de la molécula por la fase gaseosa, mientras que en el extremo hidrofíli co de la molécula lleva en sí agua en la fase líquida. A medida que ésta sube (la espuma), se remueven sólidos suspendi dos y otras materias atrapadas por la misma espuma.

El proceso de separación de espuma se ha aplicado ex-- perimentalmente a la remoción de materia tenso-activa, tal - como ABS, de aguas residuales. También, se ha utilizado para remover trazas de contaminantes combinándolos con agentes es pumantes. Un ejemplo de ésto sería la remoción de metales ra dioactivos del agua, por medio de la adición de un agente - tenso-activo aniónico que tenga una atracción preferente por el contaminante.

Muchas aguas residuales industriales contienen concen traciones muy bajas de materia orgánica que resulta muy difí cil o imposible de remover por medio de procesos biológicos- convencionales. Ejemplos de éstos son el ABS y algunos de - los compuestos orgánicos heterocíclicos. Frecuentemente es-- tas materias se pueden remover a través de la adsorción so-- bre una superficie activa sólida. El adsorbente más comúnmen te usado es el carbón activado.

La adsorción química resulta en la formación de una -

capa mono-molecular de la sustancia adsorbida en la superficie debido a las fuerzas residuales de valencia de las moléculas superficiales. La adsorción física resulta de la condensación molecular en los espacios capilares del sólido. - Hay una rápida formación de una concentración interfacial de equilibrio, seguida de una difusión lenta penetrando las partículas de carbón. La tasa total de adsorción es controlada por la tasa de difusión de las moléculas dentro de los poros capilares de las partículas de carbón. La tasa está en función recíproca del cuadrado del diámetro de la partícula, en función directa a la concentración de contaminante, aumenta directamente con la temperatura y disminuye con un aumento en el peso molecular. La tasa de adsorción, también depende de la raíz cuadrada del tiempo de contacto. La capacidad de adsorción depende tanto del tipo de carbón como del contaminante que se desea remover.

Las relaciones de equilibrio que se llevan a cabo se han correlacionado a la relación empírica de Freundlich y a la relación teórica de Langmuir. En la práctica, la isoterma de Freundlich se expresa:

$$k C^{1/n} = \frac{X}{M}$$

Donde:

X = Peso de la sustancia removida.

M = Peso del adsorbente.

C = Concentración remanente en la solución.

La k y n son constantes que dependen de temperatura, del adsorbente y de la sustancia que se desea adsorber.

La ecuación de Langmuir se basa en el equilibrio entre la condensación y evaporación de las moléculas adsorbi-

das, tomando en cuenta una capa de adsorción monomolecular.

$$\frac{X}{M} = \frac{abC}{1+aC}$$

Donde:

a = Una constante que aumenta a medida que aumenta el tamaño de las moléculas.

b = La cantidad adsorbida para formar una capa monomolecular en la superficie.

Diálisis, electrodiálisis y ósmosis inversa comprenden la separación de sustancias por medio de su difusión a través de membranas. En el caso de diálisis, la tasa de difusión está relacionada con el gradiente de concentración a través de la membrana.

La mayoría de las membranas tienen un espesor de 0.1-mm con el tamaño de los poros de 50 a 80 Å. Se utiliza flujo a contracorriente para obtener un mayor gradiente de concentración. La electrodiálisis se basa en la atracción iónica de electrodos a los cuales se les ha aplicado una corriente eléctrica. La ósmosis inversa utiliza la aplicación de energía en la forma de presión para efectuar el transporte de ciertas sustancias a través de la membrana. La electrodiálisis y la ósmosis inversa se comienzan a usar mucho en la desalación de agua de mar y salmueras, mientras que el proceso de diálisis tiene su mayor utilidad en la recuperación de sustancias aprovechables como ácidos y álcalis, de aguas residuales industriales.

Los procesos químicos para el tratamiento de aguas residuales, se pueden usar para remover materia coloidal, color, olor, ácidos, álcalis, metales pesados y aceites. La neutralización de ácidos se puede llevar a cabo con cal, so-

sa cáustica, bicarbonato, amoniaco y residuos alcalinos. La neutralización de sustancias alcalinas se logra con ácidos - (sulfúrico o clorhídrico), bióxido de carbono, azúfre y residuos ácidos.

El proceso de coagulación remueve la materia coloidal del agua con la adición de sustancias químicas. Estas sustancias rompen la estabilidad del sistema al neutralizar la carga eléctrica del coloide. Los aditivos más comunes son compuestos que contienen cationes multivalentes como aluminio y hierro.

La oxidación química frecuentemente se incorpora al sistema de tratamiento. Esta puede ser para la destrucción de cianuros con cloración alcalina o la adición de ozono que además oxida las sustancias fenólicas. A un pH de 10.0 a 10.5 el cloro oxida los cianuros a cianatos y a un pH de 8.0 a 8.5 la oxidación se lleva bióxido de carbono y nitrógeno. Los permanganatos se usan a veces para destruir materia orgánica y oxidar gases disueltos y iones metálicos

Los procesos de reducción se llevan a cabo con agentes como el sulfato ferroso y dióxido de azufre. La reducción y precipitación es un proceso en el cual un ión metálico soluble se reduce a través de una reacción de óxido-reducción y luego se precipita por medio de su transformación a un hidróxido metálico insoluble. El proceso se aplica principalmente en el tratamiento de residuos de la industria de galvanoplastia que contienen sales de cromo.

El intercambio iónico es un proceso en el que los iones se retienen por medio de fuerzas electrostáticas en la superficie de un sólido, son intercambiados por iones de una diferente especie en solución. El intercambio iónico se emplea para remover o intercambiar sales inorgánicas disueltas

en agua, tales como dureza (por los iones de calcio y magnesio) o iones metálicos como por ejemplo los de cromo hexavalente o zinc.

La mayoría de las resinas intercambiadoras en uso actualmente, son materias sintéticas que se componen de una red de radicales a los cuales están adheridos los grupos iónicos funcionales. El número total de grupos funcionales, por unidad de peso, determina la capacidad de cambio e intercambio, y el tipo de grupo determina el equilibrio de intercambio y la selectividad de iones.

## CAPITULO II

### JUSTIFICACION DEL PROYECTO

Dada la importancia que tiene el control de la contaminación como camino a seguir para la preservación del habitat humano incluyendo las cadenas alimenticias, es de vital importancia crear conciencia de lo que esta tarea reclama.

No tan solo es un requisito que se debe de cumplir para evitar sanciones por parte del gobierno, sino que es mucho más que eso, es aplicar los conocimientos y técnicas, aunados al ingenio y al afán de servir a los demás para resolver este problema para el bien común.

Es una labor de conciencia y ética profesional la que se debe afrontar y resolver con todos los medios al alcance.

La legislación es explícita en cuanto a responsables y fechas de cumplimiento, queda tan solo eso: el cumplimiento efectivo de esas obligaciones.

Es conveniente analizar los aspectos legales de esta lucha de la prevención y control de la contaminación.

#### ASPECTOS LEGALES.

Los países en vía de desarrollo se han dado cuenta de que es inaplazable promover su industrialización, como una necesidad de supervivencia, ya que han quedado rezagados de aquellos países que los superan por más de una década en el avance tecnológico, lo que lesiona muy gravemente su ya incipiente economía.

El afán de los pueblos menos desarrollados, de indus-

trialización, se debe a que ya es posible para ellos quedar reducidos a meros suministradores de materia prima que en algunos casos es sustituible por productos elaborados, lo que trae como consecuencia su cotización más baja en el mercado, lo que a la postre sume más en la pobreza a dichos países, - según lo ha expresado con toda claridad el ensayista francés Servan Schreiber en su obra "El desafío norteamericano".

En México se ha considerado inaplazable promover la industrialización en todas sus formas, pero también está - - consciente de que una de las consecuencias más graves de la era industrial es la alteración nociva del habitat humano como efecto de la contaminación ambiental.

La industria sin planificación ha ocasionado que en algunas naciones más de la quinta parte de la población se concentre en dos o tres ciudades y originando con ello que varios renglones de la economía declinen por la ausencia de la explotación de los recursos naturales, ya que la mano de obra que tradicionalmente se ocupaba de ello se ha ido a las ciudades con el fin de alcanzar un sistema de vida económicamente más elevado.

La concentración de la industria en las grandes urbes constituye una agresión hacia el medio ambiente con gravísima alteración de los sistemas ecológicos, además de los trastornos de orden social que resultan de la acumulación de numerosos y heterogéneos núcleos de población. Es decir, se hace frente a lo que el historiador inglés Arnold Toynbee ha denominado el crecimiento irracional de las ciudades.

En la actualidad el país, al través de su legislación, ha dado la pauta para promover la industrialización mediante orientaciones y medidas que en caso de aplicarse con eficacia evitarán las graves consecuencias de un desarrollo irra-

cional y sin planificación.

México tiene ya en la actualidad problemas de contaminación ambiental de todo tipo que han producido graves daños, y que de no atacarse adecuadamente tal vez produzcan consecuencias irreversibles o tal vez difíciles de controlar y de abatir.

Como política especial del Gobierno Federal se ha considerado de vital importancia dar un gran impulso a la ciencia y a la tecnología con vistas a conseguir un desarrollo industrial pleno, pero que no contradiga las metas sociales que el régimen se ha trazado, ni trastorne irremediablemente el medio ambiente.

En la legislación mexicana se ve con toda claridad la mano del Gobierno Federal por fomentar lo que se denomina tecnología responsable; es decir una tecnología que no solo se preocupe por su avance y por los logros económicos derivados del mismo, sino que también se preocupe de su buen uso, entendiendo por tal el propiciar al hombre que concilie el desarrollo industrial con la conservación de los recursos naturales e incluso el fomento de estos últimos para obtener las condiciones más adecuadas para facilitar el desarrollo humano.

La descentralización industrial, distribuyendo las nuevas industrias en todo el territorio nacional, la racionalidad del uso del agua y un desarrollo industrial armonizado con el progreso general del país, son una de las principales metas que persigue el Gobierno Federal, y en caso de lograrse, nuestro país será capaz de dar a sus habitantes un medio ambiente que garantice la salud y el bienestar humano, al obtener la limpieza de la atmósfera, la productividad de los suelos y los recursos hidráulicos en perfecta disposición para todos sus usos.

Expuesto lo anterior, es necesario precisar en qué consisten las atribuciones de la Secretaría de Recursos Hidráulicos respecto de la función que le atañe en la prevención y control de la contaminación del agua.

Tanto la Ley de Secretarías y Departamentos de Estado, como la Ley Federal de Aguas han reiterado en sus disposiciones el concepto de que la Secretaría de Recursos Hidráulicos, como su nombre lo indica, es fundamentalmente la encargada de la administración, mejor uso, distribución y aprovechamiento más racional del agua en beneficio de la colectividad.

La Nueva Ley Federal de Aguas, al definir con toda precisión las atribuciones de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, muestran la preocupación muy especial del legislador de haber tomado en cuenta el avance de la tecnología hidráulica, el crecimiento de la población y sus nuevos hábitos, así como las tendencias de la civilización que demandan mayores caudales de agua y la imperiosa necesidad de que esta nueva legislación esté en concordancia con las disposiciones legales en materia sanitaria, de contaminación y agraria.

Destaca el citado cuerpo normativo la importante labor que debe realizar la Secretaría de Recursos Hidráulicos al construir las obras necesarias para la conservación e incremento de la fauna y flora acuáticas.

La fracción XIX del Artículo 17 de la Ley Federal de Aguas faculta a la Secretaría de Recursos Hidráulicos para regular la explotación, uso y aprovechamiento de las aguas residuales y las condiciones en que hayan de arrojarse a las redes conductoras, cuencas, cauces, vasos, depósitos y corrientes de agua, así como su infiltración, procurando evitar en todo caso la contaminación que ponga en peligro la salud pública y degrade los sistemas ecológicos del país, de--

biendo hacer esto último en coordinación con las Secretarías de Salubridad y Asistencia, Agricultura y Ganadería e Industria y Comercio.

En el párrafo segundo del artículo 5º de la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental, se señala la intervención que debe darse a la Secretaría de Recursos Hidráulicos en la prevención y control de la contaminación del agua, punto de vista que se afirma al especificar se en los artículos 14 y 15 que la misma Dependencia es la que debe dictar las medidas para el uso y aprovechamiento de las aguas residuales.

Finalmente, en el artículo 20 se vuelve a quedar definida la función que corresponde a la Secretaría de Recursos-Hidráulicos al señalar las facultades para supervisar las -- obras, instalaciones y aprovechamientos que puedan causar la contaminación del agua.

Para una mejor comprensión de todo esto, conviene analizar el reglamento vigente de la materia:

## REGLAMENTO PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE AGUAS

### CAPITULO I

En el capítulo primero del reglamento se especifican los siguientes conceptos:

- a) Objeto;
- b) Competencia;
- c) Concurrencia y coordinación, y
- d) Medidas fiscales de protección.

## OBJETO

El reglamento se ha considerado desde el punto de vista doctrinario como una norma o conjunto de normas jurídicas de carácter abstracto e impersonal que expide el Poder Ejecutivo en uso de la facultad propia y que tiene por objeto fa-cilitar la exacta observación de las leyes expedidas por el Poder Legislativo.

Por tanto, el reglamento sujeto a estudio tiene por - objeto proveer, en la esfera administrativa, la aplicación - de la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental en todo el Territorio Nacional en materia de contaminación de las aguas.

## COMPETENCIA

El concepto jurídico Competencia, ha sido definido - por los Tratadistas y por el Derecho Positivo Mexicano, como el conjunto de las atribuciones que corresponden a cada fun-cionario para conocer o intervenir en determinados asuntos, - ya por la naturaleza misma de las cosas o por razón de las - personas.

En las atribuciones otorgadas a la Secretaría de Re--cursos Hidráulicos en materia de contaminación, la Ley Fed-eral de Aguas y la Ley Federal para Prevenir y Controlar la -Contaminación Ambiental coinciden en determinar la competen-cia de la Secretaría de Recursos Hidráulicos de acuerdo con-los siguientes conceptos:

- a) La Secretaría de Recursos Hidráulicos es la administrado-ra de los acuíferos de propiedad nacional.
- b) Es la facultada para intervenir en todo aquello que con-cierne a la regulación del uso o aprovechamiento de las -

aguas residuales.

- c) Es la institución autorizada para resolver respecto de - las concesiones o permisos que se soliciten para la explo tación, uso o aprovechamiento de las aguas residuales.
- d) Es la dependencia oficial facultada para supervisar las - obras, instalaciones y aprovechamientos que puedan causar la contaminación del agua.

El Reglamento para la Prevención y Control de la Con- taminación de aguas no contradice lo sostenido por los orde- namientos anteriores, ya que concibe el control y prevención de la contaminación de agua como un plan de acción a cargo - de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, consistente en el- desarrollo de un proceso que dura en el tiempo y que desde - su inicio hasta su conclusión debe ser controlado y desahoga- do en casi todos sus aspectos por la Secretaría de Recursos- Hidráulicos, según lo dispone en los artículos 7, 8, 10, 11, 13, 16, 17, 24, 26.

Por lo tanto, la Secretaría de Recursos Hidráulicos - es la competente para conocer y concluir en su totalidad el- proceso que va desde la entrega al responsable de la descar- ga, pasando por las etapas que fija el reglamento de la mate- ria y cumpla con las condiciones que le fije en definitiva - a la descarga la misma dependencia.

#### CONCURRENCIA Y COORDINACION

En los ordenamientos que han sido materia de esta ex- posición se han establecido diferentes funciones en las que- se determina la intervención de la Secretaría de Recursos Hi- dráulicos de manera exclusiva; pero existen atribuciones de- la misma secretaría, para desempeñarlas, requiere la coordi- nación con otros órganos del Ejecutivo Federal.

La intervención de varios órganos del Estado en la realización de una misma actividad se debe fundamentalmente a que las atribuciones de las distintas secretarías y departamentos no son excluyentes unas de otras, sino complementarias. Es decir, cada institución Oficial al realizar sus funciones, lo hace en ejecución de un programa de trabajo que implica una mayor o menor coordinación con los otros órganos del Estado, desde luego cada uno de ellos en ejercicio de las facultades que le otorga la Ley de Secretarías y Departamentos de Estado y otros ordenamientos conexos, ya que la acción del Poder Ejecutivo no es fragmentaria, es integral.

Es tarea de la Secretaría de Recursos Hidráulicos impedir la contaminación del agua en todas sus formas, evitando con ello la degradación de los sistemas ecológicos.

La alteración de la ecología de una región puede traer como consecuencia el poner en peligro la salud pública, y por ello la Secretaría de Salubridad y Asistencia también tiene intervención en la prevención y control de la contaminación de los recursos hidráulicos del país.

Conscientes las instituciones oficiales y del sector privado que concurrieron a la redacción del reglamento, de la importante función de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, fijaron con toda claridad aquellos momentos en que dentro del proceso de la prevención y control de la contaminación del agua, deberá coordinarse con la Secretaría de Recursos Hidráulicos a fin de que esté en aptitud para evitarlos daños que puedan causarse a la salud pública.

La concurrencia de la Secretaría de Agricultura y Ganadería en la aplicación del reglamento que se ha venido comentando se impone en la medida de que al declinar la calidad de los sistemas ecológicos se mengua la riqueza agrícola



y forestal del país y se pone en peligro la supervivencia de las especies ganaderas, cuya conservación, aumento y mejora forman parte de las atribuciones de dicha dependencia.

La Secretaría de Industria y Comercio concurre en la prevención de la contaminación del agua por estar interesada en la fauna acuática del país, así como el fomento y desarrollo de la industria pesquera, por lo que colabora con las Secretarías anteriores para que la calidad del agua no se altere al contaminarse, sino que se conserve en condiciones óptimas para todos sus usos.

#### MEDIDAS FISCALES DE PROTECCION

La política fiscal del Gobierno Federal también toma parte activa en la lucha para abatir la contaminación en todos sus aspectos, buscando o promoviendo la descentralización industrial y procurando facilitar a las industrias establecidas y a las que en lo futuro se establezcan, la fabricación, adquisición e instalación de equipos y aditamentos que tengan por objeto evitar y controlar la contaminación del agua, por lo cual se da la debida intervención a las Secretarías de Hacienda y Crédito Público y de Industria y Comercio.

La Secretaría de Recursos Hidráulicos, siguiendo la atinada pauta que en este capítulo ha marcado la Secretaría de Salubridad y Asistencia, ha formulado un proyecto de acuerdo presidencial mediante el que se concede a los industriales nacionales los subsidios que precedan en razón de los equipos y aditamentos que importen con el objeto de controlar y combatir la contaminación del agua.

#### CAPITULO II

El capítulo segundo del reglamento habla de la prevención y control de la contaminación de aguas.

El análisis de este capítulo del Reglamento se hará únicamente desde el punto de vista jurídico, quedando para desarrollos profesionales y de ingeniería hidráulica exponer el aspecto técnico.

De acuerdo con lo ordenado en los artículos 7, 8, 10, 11, 13, 16, 17, 24 y 26 del reglamento, la Secretaría de Recursos Hidráulicos, al participar activamente en el proceso cuyo objeto es el control y prevención de la contaminación de aguas, tiene que realizar diversas actividades que se sintetizan en tres etapas:

#### Primera etapa

a) La redacción de la forma de solicitud para efectuar el registro de la descarga de agua residual.

b) Entregar a los responsables de las descargas de aguas residuales la solicitud de registro.

c) Registrar las descargas.

d) Exigir al responsable de la descarga el Informe Preliminar de Ingeniería.

#### Segunda etapa

La Secretaría de Recursos Hidráulicos regula el tratamiento primario de las aguas residuales, lo que implica hacer lo siguiente:

a) Recibir los avisos de los responsables de las descargas en los que conste que han dado cumplimiento a cada una de las etapas que se especifican en el Informe Preliminar de Ingeniería.

b) Exigir a los responsables de las descargas que cumplan con los requerimientos producto de la vigilancia.

### Tercera etapa

a) En coordinación con la Secretaría de Salubridad y Asistencia determinar las condiciones particulares para las descargas de aguas residuales, en función de las normas de calidad de los cuerpos receptores.

b) Como consecuencia de lo anterior, indicar a los responsables de las descargas las especificaciones que éstas deben tener para poder ser arrojadas a los cuerpos receptores.

c) Finalmente, exigir al responsable de la descarga que cumpla con las especificaciones a que se hizo mención en el inciso anterior.

Al realizar las funciones mencionadas en las tres etapas, la Secretaría de Recursos Hidráulicos dará a la de Salubridad y Asistencia la intervención correspondiente para que su ámbito de vigilancia de la salud pública actúe conforme a sus atribuciones, y en su caso ejercite la acción sanitaria.

## CAPITULO III

### MEDIDAS DE ORIENTACION Y EDUCACION

En este capítulo se destaca la coordinación que debe establecerse entre la Secretaría de Salubridad y Asistencia, de Recursos Hidráulicos, de Agricultura y Ganadería y de Marina, y los Departamentos de Asuntos Agrarios y Colonización y del Distrito Federal, para orientar y formar conciencia entre los usuarios del agua, sobre la necesidad de conservar, restaurar y mejorar su calidad y las formas de prevenir, con

trolar y abatir su contaminación a través del empleo de medidas prácticas que les permita participar en la solución de - ese problema.

En los artículos 30, 31, 32 y 33 del reglamento se habla de las comisiones consultivas, de una organización y de - sus funciones, especificándose entre ellas, como una de las - más importantes, la de opinar sobre la prevención y control - de la contaminación de los recursos hidráulicos en las diversas cuencas o regiones del país, así como la clasificación - del agua de los cuerpos receptores según su uso.

Los estudios y acuerdos de las comisiones serán dados a conocer a las Secretarías de Recursos Hidráulicos y de Sa - lubridad y Asistencia, a título de recomendaciones que serán aplicadas cuando así se considere pertinente, para efecto de prevenir y controlar la contaminación de los acuíferos del - país.

En el artículo 39 del mismo Reglamento se establece - que las cámaras de industria, las nacionales de comercio, - así como sus respectivas confederaciones, coadyuvarán con - las autoridades orientando a sus asociados respecto de las - medidas que deben adoptar para la prevención y control de la contaminación del agua y para la conservación y restauración de su calidad.

#### CAPITULO IV

#### LOS TERMINOS

El Derecho Positivo Mexicano presenta dos sistemas de iniciación de la vigencia de las Leyes y Reglamentos: el su - cesivo y el sincrónico.

El artículo 30 del Código Civil del Distrito y Terri-

rios Federales ordena que: las leyes, reglamentos, circulares o cualesquiera otras disposiciones de observancia general obligan y surten sus efectos tres días después de su publicación en el "Diario Oficial". En los lugares distintos del día en que se publique el periódico oficial para las leyes, reglamentos, etc., para que se reputen publicados y sean obligatorios, se necesita que además del plazo que fija el párrafo anterior, transcurra un día por cada cuarenta kilómetros de distancia o fracción que exceda de la mitad.

La regla especificada en el artículo anterior es la que corresponde a la vigencia sucesiva.

En este sistema, si se trata de fijar la fecha de la vigencia de la norma en el mismo lugar en que se publique, se aplica la primera parte del precepto, es decir, la norma estará vigente a los tres días después de su publicación.

Respecto a aquellos lugares distintos a aquel en que la norma se haya publicado, la vigencia deberá contarse a razón de un plazo de un día más por cada cuarenta kilómetros de distancia o fracción en que exceda de la mitad.

El sistema de vigencia sincrónico consiste en que en la misma ley se fija el día en que debe comenzar a regir. Este sistema se funda en lo dispuesto por el artículo 4º del mismo Código Civil.

La fecha más importante del Reglamento para el Control y Prevención de la Contaminación de Aguas es la que corresponde a determinar el día de inicio de la vigencia de dicho reglamento. En el mismo ordenamiento se expresa que su vigencia principiará a partir de sesenta días después de la fecha de su publicación en el Diario Oficial de la Federación. En consecuencia, la única circunstancia que falta por-

determinar es si los sesenta días a los que se refiere el reglamento deben considerarse naturales o hábiles.

La Dirección General de Asuntos Jurídicos de la Secretaría de Recursos Hidráulicos hizo un estudio sobre el particular y concluyó que los días del plazo mencionado deben considerarse naturales y por lo tanto el Reglamento para la Prevencción y Control para la Contaminación de Aguas está vigente a partir del día veintiocho de mayo de mil novecientos setenta y tres en todo el país, siguiendo con ello el sistema-de vigencia sincrónico.

En reiteración del anterior criterio, todos aquellos-plazos de que se habla en el reglamento que se estudia deben ser contados por días naturales, con excepción de aquellos -casos a los que se refieren los artículos 56, 57, 61, 63 y -64, en los que expresamente se especifica que se trata de -días hábiles.

#### DEFINICIONES

El artículo 70 del Reglamento para la Prevención y -Control de Contaminación de Aguas define los siguientes conceptos:

- 1.- Aguas residuales.
- 2.- Aguas residuales de usos puramente domésticos.
- 3.- Basura u otros desechos humanos.
- 4.- Capacidad de asimilación.
- 5.- Capacidad de dilución.
- 6.- Clasificación de las aguas superficiales.
- 7.- Condiciones particulares de las descargas de aguas residuales.

- 8.- Cuerpo receptor.
- 9.- Descarga.
- 10.- Descarga existente.
- 11.- Estuario.
- 12.- Informe preliminar de Ingeniería.
- 13.- Registro de descarga.
- 14.- Responsable de la descarga.
- 15.- Sistemas de alcantarillado.
- 16.- Trabajos externos.
- 17.- Trabajos internos.
- 18.- Tratamiento o purificación de las aguas residuales.

El ilustre tratadista Gabino Fraga ha considerado el reglamento desde el punto de vista formal como un acto administrativo; pero desde el punto de vista material con características idénticas a la ley, disfrutando por ello del imperio que a esta corresponde. En efecto, el mismo tratadista afirma que la norma de derecho es una norma imperativa, lo que implica la orden de someterse a sus disposiciones.

Al haberse concluido que desde el punto de vista de su obligatoriedad la ley y el reglamento tienen el mismo rango, deben considerarse que las definiciones formuladas por el Reglamento que se comenta son obligatorias, es decir, que independientemente de su exactitud científica o de la precisión gramatical con que se encuentren redactadas, todos se obligan a respetar dichas definiciones. Es decir, se trata de normas declarativas cuya autoridad radica en tener lo definido por obligatorio.

## VIGILANCIA E INSPECCION.

En este capítulo se faculta expresamente a las Secretarías de Salubridad y Asistencia y Recursos Hidráulicos para que dentro de sus correspondientes ámbitos de competencia vigilen el cumplimiento de las disposiciones de la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental en lo referente al agua y las de este reglamento.

A la Secretaría de Recursos Hidráulicos se le ordena que vigile que las descargas de aguas residuales se ajusten a lo establecido en la tabla número uno contenida en el mismo reglamento, así como que controle que los responsables de las descargas cumplan con las condiciones particulares que en cada caso se les fijen.

Como corolario de lo anterior, se faculta también a la Secretaría de Recursos Hidráulicos para que ejerza la vigilancia de las obras o instalaciones para prevenir y controlar la contaminación del agua, estando obligados los encargados o propietarios de las obras o instalaciones a permitir su inspección, según se desprende de lo previsto en los artículos 40, 41, 42 y 43 del Reglamento que se ha venido citando.

En caso que la Secretaría de Recursos Hidráulicos advierta que las descargas de aguas residuales ponen en peligro la salud pública, dará la debida intervención a la Secretaría de Salubridad y Asistencia, de acuerdo por lo dispuesto en el párrafo segundo del ya citado artículo 41.

En el resto del articulado relativo a este tema se ordena que las visitas de inspección solamente se practicarán previa orden escrita y por personal de las secretarías antes mencionadas.

Se establece como caso de excepción la casa habitación salvo que exista certeza sobre uso distinto al de habitación o sobre simulación del uso convenido y dado al inmueble.

## CAPITULO V

### SANCIONES

Las sanciones que impone el reglamento consisten en multas de diversa cuantía, según el tipo de infracción, clausura u ocupación temporal.

En el caso de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, una vez que el inspector comisionado para tal efecto presente el acta de inspección a la oficina competente, se procederá a determinar si hay lugar a sancionar al responsable, así como la naturaleza de la sanción que habrá de imponérsele, lo que propiamente constituye la calificación de la infracción.

En caso de que en la calificación se declare que hubo infracción se otorgan al infractor treinta días hábiles para que formule su defensa por escrito, rinda pruebas y alegue lo que a su derecho convenga.

En los términos de la fracción XI del artículo 24 del Reglamento Interior de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, corresponde a la Dirección General de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación, llevar a cabo todo el trámite relativo a la imposición de sanciones.

La resolución en la que se declare que una persona jurídica ha incurrido en las sanciones previstas en los artículos 51, 52, 53 y 54 del reglamento, debe ser fundada, motiva

da y pronunciada por el Secretario de Recursos Hidráulicos.

El arbitrio que rige la aplicación de las sanciones - cuando éstas preven un máximo y un mínimo, deberá tomar en cuenta las siguientes circunstancias:

- I. El carácter intencional o imprudente de la acción u omisión.
- II. Las consecuencias que la contaminación origine, según el daño que cause o peligro que provoque.
- III. Las condiciones económicas del infractor; y
- IV. La reincidencia.

Como excluyente de responsabilidad del infractor, el reglamento prevé el caso fortuito o la fuerza mayor.

## CAPITULO VI

### RECURSO ADMINISTRATIVO DE INCONFORMIDAD.

El Recurso Administrativo se ha definido por la Doctrina como un medio legal del que dispone el particular afectado en sus derechos o intereses por un acto administrativo-determinado para obtener en los términos legales de la Autoridad Administrativa lo que revoque, lo anule o lo reforme - en caso de encontrar comprobada la ilegalidad o la inoportunidad del mismo.

La misma doctrina ha considerado como elementos específicos del recurso administrativo los siguientes:

- 1.- La existencia de una resolución administrativa que afecte un derecho o un interés legítimo del recurrente.
- 2.- Que se precise en la ley o reglamento qué Autoridad Admi

nistrativa debe conocer del recurso.

- 3.- El término para interponerlo.
- 4.- Los requisitos de forma y elementos que deben de incluir se en el escrito mediante el que se formule el recurso.
- 5.- La fijación de un procedimiento para su tramitación.
- 6.- La obligación de la autoridad que conozca del recurso, - de resolverlo.

El recurso Administrativo de Inconformidad regulado - por los artículos del 61 al 65 del reglamento concede al infractor la posibilidad de combatir la sanción que se le haya impuesto, y como se desprende de los mismos preceptos, si se trata de un auténtico recurso administrativo, ya que su interposición, trámite y resolución incluyen todos los elementos anteriormente enumerados.

El Recurso Administrativo puede considerarse desde el punto de vista formal como un acto administrativo; pero desde el punto de vista material es un acto jurisdiccional.

El Recurso debe interponerse por escrito, ofreciendo las pruebas respectivas, pero en ningún caso se admiten pruebas distintas a las que se ofrecieron y desahogaron durante la tramitación del procedimiento, que culmina con la aplicación de la sanción, a no ser que hubieran sido deshechadas - indebidamente o no hayan sido desahogadas o perfeccionadas - por motivos no imputables al oferente.

El término probatorio será de quince días. En seguida se dictará resolución fundada y motivada, dentro del término de treinta días hábiles, que se notificará al interesado personalmente o por correo certificado con acuse de recibo.

La resolución mediante la cual se falle el Recurso Administrativo de Inconformidad en el caso de la Secretaría de Recursos Hidráulicos debe pronunciarla el titular de la misma, según se desprende de lo establecido por el artículo 64-del instrumento legal y que en su parte conducente dice: "Admitido el recurso y en su caso desahogadas las pruebas, el -Titular de la Dependencia dictará resolución fundada y motivada dentro de un término de 30 días hábiles".

#### ACCION POPULAR

El Ejecutivo de la Unión, consciente de que el fenómeno de la contaminación afecta a todos los sectores de la población, ha instituido la acción popular para que cualquier persona que advierta la existencia de alguna de las fuentes de contaminación especificada en los ordenamientos que fueron materia de esta ponencia, la denuncien a fin de que las autoridades competentes dicten y ejecuten las medidas técnicas y legales que procedan en cada caso, lo que se hará saber al denunciante como reconocimiento a su espíritu cívico.

Dicho lo anterior y considerando el impacto que traería el no actuar en forma ordenada y pronta, no cabe duda de la ejecución del proyecto, no tan solo por cumplir con esta legislación, sino por conciencia y deseo del bienestar común para nuestra generación y generaciones futuras.

CAPITULO III  
PREPARATIVOS DEL PROYECTO

NORMAS OFICIALES DE MUESTREO Y ANALISIS.

Por ser estas normas el instrumento con el cual las dependencias gubernamentales (S.M.A., S.R.H., etc.) verifican el cumplimiento del Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas, se hace necesario conocerlas.

Para tal fin y como aparecieron en el Diario Oficial de la Federación, se consiguen las publicaciones de los días 25 de septiembre y 27 de noviembre de 1973, siendo el primero en el cual se publicaron las normas oficiales siguientes:

"Determinación de Grasas y Aceites en Aguas Residuales"  
DGN - AA - 5 - 1973.

"Determinación del pH de las Aguas Residuales"  
DGN - AA - 8 - 1973.

"Determinación de Sólidos Sedimentables en Aguas Residuales"  
DGN - AA - 4 - 1973.

y en el segundo:

"Determinación de Materia Flotante en Aguas Residuales"  
DGN - AA - 6 - 1973.

"Determinación de la Temperatura en Aguas Residuales"  
DGN - AA - 7 - 1973.

"Método de Muestreo de Aguas Residuales"  
DGN - AA - 3 - 1973.

Con estos métodos de prueba se conoce el equipo y materiales necesarios para efectuar dichas pruebas y se puede-

estimar el grado de especialización que debe tener el analista que los podrá efectuar, datos todos que nos sirven para evaluar todas y cada una de las alternativas posibles para obtener los resultados de estos análisis.

El material necesario para efectuar estos análisis se dá a continuación en una forma en que se puede controlar su pedido, recepción y control del mismo:

LISTA DEL MATERIAL NECESARIO PARA EFECTUAR LOS ANALISIS DE -  
LOS 5 PARAMETROS.

PLANTA: \_\_\_\_\_

ANALISIS	CANTIDAD	DESCRIPCION DEL MATERIAL
G y A.	( )	Aparato Soxhlet de 125 ml completo.
	( )	Dedales para extracción Whatman Box.
	( )	Embudo Buchner de porcelana (109-926).
	( )	Tela de Muselina para discos filtrantes de 12.5 cm de diámetro.
	( )	Papel filtro Whatman No. 40 de 12.5 cm de diámetro.
	( )	Matraz Kitazato de 2 000 ml (Pyrex).
	( )	Tapón de hule No. 9.
	( )	Vidrio de reloj de 12.5 cm de diámetro.
	( )	Perlas de vidrio de 3 mm de diámetro.
	( )	Parrilla de plancha caliente.
	( )	Tierra de Diatomáceas.

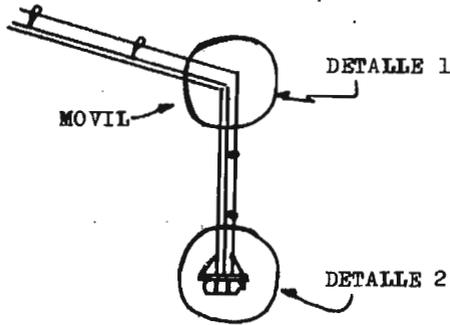
- ( ) Tubo de conexión de entrada 24/40 para-  
matraz de Soxhlet y refrigerante Gra- -  
ham.
- ( ) Condensador Graham de 300 mm de longi--  
tud.
- ( ) Pinzas para Crisol.
- ( ) Fuente de vacío (bomba o eyector).
- ( ) Desecador con deshidratante (sílica gel)
- ( ) Estufa de aire caliente con control de-  
temperatura de 110 a 125°C.
- ( ) Balanza analítica con sensibilidad de -  
0.0001 g
- ( ) Acido Clorhídrico concentrado.
- ( ) Acido Sulfúrico concentrado.
- ( ) n - Hexano.
- S S. ( ) Cono Imhoff de 1 000 ml (KYMAY 238-907)
- ( ) Cono Imhoff de 1 000 ml (NALGENE 246-835)
- ( ) Soporte de tres plazas para conos - -  
Imhoff.
- M F. ( ) Criba de 3 mm de claro libre cuadrado -  
de alambre de 1.1 mm de diámetro de ace-  
ro inoxidable, de 20.3 cm de diámetro.
- T. ( ) Termómetro de -10 a 110°C con gama de -  
0.1
- p H ( ) Medidor de pH (pontenciómetro) de 0 a -  
14 con gama de 0.1 unidades de pH.

- ( ) Tartrato ácido de potasio.
- ( ) Citrato monopotásico.
- ( ) Fosfato monopotásico.
- ( ) Fosfato monosódico.
- ( ) Ftalato ácido de potasio.
- ( ) Tetraborato de sodio decahidratado.
- ( ) Bicarbonato de sodio.
- ( ) Carbonato de sodio.
- ( ) Dioxalato monopotásico dihidratado.
- ( ) Hidróxido de calcio.
- ( ) Agua destilada (2 microhms).
- TODOS ( ) Extensión para muestreador según dise--  
ño.
- ( ) Recipiente de vidrio de 4 l (boca an--  
cha)
- ( ) Recipiente de vidrio de 1 l (boca an--  
cha)
- ( ) Etiquetas.

R E C I B I : \_\_\_\_\_  
Nombre y Firma.

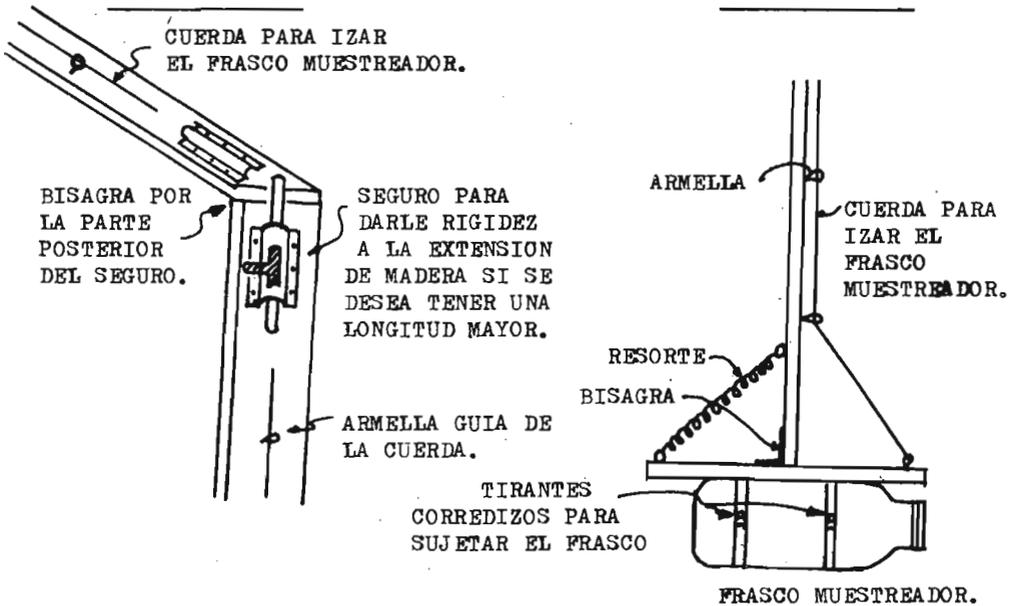
F E C H A : \_\_\_\_\_

EXTENSION PARA MUESTREADOR.



DETALLE 1

DETALLE 2



## DETERMINACION DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.

El muestreo constituye un punto básico para obtener resultados representativos de lo que se desee analizar, por tal motivo es necesario seguir una estrategia para localizar los puntos de muestreo.

El primer punto de muestreo está al final de la descarga general de cada planta, es decir, en el punto inmediato anterior al límite del predio, para conocer la calidad del efluente total de descarga a la salida de la planta.

Se puede aprovechar en este caso el equipo de medición de flujo que se tenga instalado a la salida de cada descarga y que pueden ser medidores del tipo Parshall, Vertedero u otro cuya accesibilidad al muestreo sea recomendable, teniendo así un punto donde los muestreos se pueden efectuar adecuadamente para obtener resultados representativos de la descarga.

En el caso de salidas de fosas sépticas o de sanitarios y regaderas, en los cuales no se cuenta con medidores de flujo y se tiene un drenaje separado del industrial, el primero y único punto se localiza casi al final del predio para obtener las características de descarga que tienen esas aguas antes de salir de la planta.

Los puntos de muestreo varían de acuerdo a los resultados obtenidos durante el programa de muestreo y análisis, por lo que podemos sugerir que todos los resultados que se vayan obteniendo se estudien para localizar el origen de todos y cada uno de los contaminantes y evitar que lleguen al drenaje para así tener un efluente que requiera del mínimo tratamiento o si es posible, que prescinda de él, lo cual

constituye un ahorro considerable.

Para encontrar estas fuentes de contaminación se debe conocer el uso que se le dá al agua para pensar en la posible calidad del agua descargada en cada uno de los procesos de la planta. Debe contarse con un plano del drenaje para que en los casos en los que se detecten contaminantes específicos que afecten a todo el efluente, se lleve a cabo un programa de muestreo y análisis en la salida de aquellos drenajes en los que se tenga la certeza de que son las fuentes de contaminación y se verifiquen por medio de análisis.

Además se debe contar con la ayuda del jefe de producción del área o de cualquier otra persona que conozca el proceso para que se estudie el caso y comprobar si el contaminante se debe a una emergente del proceso en sí o a una mala operación, la cual si se evita puede redundar en un ahorro por tratamiento si se elimina el contaminante por un cambio en el proceso o en una modificación del mismo.

Debe considerarse que hasta hace algunos años el agua era barata y su uso aún sigue siendo indiscriminado, pues este líquido se usa para agua del proceso, agua de enfriamiento, agua para vapor y agua para lavados, siendo este último uso en el que se nota la indiferencia para evitar su desperdicio, y es donde se debe tener más cuidado, ya que esta agua cruda por no dársele tratamiento y no tener un uso crítico, se desconoce la cantidad y la frecuencia con la que se usa y la calidad que tiene una vez usada en lavado de pisos, equipo, etc.

Habrá ocasiones en las que el lavado de equipo requiera de menos agua, debiéndose determinar esa cantidad y pensar en su destino final: se trataría para tirarla o para usarla de nuevo. Estas dos alternativas se deben evaluar eco

nómicamente.

Definitivamente algunos lavados de piso no requieren del arrastre con agua y se puede eliminar este uso concientizando al personal para que use escoba, aspiradora o jerga humedecida; con ésto se tendrá un uso racional del agua, y aun que la calidad de esta agua está sujeta a caracterizarla mediante análisis para saber en qué grado está contaminada, se puede decir que:

- 1.- Si no está contaminada, debe tener un drenaje separado - del que está contaminado para evitar tratar un volumen - mayor de agua, o
- 2.- Puede estar en el mismo drenaje aprovechando con esta - agua la dilución de otros contaminantes.

Esta última opción carece de la conciencia de lo que es la contaminación pero se puede evaluar para decidir sobre la utilización del agua.

#### PROGRAMA DE MUESTREO Y ANALISIS.

Este programa de muestreo y análisis se establece con siderando los siguientes puntos:

- 1.- Duración y frecuencia de cada descarga residual.
- 2.- Tiempo necesario para efectuar cada uno de los análisis - de una corrida (por descarga y por planta).
- 3.- Tiempo necesario para tomar las muestras de una corrida.
- 4.- Accesibilidad al punto de muestreo.
- 5.- Disponibilidad del personal de laboratorio de cada plan-

ta para efectuar el muestreo y análisis.

6.- Horario en que la calidad y el flujo del agua son representativos.

Una vez estudiadas estas consideraciones, el programa se establece en dos etapas o ciclos:

Etapa o Ciclo de las horas pares.- En este ciclo se muestrea en todas las horas pares del turno o turnos en que opera la planta.

Etapa o Ciclo de las horas nones.- En este ciclo se muestrea en las horas nones del turno o turnos en que opera la planta.

Con estos dos ciclos se tiene la caracterización de cada efluente por horas, las veinticuatro horas del día; -- pues los análisis siguen al muestreo.

Los análisis que se efectúan en el laboratorio son -- las determinaciones de pH, grasas y aceites y sólidos sedimentables, puesto que la determinación de temperatura y materia flotante debe hacerse en el campo.

#### ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS PARA LA OBTENCIÓN DE LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS.

Alternativa 1.- Muestreo y análisis por el personal -- de cada planta.

Ventajas:

1.- Resulta más económica.

2.- El personal analiza las muestras y detecta el origen del

contaminante, reportándose con los datos en el reporte - de cada quincena.

- 3.- El personal por estar todo su turno en la planta mues--- trea cada día a la hora fijada y en los casos en que a - esa hora no se registre flujo, regresa para muestrear al regularizarse el flujo y reporta sus observaciones junto con los resultados.
- 4.- Representa una inversión en equipo y material de labora- torio ya que puede establecerse un programa permanente o semipermanente de muestreo y análisis para comprobar la- calidad del agua descargada.
- 5.- Teniendo este programa en la planta, al obtenerse resul- tados anormales, el personal encargado puede tomar inme- diatamente las medidas necesarias para restablecer y aún mejorar las condiciones de operación.

#### Desventajas:

- 1.- Parte del material necesario no lo hay en existencia y - se debe importar lo cual constituye un retraso de tiem-- po.
- 2.- Puede no haber personal disponible en cada planta para - que efectúe el muestreo y análisis.
- 3.- Requiere de instrucción al personal sobre los métodos de análisis.
- 4.- Gran parte del costo del proyecto es una erogación inme- diata por la compra del material.

Alternativa 2.- Análisis de las muestras en un laboratorio - central en una de las plantas o fuera de -- ellas.

### Ventajas.-

- 1.- El personal que se requiere para que efectúe los análisis es menor comparado con el personal necesario por planta de todas las plantas. Se reduce el costo de gasto por analista.
- 2.- Se reducen las cantidades de material de laboratorio, por adquirir; que si se adquiriera para cada una de las plantas, resultando más económica por compra de material que la alternativa 1.

### Desventajas.-

- 1.- Dificultad para hacer llegar las muestras diarias al laboratorio.
- 2.- Posible acumulación de muestras por analizar afectando los resultados en los análisis y/o atrasando los reportes quincenales de resultados.
- 3.- Persiste la desventaja de que parte del material no lo haya en existencia, y se tenga que importar o contratar su fabricación, lo que ocasiona un retraso.
- 4.- Su costo es mayor a la alternativa 1, considerando los gastos por transporte de muestra.
- 5.- En el caso de que sea un laboratorio rentado, el costo de la alternativa se incrementa por renta y posiblemente por la adquisición de material común de laboratorio no especificado por las normas de muestreo y análisis.
- 6.- La información de resultados al grupo de control será más tardía comparada con la alternativa 1.

Alternativa 3.- Análisis de las muestras en un laboratorio-especializado.

Ventajas.-

- 1.- Se aprovecha la experiencia y el equipo del laboratorio-para efectuar los análisis.
- 2.- El personal del laboratorio puede muestrear y analizar.

Desventajas.-

- 1.- Constituye un alto costo comparado con la alternativa - No. 1 considerando el número de los análisis necesarios-para caracterizar cada descarga.
- 2.- El costo aumenta por transporte de muestras por analizar de la planta al laboratorio.
- 3.- Todo trabajo de laboratorio cuesta tanto análisis, como-muestreo y transporte de muestras.

CAPITULO IV  
DESARROLLO DEL PROYECTO

SELECCION DE ALTERNATIVAS.

Una vez evaluadas las alternativas anteriores, se selecciona la primera de ellas que ofrece más ventajas y se considera la más adecuada para los fines que persigue este proyecto y que son:

- 1º Conocer el grado de contaminación de efluentes.
- 2º Conocer el origen de los contaminantes en su caso.
- 3º Mejorar, corregir o eliminar operación (es).
- 4º Evaluar el tratamiento de:
  - a) Efluente total.
  - b) Efluente por separado.
  - c) Corregir en las fuentes de contaminación.
- 5º Implantar el tratamiento más adecuado y viable con miras a un reuso del agua tratada.

ADQUISICION Y RECEPCION DE EQUIPO Y MATERIAL NECESARIO PARA-  
CADA PLANTA.

Una vez seleccionada la alternativa se hacen los pedidos del material para cada laboratorio y en los casos en los que el material no se halla en existencia, y/o los tiempos para su entrega son muy largos, se consigue tenerlos a tiempo contratando su elaboración. Tal es el caso de la "Extensión del Muestreador" que se diseña y se manda hacer por no tener en el mercado algo similar de tan bajo costo. Un dibujo de esta extensión se vió en la figura III.1.

El material necesario para cada una de las plantas es enviado a la planta respectiva, en la forma que se tiene para el caso, en donde se anota la cantidad de cada material - enviado, firmándose de recibida y anotando la fecha de entrega para su control.

#### PROCEDIMIENTOS PARA MUESTREAR, ANALIZAR Y REPORTAR.

Con el objeto de entrenar al personal de cada planta-encargado de muestrear, analizar y reportar los resultados - de los análisis, se hace uso del folleto "NORMAS OFICIALES - DE MUESTREO Y ANALISIS DE LABORATORIO PARA AGUAS RESIDUALES", que contiene los métodos de muestreo y análisis del Diario - Oficial de la Federación de los días 25 de septiembre y 27 - de noviembre de 1973, y que corresponden a los 5 parámetros- que habla el artículo 13 del Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas en su tabla No. 1 de - "Máximos Tolerables". Se surte un folleto por planta para - que el personal lo estudie y tan pronto se reciba el mate- - rial se inicie el programa.

Además se diseñan e imprimen: "Hojas de reporte de - Análisis y Flujo de Aguas Residuales" cuyo formato se ve en la figura IV.1 y en el cual se concentra la información de:

- a) Identificación de la descarga.
- b) Fecha y hora de cada muestreo y quién lo hizo.
- c) Que flujo había en el momento del muestreo.
- d) Resultados de los análisis de los 5 parámetros y quién lo efectuó.
- e) Observaciones.

Este último punto reviste vital importancia, porque -

figura IV.1

HOJA DE REPORTE DE ANALISIS Y FLUJO DE AGUAS RESIDUALES

PLANTA \_\_\_\_\_ QUINCENA DE \_\_\_\_\_

1a. ó 2a. (mes)

DESCARGA NUM. \_\_\_\_\_ LOCALIZADA EN \_\_\_\_\_

DIA	HORA	FLUJO (l/min)	TEMP °C	MATERIA FLOTANTE (g/l)	SOLIDOS SEDIM. (ml/l)	pH	GRASAS Y ACEITES (mg/l)	OBSER- VACIO- NES.	NOMBRE DEL MUES TREADOR	NOMBRE DEL ANA- LISTA.
								A		
								B		
								C		
								D		
								E		
								F		
								G		
								H		
								I		
								J		
								K		
								L		
								M		
								N		
								O		

$\sum X$										
N										
$\bar{X}$										
$\sum X^2$										
S										
$\bar{X} + 2S$										
$\bar{X} - 2S$										

\* Anote las observaciones al reverso.

las observaciones del muestreador y del analista servirán de guía para detectar el origen del contaminante de acuerdo con la hora y la fecha en que se muestrea, y además permite ver la frecuencia de descargas (contaminadas o no), pues en los casos en que a la hora programada no se registre flujo el muestreador no toma muestra, y regresa posteriormente hasta que haya descarga para poder muestrear el agua descargada (no agua estancada) y anota la hora del muestreo y las anotaciones pertinentes, entre ellas el tiempo en que no hubo flujo, su causa y qué apariencia tenía el agua al ser muestreada.

Estos reportes son quincenales y al final de ellos vienen columnas para calcular los datos de promedio y desviación típica por parámetro para conocer el comportamiento de cada descarga, siendo así más fácil detectar los cambios que sufra la descarga o su frecuencia o detectar fallas de operación.

Estos datos son:

$\sum X$  = Suma de datos.

$N$  = Número de datos.

$\bar{X}$  = Promedio.

$\sum X^2$  = Suma de datos al cuadrado.

$S$  = Desviación típica.

$\bar{X} \pm 2S$  = Promedio  $\pm$  2 veces la desviación típica.

Estos datos se concentran en una "Hoja de Concentración" por descarga; en la cual se puede ver el comportamiento de cada una de las descargas por quincena y global hasta la fecha.

Como la caracterización de la descarga es un medio para detectar las fuentes de la contaminación, la entrega puntual de los reportes y la veracidad de los resultados que en ellos aparecen, revisten vital importancia.

Una hoja de concentración de datos por descarga, se ve en la figura IV.2 y en ella aparecen las columnas para mes y quincena, y global (total hasta ese mes inclusive) de los datos que se reportan en las "Hojas de Reportes de Análisis y Flujo de Aguas Residuales".

Una vez recibido el material y equipo necesarios para efectuar el muestreo y análisis de las descargas, se monta el equipo y se entrena al personal encargado de efectuar tanto el muestreo como el análisis para que procedan de acuerdo a las normas oficiales mencionadas, se les surte de "Hojas de Reportes de Análisis de Flujo de Aguas Residuales" y se les explica la manera de llenarlas como sigue:

- 1.- Planta: Nombre de la Planta.
- 2.- 1a. o 2a. quincena del mes: Anotar el mes y quincena.
- 3.- Descarga número: Anotar el número de descarga si es que tiene más de una o "única" si es una sola.
- 4.- Localizada en: Anotar la localización que permita identificarla.
- 5.- Día: Anotar número de día.
- 6.- Hora: Anotar hora en que se muestrea. Es importante recordar que si a la hora programada no había flujo, el muestreador investiga la causa de esa falta de flujo y debe volver a muestrear posteriormente una vez reiniciado el flujo, anotando la hora en que muestrea y en el reverso de la hoja anota las observaciones identificando ese día con la letra que le corresponda, en los cuales incluye: hora programada, causa por la que no se mues-

DESCARGA:

AÑO:

MES	FLUJO (LPM)				TEMPERATURA (°C)				MATERIA FLOTAANTE (g/l)				SOL. SEDIM. (ml/l)				pH				GRASAS Y Ac. (mg/l)									
	N	Σ	$\bar{x}$	$\bar{x} \pm 2s$	Z <sup>2</sup>	N	Σ	$\bar{x}$	$\bar{x} \pm 2s$	Z <sup>2</sup>	N	Σ	$\bar{x}$	$\bar{x} \pm 2s$	Z <sup>2</sup>	N	Σ	$\bar{x}$	$\bar{x} \pm 2s$	Z <sup>2</sup>	N	Σ	$\bar{x}$	$\bar{x} \pm 2s$	Z <sup>2</sup>					
E																														
N																														
1																														
2																														
TOT																														
F																														
E																														
1																														
2																														
TOT																														
M																														
A																														
R																														
TOT																														
A																														
B																														
TOT																														
M																														
A																														
TOT																														
J																														
J																														
N																														
TOT																														
J																														
U																														
L																														
TOT																														
A																														
G																														
D																														
TOT																														
S																														
E																														
P																														
TOT																														
O																														
C																														
T																														
TOT																														
N																														
O																														
V																														
TOT																														
D																														
I																														
C																														
TOT																														
TOT																														

Figura IV.2

treó a esa hora (por qué no hubo flujo o por qué estaba obstruído) y cómo estaba el flujo al ser muestreada, etc.

- 7.- Flujo (l/min).- Tomar las medidas del pozo Ha si se trata de un vertedero o bien Ha y Hb si es una Parshall, - con estos datos y con las curvas de flujo se obtiene el flujo en ese momento. En caso de contar con otro sistema o método de medición de flujo, usarlo y anotar las lecturas de flujo al muestrear.
- 8.- Temperatura (°C).- Anotar la lectura con aproximación de 0.1°C.
- 9.- Materia flotante (g/l).- Como en este caso el máximo tolerable de materia flotante, de acuerdo al reglamento de la materia, es: "Ninguna que pueda ser retenida por malla de 3 mm de claro libre cuadrado", conviene anotar el dato de concentración de aquella materia flotante retenida por la malla, ésto es: se toma una muestra de aproximadamente cuatro litros, de acuerdo con el método de análisis y se hace pasar todo lo colectado por la malla, y lo retenido se pesa (con balanza analítica con aproximación de 0.0001 g) y se divide por el volumen de muestra usado, estos son los datos que se anotan en la hoja de reporte y que sirven para el diseño del equipo para eliminar la materia flotante. Resulta prudente aclarar que en caso de no encontrar materia flotante, la concentración es -- 0.0 g/l y deben anotarse lo mismo en las observaciones del día como el origen del mismo.
- 10.- Sólidos sedimentables (ml/l).- Se anota el resultado obtenido teniendo cuidado de que el cono Imhoff usado - - asiente perfectamente perpendicular al piso en la base a soporte idóneo. En los casos en que en la descarga se - tenga gran cantidad de sólidos (>40 ml) se sugiere usar un cono Imhoff con la graduación adecuada o bien marcar el volumen de sólidos en el cono para posteriormente afo

rar hasta esa marca y anotar el volumen. De estas dos - sugerencias se recomienda la primera de ellas.

- 11.- pH.- Se anota el valor del pH con aproximación de 0.1.
- 12.- Grasas y aceites (mg/l).- Se anota el resultado del aná lisis y se tiene en cuenta, desde la compra del mate- - rial, la cantidad de materia flotante y/o a los sólidos sedimentables para el tamaño del extractor Soxhlet, y - por supuesto de los cartuchos de extracción, porque pu- - diera ser que un extractor que usa dedales o cartuchos- de extracción de 25 x 80 mm resulte insuficiente para - contener el filtro y lo filtrado en el cartucho y no se pueda usar la cantidad de agua de muestra especificada- en la norma oficial que es de un litro y esto pueda aca rrrear errores de cálculo o errores de anotación en la - hoja de reportes.
- 13.- Observaciones.- Se tiene una letra para cada muestreo y análisis con la cual se identifica el día. Estas obser- vaciones son en el reverso de la hoja y se anotan prime ro la letra de identificación y a continuación las ob- servaciones que se tengan de ese muestreo y análisis.
- 14.- Nombre del muestreador.- Se escribe el nombre o inicia- les del muestreador.
- 15.- Nombre del analista.- Se escribe el nombre o iniciales- del analista.

Estas dos últimas columnas sirven para identificar a- quienes hacen las observaciones y se responsabilizan de - - ellas.

Al principio del programa se deben analizar los datos diarios del mismo para detectar y comprobar las causas de - los valores que se hayan obtenido y que se puedan obtener y- hacer un listado.

En la primera quincena se envía el reporte al responsable del proyecto para su control, y éste llena la segunda parte de la hoja de reporte, que consiste en:

$\Sigma X$  = Suma de datos.- la suma de los datos por parámetros.

$N$  = Número de datos por parámetro.

$\bar{X}$  = Promedio de los datos recibidos.

$\Sigma X_i^2$  = Suma de los cuadrados de los datos recibidos.

$$S = \text{Desviación Típica} = \sqrt{\left(\frac{\Sigma X_i^2}{N}\right) - \left(\frac{\Sigma X_i}{N}\right)^2}$$

$\bar{X} \pm 2 S$  = Promedio más - menos dos veces la desviación típica, lo cual nos da un nivel de confianza del -- 95.45% dado por una medida de centralización o - promedio ( $\bar{X}$ ) y la desviación o dispersión de esos datos con respecto al promedio, que finalmente - indica qué variaciones podemos encontrar en los datos o dicho de otra forma: el ámbito en que po demos esperar que varíe el parámetro medido cu-- yos datos se utilizan para obtener dicho nivel - de confianza.

Se anotan solo los datos mayores de cero; no se anotan los valores negativos.

Con todos estos datos se caracteriza la descarga, y - todo cambio que pudiera presentarse durante el programa se - puede apreciar.

Es de vital importancia que tan pronto se obtengan re sultados anormales (de acuerdo a la caracterización del - - efluente), se busque la causa y se verifique, para evitarla-

en lo futuro o tomar al menos las medidas que se consideren pertinentes para reducir su efecto.

Si al principio del programa los resultados salen muy divergentes, se debe proceder a investigar la causa, comprobarla y hacer las anotaciones necesarias.

Con todas esas observaciones se sabe si:

- 1.- La contaminación del efluente se puede reducir al eliminar una fuente.
- 2.- Si dos o más efluentes se pueden unir para reducir su contaminación (de acuerdo a los parámetros que fija el reglamento), es decir, que neutralicen o diluyan la contaminación, y con ésto se podrá prescindir en gran parte de tratamiento; pero lo mejor es eliminar las fuentes de esta contaminación si el proceso no se ve afectado grandemente o bien que el costo de éstas mejoras sea bajo.
- 3.- Se está usando el agua en forma racional, no abusando del consumo normal (agua tirándose, limpieza de pisos con agua, etc.)

## CAPITULO V

## ANALISIS DE RESULTADOS CON DESCARGAS HIPOTETICAS.

Se simula un análisis de los resultados que se pueden obtener en una descarga de una planta cualquiera en la cual se ha muestreado en septiembre y octubre.

En la primera quincena de septiembre se puede notar - en las observaciones:

A: Hubo problemas con temperatura, materia flotante, sólidos sedimentables y grasas y aceites, pues la talba No. 1 de "Máximos tolerables" fija:

I	Sólidos Sedimentables	1.0 ml/l
II	Grasas y Aceites	70 mg/l
III	Materia Flotante	Ninguna que pueda ser retenida por malla de 3 mm de claro libre cuadrado.
IV	Temperatura	35°C
V	Potencial Hidrógeno pH	4.5 - 10.0

Además con las observaciones que se anotan al reverso de la página se detecta que hubo la purga de calderas y un lavado químico a reactores, cuya agua de lavado se descarga sin retener los sólidos y que además 5 horas antes se había descargado combustible para el Departamento de Servicios.

Como se observa en esta hoja, se tienen problemas con:

a) Temperatura 14 ocasiones, una temperatura mínima de 34°C y una máxima de 52°C, cuyo promedio es - -  
 $43.07^{\circ}\text{C}$  y  $\bar{X} + 2S = 52.2^{\circ}\text{C}$ .  
 $\bar{X} - 2S = 33.93^{\circ}\text{C}$



Este problema se debe a purgas de calderas, mal funcionamiento del tanque de retorno de condensados, funcionamiento normal de los 4 eyectores juntos, trampas de vapor - burbujeando en drenaje y algunos muy próximos a la descarga y además que no operaban bien.

Se nota además que tiene una variación constante de 40°C a 50°C.

b) Materia Flotante                      2 ocasiones, una máxima de 0.1 g/l y una mínima de 0.09 g/l su promedio es 0.012 g/l y  $\bar{X} + 2S = 0.034$ .

Este problema es debido al producto sólido, que queda en los reactores y que cuando se limpian mecánicamente, se arrastra al drenaje con agua y en algunos casos son natas - que nadan en la superficie del agua, ya en la descarga.

Nótese que es esporádico.

c) Sólidos Sedimentables              6 ocasiones, un máximo de 14 ml/l y un mínimo de 0.0 ml/l; con un promedio de 3.0 ml/l y un  $\bar{X} + 2S = 11.94$ .

Esto se debe a los sólidos de las limpiezas mecánicas de algunos productos y a tierra que azolva los drenajes internos.

Se nota que disminuye a partir del séptimo día, debido a que se limpiaron los drenajes.

- d) pH 2 ocasiones, con un máximo de -  
10.3 y un mínimo de 7.2, su pro-  
medio es 8.63,  $\bar{X} + 2S = 10.25$  y  
 $\bar{X} - 2S = 7.01$

Se debe a limpiezas químicas y aguas de enjuague a -  
reactores.

Nótese que tiende a lo básico, por ser sosa, el pro-  
ducto usado, en las limpiezas.

- e) Grasas y Aceites 8 ocasiones, un máximo de 284.2  
mg/l, un mínimo de 10 mg/l, un -  
promedio de 95.3 mg/l y  
 $\bar{X} + 2S = 264.03$

Se debe más que nada a descuidos al descargar combus-  
tible, pues se comunica el dique de los tanques de almacena-  
miento con el drenaje, por lo que al descargar y tirar al pi-  
so, escurre el combustible y llega al drenaje, contaminando  
el agua. Otra razón que se detecta fué que el producto usado  
como emulsificante en los reactores, se detecta como grasa y  
aceites, por el método fijado en la norma oficial.

El flujo se mantiene en promedio de 22.79 l/min.

$$\bar{X} + 2S = 27.25 \text{ l/min y } \bar{X} - 2S = 18.33 \text{ l/min.}$$

En el caso de la segunda quincena de septiembre se -  
tienen los problemas:

- a) Temperatura 13 ocasiones, un máximo de 54°C,  
un mínimo de 30°C, un promedio -  
de 42.87°C,  $\bar{X} + 2S = 55.07^\circ\text{C}$  y  
 $\bar{X} - 2S = 30.67^\circ\text{C}$

- b) Materia Flotante 3 ocasiones, un máximo de 0.12 g/l en 2 ocasiones y un mínimo de - - 0 g/l, un promedio de 0.022 g/l y  $\bar{X} + 2S = 0.048$  g/l
- c) Sólidos Sedimentables 1 ocasión, un máximo de 3.0 ml/l, un mínimo de 0.0 ml/l, un promedio de 0.29 ml/l y  $\bar{X} + 2S = 1.788$  - ml/l.
- d) pH Sin problemas aunque con la misma tendencia básica con un máximo de 9.2 y un mínimo de 7.1, un promedio de 8.11,  $\bar{X} + 2S = 8.95$  y  $\bar{X} - 2S = 7.27$
- e) Grasas y Aceites Sin problemas aunque con un máximo de 66.4 mg/l, un mínimo de - - 6.2 mg/l, un promedio de 31.43 mg/l, y  $\bar{X} + 2S = 78.61$

En este caso, el problema se ha solucionado en parte al evitar el derrame de combustible al drenaje, cerrando el dique y recuperando el combustible que se derrama en las maniobras de descarga.

El flujo se mantiene con un promedio de 22.82 l/min -  $\bar{X} + 2S = 25.02$  l/min, máximo 24.98 l/min y un mínimo de - - 21.95 l/min.

Para la primera quincena de octubre tenemos:

- a) Temperatura 13 ocasiones, un máximo de 44°C, - un mínimo de 30°C, un promedio de 38.13°C y  $\bar{X} + 2S = 44.36$ °C y  $\bar{X} - 2S = 31.91$ °C

## HOJA DE REPORTE DE ANALISIS Y FLUJO DE AGUAS RESIDUALES

PLANTA \_\_\_\_\_ 2a. QUINCENA DE septiembre  
 1a. 6 2a. (mes)

DESCARGA NUM. única. LOCALIZADA EN salida de la planta.

DIA	HORA	FLUJO (l/min)	TEMP °C	MATERIA FLOTANTE (g/l)	SOLIDOS SEDIM. (ml/l)	pH	GRASAS Y ACEITES (mg/l)	OBSER BACIO NES.	NOMBRE DEL MUES TREADOR	NOMBRE DEL ANA- LISTA.
16	20	23.09	40	0.12	0.1	8.6	63.8	A	J A A	R G H
17	22	23.47	47	0.0	3.0	8.6	27.6	B	L T M	R G H
18	24	22.71	46	0.0	0.3	8.3	49.0	C	G C P	G C P
19	2	21.95	54	0.0	0.0	7.1	7.1	D	M A A	M A A
20	4	23.85	46	0.0	0.0	8.0	54.7	E	R G H	M A A
21	6	22.71	39	0.09	0.0	8.3	61.7	F	J L M	J L M
22	8	21.95	39	0.0	0.0	8.0	50.2	G	J A A	J A A
23	10	24.98	40	0.0	0.0	8.1	66.4	H	F J J	F J J
24	12	21.95	50	0.12	0.7	8.0	7.9	I	R G H	R G H
25	14	21.95	44	0.0	0.3	7.3	41.6	J	R G H	R G H
26	16	22.33	46	0.0	0.0	9.2	8.0	K	R G H	R G H
27	18	22.71	45	0.0	0.0	8.1	6.4	L	R G H	R G H
28	20	23.09	45	0.0	0.0	8.0	6.2	M	R G H	R G H
29	22	23.09	32	0.0	0.0	8.0	10.8	N	L T M	R G H
30	24	22.71	30	0.0	0.0	8.0	10.0	O	L T M	R G H
$\sum X$		342.54	643	0.33	4.4	121.6	471.4			
N		15	15	15	15	15	15			
$\sum \bar{X}$		22.82	42.87	0.022	0.29	8.11	31.43			
$X^2$		2069.22	28125	0.014	9.68	989.26	23164.6			
S		1.10	6.1	0.013	0.749	0.42	23.59			
$\bar{X} + 2S$		25.02	55.07	0.048	1.788	8.95	78.61			
$\bar{X} - 2S$		20.62	30.67	-	-	7.27	-			

\* Anote las observa-  
ciones al reverso.

b) Materia Flotante 1 ocasión, un máximo de 0.09 g/l, un mínimo de 0.0 g/l, un promedio de 0.006 y  $\bar{X} + 2S = 0.05$  g/l

c) Sólidos Sedimentables 2 ocasiones, un máximo de 8.0 ml/l, un mínimo de 0 ml/l, un promedio de 0.90 ml/l y  $\bar{X} + 2S = 5.19$  ml/l.

A pesar de que se han usado mallas a la descarga de los reactores antes de descargar los materiales sólidos de la limpieza con el objeto de retener sólidos. Se están usando mallas de claro libre de más grande a más chico hasta detectar cuál es la más adecuada para retener el máximo de sólidos sin interferir con los tiempos de limpieza. Se está pensando en hacer pozos de sedimentación para seguir reteniendo más sólidos.

d) pH Se ha usado menos cantidad de sosa para lavados, sin haberse tenido problemas de eficiencia en los lavados.

El máximo es de 8.1, el mínimo es de 6.3, un promedio de 7.65,  $\bar{X} + 2S = 8.66$  y  $\bar{X} - 2S = 6.63$ .

Como se puede apreciar, la tendencia ya, no es tan básica como en los días anteriores.

## HOJA DE REPORTE DE ANALISIS Y FLUJO DE AGUAS RESIDUALES

PLANTA \_\_\_\_\_ 1a. QUINCENA DE octubre  
1a. ó 2a. (mes)

DESCARGA NUM. única LOCALIZADA EN salida de la planta

DIA	HORA	FLUJO (l/min)	TEMP °C	MATERIA PLOTANTE (g/l)	SOLIDOS SEDIM. (ml/l)	pH	GRASAS Y ACEITES (mg/l)	OBSER VACIO NES.	NOMBRE DEL MUES TREADOR	NOMBRE DEL ANA LISTA
1	1	23.09	44	0.0	0.5	7.3	7.9	A	R G H	R G H
2	3	23.47	38	0.0	0.0	7.5	39.7	B	R G H	R G H
3	5	23.85	40	0.0	0.0	6.3	7.3	C	R G H	R G H
4	7	23.85	38	0.0	0.0	7.3	6.8	D	L T M	L T M
5	9	24.98	38	0.0	0.0	7.5	10.1	E	L T M	L T M
6	11	24.98	38	0.0	0.0	7.5	12.0	F	L T M	L T M
7	13	24.98	40	0.0	0.0	8.0	10.0	G	R G H	R G H
8	15	24.60	40	0.0	8.0	8.0	7.5	H	R G H	R G H
9	17	22.71	41	0.0	4.0	7.9	6.4	I	R G H	R G H
10	19	21.95	39	0.0	1.0	8.0	10.1	J	R G H	R G H
11	21	24.22	38	0.0	0.0	8.1	10.1	K	R G H	R G H
12	23	24.98	38	0.0	0.0	8.0	6.8	L	R G H	R G H
13	1	24.98	36	0.0	0.0	7.9	9.4	M	L T M	R G H
14	3	24.98	34	0.0	0.0	7.5	6.4	N	L T M	L T M
15	5	21.95	30	0.09	0.0	8.0	6.4	O	L T M	L T M
$\Sigma X$		358.44	572	0.09	13.5	114.8	156.90			
N		15	15	15	15	15	15			
$\bar{X}$		23.88	38.13	0.006	0.90	7.65	10.46			
$\Sigma X^2$		2267.25	21954	0.008	81.25	881.7	2601.79			
S		0.45	3.11	0.022	2.15	0.51	8.00			
$\bar{X} + 2S$		24.79	44.36	0.05	5.19	8.66	26.47			
$\bar{X} - 2S$		22.98	31.91	-	-	6.63	-			

\* Anote las observaciones al reverso.

## e) Grasas y Aceites

Sin problemas, tal parece que la medida de contener derrames e impedir que lleguen al drenaje dió los resultados deseados. Ahora, - sólo se tiene, la desviación por el emulsificante que se detecta - como grasas y aceites.

$$\bar{X} = 10.46 \text{ mg/l y } \bar{X} + 2S = 26.47 \text{ - mg/l}$$

El flujo tiene un promedio de 23.88 l/min y  $\bar{X} + 2S = 24.78$  l/min. Un máximo de 24.98 l/min. y un mínimo de 21.95 l/min.

Se nota que el flujo se ha incrementado.

En la segunda quincena de octubre se obtienen los siguientes resultados:

## a) Temperatura

2 ocasiones; un máximo de 48°C un mínimo de 28°C, un promedio de - 32°C,  $\bar{X} + 2S = 42.12$  °C y  $\bar{X} - 2S = 21.88$ °C

En el día 16 de octubre, se puso en funcionamiento una desviación para las aguas, para que se tuviera mayor tiempo de permanencia, - antes de salir al exterior de la planta. Además, se emplea como - fosa de sedimentación y con rejilla de contención para materia - flotante.

## HOJA DE REPORTE DE ANALISIS Y FLUJO DE AGUAS RESIDUALES

PLANTA \_\_\_\_\_ 2a. QUINCENA DE octubre  
 1a. o 2a. (mes)

DESCARGA NUM. única LOCALIZADA EN salida de la planta

DIA	HORA	FLUJO (l/min)	TEMP °C	MATERIA FLOTANTE (g/l)	SOLIDOS SEDIM. (ml/l)	pH	GRASAS Y ACEITES (mg/l)	OBSER- VACIO- NES	NOMBRE DEL MUES TREADOR	NOMBRE DEL ANA LISTA.
16	6	24.95	48	0.0	0.0	8.3	12.3	A	RGH	RGH
17	8	21.95	30	0.0	0.0	11.7	14.4	B	RGH	RGH
18	10	22.33	30	0.0	0.0	7.4	6.7	C	LTM	LTM
19	12	23.85	30	0.0	0.0	7.2	6.1	D	LTM	LTM
20	14	24.60	32	0.0	0.0	7.0	6.0	E	LTM	LTM
21	16	22.71	32	0.0	1.0	7.1	10.8	F	LTM	LTM
22	18	23.85	32	0.0	0.5	7.4	10.0	G	LTM	LTM
23	20	24.98	30	0.0	0.0	7.3	10.0	H	LTM	LTM
24	22	24.98	28	0.0	0.0	7.8	27.0	I	LTM	LTM
25	24	21.95	40	0.0	0.5	8.0	24.2	J	RGH	LTM
26	2	21.95	30	0.0	0.5	8.0	11.0	K	RGH	LTM
27	4	21.20	30	0.09	1.5	8.9	7.6	L	LTM	LTM
28	6	22.33	28	0.0	0.5	7.4	5.0	M	LTM	RGH
29	8	24.98	30	0.0	0.0	8.1	5.0	N	LTM	RGH
30	10	22.33	30	0.0	0.0	8.0	4.0	O	LTM	RGH

$\Sigma X$	348.98	480	0.09	4.5	119.6	160.1	
N	15	15	15	15	15	15	
$\bar{X}$	23.28	32	0.006	0.3	7.97	10.67	
$\Sigma X^2$	2152.02	15744	0.008	4.25	972.26	2352.79	
S	1.10	5.06	0.022	0.44	1.14	6.56	
X+25	25.47	42.12	0.05	1.18	10.25	23.79	
X-25	21.08	21.88	-	-	5.69	-	

\* Anote las observaciones al reverso.

- b) Materia Flotante 1 ocasión con un máximo de 0.09 g/l, un mínimo de 0.0 g/l, un promedio de 0.006 g/l y  $\bar{X} + 2S = 0.05$  g/l.
- c) Sólidos Sedimentables 1 ocasión de un máximo de 1.5 ml/l, mínimo de 0.0 ml/l promedio de 0.30 ml/l y  $\bar{X} + 2S = 1.18$  ml/l.
- d) pH 1 ocasión con un máximo de 11.7, un mínimo de 7.0, un promedio de 7.97,  $\bar{X} + 2S = 10.25$  y  
 $\bar{X} - 2S = 5.69$
- El máximo obtenido (11.7) se debe a un derrame de productos alcalinos que contamina el drenaje.
- Este producto alcalino debe haberse empleado en una limpieza química a los reactores.
- e) Grasas y Aceites Aquí se nota la disminución, de la concentración de grasas y aceites en el agua. Se obtuvo un máximo de 27.0 y un mínimo de 4.0 con una  $\bar{X} = 10.67$  y una  $\bar{X} \pm 2S = 23.79$ .

Todos estos datos se vacían en una hoja de concentración de datos para cada una de las descargas, que aparece a continuación. En ella se concentran datos que se analizaron anteriormente y se tienen 60 datos.

PLANTA: \_\_\_\_\_

DESCARGA: \_\_\_\_\_

MES	FLUJO (LPM)					TEMPERATURA (°C)					MAT. FLOT. (g/l)					SOL. SEDIM (ml/l)					pH			GRASAS Y AC. (mg/l)						
	N	Σ	$\bar{X}$	$\bar{X} + 2S$	$\Sigma^2$	N	Σ	$\bar{X}$	$\bar{X} + 2S$	$\Sigma^2$	N	Σ	$\bar{X}$	$\bar{X} + 2S$	$\Sigma^2$	N	Σ	$\bar{X}$	$\bar{X} + 2S$	$\Sigma^2$	N	Σ	$\bar{X}$	$\bar{X} + 2S$	$\Sigma^2$	N	Σ	$\bar{X}$	$\bar{X} + 2S$	$\Sigma^2$
Sep.	15	341.8	22.8	27.25	2076.83	15	646	43.07	52.2	28138	15	0.19	0.012	0.035	0.0181	15	45	3.0	11.94	434.54	15	129.4	8.63	10.25	1127.0	15	1429.5	95.3	264.03	242990.6
	15	342.5	22.8	25.02	2069.22	15	643	42.87	55.07	28125	15	0.33	0.029	0.048	0.014	15	4.4	0.29	1.788	9.68	15	121.6	8.11	8.95	989.26	15	471.4	31.43	78.61	23164.6
Oct.	15	358.4	23.9	24.79	2267.25	15	572	38.13	44.36	21954	15	0.09	0.006	0.05	0.008	15	13.5	0.90	5.19	81.25	15	114.8	7.65	8.66	881.7	15	156.9	10.46	26.47	2601.79
	15	348.9	23.3	25.47	2152.02	15	480	32.0	42.12	15744	15	0.09	0.006	0.05	0.008	15	4.5	0.3	4.25	1.18	15	119.6	7.97	10.25	972.26	15	160.1	10.67	23.79	232.79
TOT.	60	1391.6	23.19	26.04	8565.38	60	2341	39.02	52.2	93961	60	0.70	0.012	0.063	0.0481	60	67.4	1.12	6.61	526.65	60	485.4	8.09	9.79	3970.22	60	2217.9	36.97	149.25	271109.78
		mín.	18.93	frec.	1		mín.	28	frec.	2		mín.	0.0	frec.	53		mín.	0	frec.	35		mín.	7.0	frec.	1		mín.	4.0	frec.	1
		máx.	24.98	frec.	12		máx.	54	frec.	1		máx.	0.12	frec.	2		máx.	14	frec.	1		máx.	11.7	frec.	1		máx.	284.2	frec.	1

Si por ejemplo se analiza el flujo, en el l/min, tendremos:

$$\bar{X} = 23.19$$

$$\bar{X} + 2S = 26.04$$

Dato mínimo 18.93 se presenta 1 vez

Dato máximo 24.98 se presenta 12 veces

Por lo que se puede pensar que el  $\bar{X} + 2S$  funciona adecuadamente.

Si por otro lado se analiza la temperatura en °C, se tiene:

$$\bar{X} = 39.02$$

$$\bar{X} + 2S = 52.2$$

$$\bar{X} - 2S = 26.02$$

Dato mínimo 28 se presenta 2 veces

Dato máximo 54 se presenta 1 vez

Analizando la Materia Flotante:

$$\bar{X} = 0.012$$

$$\bar{X} + 2S = 0.063$$

Dato mínimo 0.0 frecuencia 53 veces

Dato máximo 0.12 frecuencia 2 veces

Para Sólidos Sedimentables:

$$\bar{X} = 1.12$$

$$\bar{X} + 2S = 6.61$$

Dato mínimo 0 frecuencia 35 veces

Dato máximo 14 frecuencia 1 vez

En cuanto a pH:

$$\bar{X} = 8.09$$

$$\bar{X} + 2S = 9.79$$

$$\bar{X} - 2S = 6.39$$

Dato mínimo 7.0 frecuencia 1 vez

Dato máximo 11.7 frecuencia 1 vez

En Grasas y Aceites:

$$\bar{X} = 36.97$$

$$\bar{X} + 2S = 149.25$$

Dato mínimo 4.0 frecuencia 1 vez

Dato máximo 284.2 frecuencia 1 vez

El objeto de esta hoja es analizar todos los datos en una forma concentrada, que nos permita una evaluación rápida de todos esos datos.

Nótese que en la hoja sólo aparece el análisis para 60 datos pero realmente es suficiente para los datos de todo un año, es decir para 360 datos, o sea de 24 quincenas al año.

Una vez detectado los defectos o fallas en que la descarga incurre con respecto al Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas, se debe seguir analizando en las posibles fuentes de contaminación, para detectar y verificar qué proceso o actividad produce la contaminación detectada, con lo cual se puede pasar al punto de hacer análisis un poco más sofisticados para estudiar la forma en que se traten las aguas para eliminarles la contaminación.

Para esta ocasión se considera la misma planta cuya - descarga de agua residual la componen cinco plantas de producción, cuyo régimen de descargas es variable, por lo que - el muestreo y la medición de los volúmenes descargados, junto con la frecuencia y duración de las descargas es inminentemente vital para el análisis y estudio que se menciona.

Así pues, considerando que la planta utiliza varios - procesos en la manufactura de sus productos, realizando además operaciones de limpieza de equipos, líneas, tanques, pisos, etc., las cuales generan aguas residuales, que transportan una cantidad considerable de materias primas, productos-terminados, productos en proceso, etc. que le dan el carácter contaminante al agua.

Se consideran 17 operaciones que producen aguas residuales con diferentes grados o tipos de contaminación, distribuidos en las cinco plantas, que identificaremos, como - planta C, planta P, planta L, planta R, y planta F.

De estas plantas, algunas presentan condiciones de - operación y proceso semejantes entre sí, por lo que se hizo conveniente agrupar las descargas C, P y L y R y F.

Para esta agrupación también se analizarán las características topográficas del terreno, observándose que las - descargas de las plantas se pueden manejar por gravedad para su unión y para su manejo hacia un sitio adecuado donde se - hará el tratamiento.

Este estudio puede servir de base para poder tomar la decisión más conveniente acerca del tratamiento, ya sea hecho en instalaciones dentro de la planta o procurar un tratamiento común con otras plantas vecinas, con problemas semejantes o diferentes, de acuerdo al artículo 14, del Reglamen

to para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas.

Los muestreos, caracterización y pruebas de tratabilidad para la obtención de la información para el diseño de las instalaciones de tratamiento, se efectúan, de ser posible en un laboratorio externo y con la asesoría, de una firma de ingeniería capaz de desarrollar el sistema más económico para el tratamiento de las aguas.

Los muestreos de las aguas residuales se realizan en cada sitio de las plantas en donde se realizan operaciones - que generan descargas de aguas contaminadas, las que principalmente son por lavado de equipo y productos en proceso.

A continuación se señalan las operaciones muestreadas para cada planta:

PLANTA	OPERACION
C	Lavado de productos en proceso. Lavado de planta.
P	Lavado químico de reactores. Lavado acuoso de reactores. Lavado de tanques de almacenamiento. Lavado de planta.
L	Lavado de reactores. Lavado de tanques reactivos. Lavado de tanques de almacenamiento. Lavado de bombas. Lavado de planta.
R	Lavado de reactores. Agua de deshidratación. Lavado de planta.

## PLANTA

## OPERACION

F	Lavado de tanque de mezcla.
	Lavado de torre de iones.
	Regeneración de torre de iones.

Los muestreos realizados, se hacen con el propósito - de obtener volúmenes representativos de las aguas residuales de cada operación de las plantas de producción, para formar muestras compuestas de acuerdo a los caudales de cada descarga y la agrupación realizada (C, P y L y R y F), los cuales se emplean para la caracterización de las aguas residuales y en las pruebas de tratabilidad en el laboratorio.

Al tomar cada muestra, se registra la hora, temperatura ambiental, temperatura del agua, pH y color aparente a la vista del muestreador.

Se analizan las muestras compuestas del C-P y L, y R y F, las cuales se preparan en forma proporcional de acuerdo - al caudal y frecuencia de las descargas por operación. Además a las muestras individuales de cada operación, se les de termina la demanda química de oxígeno y los sólidos en diferentes formas. Los parámetros determinados a las muestras - compuestas son:

- . Temperatura
- . pH
- . Sólidos Totales
- . Sólidos Suspendidos
- . Sólidos Disueltos
- . Sólidos Sedimentables
- . Materia Flotante

- . Demanda Química de Oxígeno
- . Demanda Bioquímica de Oxígeno
- . Grasas y Aceites
- . Nitrógeno orgánico
- . Fosfatos Totales
- . Fenoles
- . R A S

Con estos datos, pueden efectuarse pruebas de tratabi-  
lidad con las muestras.

Los procesos que se proponen inicialmente, en forma -  
preliminar, para simular en el laboratorio son:

- a) Coagulación química
- b) Sedimentación con y sin productos químicos
- c) Filtración
- d) Flotación

Todos ellos son procesos convencionales, pero dado a-  
las características tan especiales de las aguas residuales,-  
y a las altas concentraciones que presentan, hay necesidad -  
de sustituirlas o complementarlas por los siguientes proce--  
sos que por razones de costos no son muy aplicados:

- a) Oxidación química
- b) Adsorción
- c) Aereación
- d) Evaporación

## VOLUMENES Y CARACTERISTICAS DE LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES DE CADA OPERACION

### VOLUMENES DE LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES.

La determinación de los volúmenes y características de las aguas residuales es un punto crítico para el estudio.

La característica sobresaliente de las descargas de aguas residuales de cada operación, es el régimen de descarga, ya que solo una es continua y las demás son intermitentes, y en la mayoría de ellas, se arrojan grandes volúmenes en períodos que van de 20 minutos a una hora. Debido a ello, en caso de que se instale, un sistema de tratamiento, es necesario construir tanques que sirvan de almacenamiento y homogenización de las aguas, es decir, tanques de retención.

Para la información de los volúmenes de agua residual generada en cada operación de lavado así como su frecuencia y régimen, se efectúan inspecciones y consultas con el personal de operación, para establecer un programa de mediciones, con esto, se ve que en las plantas C-P y L, las operaciones que descargan mayor volumen de aguas residuales son: la de lavado de productos en proceso en C (57.8 por ciento), lavado químico de reactores en P (9.2 por ciento), lavado de reactores (10.3 por ciento) y limpieza de bombas (11.3 por ciento) en L. Las cuatro operaciones mencionadas de un total de once, arrojan 289.2 m<sup>3</sup> de agua en 15 días que representa el 89.2 por ciento de los desechos de estas tres plantas.

De las plantas de R y F, la de R arroja el 93.4 por ciento del agua residual y la de F solo el 6.6 por ciento. Las operaciones más importantes en cuanto a volumen son: lavado de reactores (49.5 por ciento) y lavado de planta (37.2

por ciento), en las cuales se arrojan  $178.5 \text{ m}^3$  en 15 días, - que representa el 87 por ciento del total de las seis operaciones de estas dos plantas.

El caudal total de aguas residuales en las cinco plantas de producción es de  $1,066 \text{ m}^3$  por mes, que equivale, a un caudal de  $0.41 \text{ l/s}$  en forma continua; las plantas de C-P y L aportan  $654 \text{ m}^3$  y las de R y F  $412 \text{ m}^3$  por mes.

Al momento de tomar las muestras de aguas residuales, se miden el pH, la temperatura, del agua y del ambiente.

Como la mayor parte de las descargas presentan valores de pH alcalinos aunque, salvo algunas excepciones, menores que el límite máximo de 10 establecido por el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas, - las operaciones cuyas descargas exceden el límite del mencionado reglamento son: lavado de tanques de reactivos de L - - (11.7), lavado químico de reactores de P (13.0) y regeneración de torre de iones de F (10.1); y registran valores cerca del límite en: lavado de piso de R (9.6) y agua de tanque decantador de L (9.3). En lo que a la temperatura se refiere, el límite máximo permisible es de  $35^\circ\text{C}$  y las operaciones que registran un valor mayor son: lavado de reactores de R ( $55^\circ\text{C}$ ), lavado químico de reactores de P ( $80^\circ\text{C}$ ), agua de - deshidratación de R ( $40^\circ\text{C}$ ), lavado de productos de C ( $50^\circ\text{C}$ ) - y lavado de reactores ( $55^\circ\text{C}$ ).

A las muestras compuestas de las descargas de cada - operación de las plantas, formadas de acuerdo al caudal y - agrupadas como C-P-L y R-F, se les hacen análisis completos - y se obtienen los resultados que aparecen en el cuadro V-1.- Cada muestra obtenida de las descargas por operación, se analiza para determinarles DQO y sólidos disueltos principalmente, aunque a la mayoría sólidos en todas sus formas; los re-

sultados se presentan en los cuadros V-2 y V-3.

Con el objeto de agrupar y clasificar las descargas - de acuerdo a la cantidad de contaminantes que arrojan, al - sistema de drenaje; se calculan las cargas en Kg/mes, de los parámetros DQO, ST y SST para cada descarga individual; para ello se utilizan los caudales de aguas residuales y las concentraciones obtenidas por los análisis; los resultados se - presentan en los cuadros V-4 y V-5.

Los aspectos sobresalientes de las características de las muestras compuestas y de cada planta de producción, se - presentan enseguida:

El resultado de sólidos totales de la muestra compuesta C-P-L es de 19,575 mg/l, de los cuales menos del uno por ciento corresponden a sólidos suspendidos. Los sólidos totales de la muestra R-F arrojan un valor de 2,895 mg/l, de esta cantidad el dos por ciento es de sólidos suspendidos.

Las dos muestras compuestas poseen una cantidad demasiado pequeña de sólidos suspendidos, lo que hace que los - procesos convencionales como coagulación, sedimentación, filtración y flotación no son aplicables en estos casos y los - resultados obtenidos preliminarmente sean muy pobres.

Dada la naturaleza orgánica de los contaminantes de - estas descargas, éstos se detectan mediante la demanda química de oxígeno. El valor de este parámetro para C-P- L resulta ser de 19,141 mg/l, mientras que el de R-F es de 20,641 - mg/l.

La muestra compuesta C-P-L no presenta sólidos sedimentables, por resultar una emulsión debida al agua de lavado de tanques de almacenamiento de las plantas P y L. El -

C U A D R O    V-1  
CARACTERIZACION DE LAS MUESTRAS COMPUESTAS.

Parámetro	C - P - L	R - F
pH	12.0	9.0
S S e (ml/l)	0.02	2.5
S T (mg/l)	19575.0	2895.0
S T F (mg/l)	12730	465.0
S T V (mg/l)	6845.0	2430.0
S S T (mg/l)	442.0	190.0
S S F (mg/l)	55.0	22.0
S S V (mg/l)	387.0	168.0
S D T (mg/l)	19385.0	2835.0
S D F (mg/l)	12340.0	385.0
S D V (mg/l)	7045.0	2450.0
G y A (mg/l)	9.4	40.4
D Q O (mg/l)	19141.0	20641.0
$N_2^- NH_4$ (mg/l como N)	12.0	36.0
$N_2^-$ Org (mg/l como N)	33.0	840.0
D B O (mg/l)	35.0	20.0
P O <sub>4</sub> totales	0.4	0.11
Fenoles	0.2	3.0

C U A D R O V-2

CARACTERIZACION DE LAS DESCARGAS EN LAS PLANTAS C- P- L POR OPERACION

PLANTA	OPERACION	PH	D Q O (mg/l)	S T (mg/l)	S T F (mg/l)	S T V (mg/l)	S D T (mg/l)	S D F (mg/l)	S D V (mg/l)	S S T (mg/l)	S S F (mg/l)	S S V (mg/l)
C	Lavado de Productos	6.4	53	740	380	360	737	380	357	3	0	3
	3º y 4º lavado de producto.	5.0	9440	---	---	---	1204	556	648	---	---	---
	7º y 8º lavado de producto.	4.7	5600	---	---	---	608	228	388	---	---	---
	10º y 11º lavado de producto.	4.9	5440	---	---	---	592	176	416	---	---	---
	Lavado de monómero con-ABC	8.4	112800	---	---	---	45688	37832	7856	---	---	---
	Lavado de Planta.	7.4	304	392	144	248	232	76	156	3	0	3
P	Lavado químico reactores	13.5	20496	104152	64656	39996	103343	63997	39346	1309	659	650
	Enjuague reactores.	8.6	11456	6664	228	6436	1144	228	916	5520	0	5520
	Lavado tanques almacenamiento.	7.1	2033	2156	720	1436	1408	700	708	748	20	728
	Lavado de Planta.	7.4	304	952	276	676	---	---	---	---	---	---
L	Lavado de reactores	8.0	11680	---	---	---	2084	424	1668	---	---	---
	Lavado reactores (vinilpiridina).	8.6	58000	22420	368	22092	17264	312	16952	5156	56	5140
	Lavado tanque de reactivo.	11.7	274	2072	1468	604	1912	1380	532	160	88	72
	Lavado tanque de almacenamiento.	7.5	43320	54028	1512	52516	53128	1512	51616	900	0	900
	Lavado de Planta.	7.1	714	436	96	340	429	92	337	7	4	3

C U A D R O V-3

CARACTERIZACION DE LAS DESCARGAS EN LAS PLANTAS R- F POR OPERACION

PLANTA	OPERACION	pH	D Q O (mg/l)	S T (mg/l)	S T P (mg/l)	S T V (mg/l)	S D T (mg/l)	S D P (mg/l)	S D V (mg/l)	S S T (mg/l)	S S F (mg/l)	S S V (mg/l)
R	Agua de deshidratación	8.0	---	38104	14132	23972	38055	14132	23963	9	0	9
	Lavado de Planta	7.7	1520	2532	340	2192	2461	314	2147	71	26	45
	Agua de deshidratación, (urea).	8.2	200000	27543	2513	25030	27012	512	26500	531	---	---
	Agua de deshidratación, (Fenol).	7.6	179200	4316	2808	1508	2205	470	1735			
	Lavado de reactores, (me- lamina).	8.8	1973	532	120	412	388	72	316	144	48	96
	Agua deshidratación (fenó- lica).	7.5	92800	1380	32	1348	308	0	908	472	32	440
F	Regeneración torre de - iones.	10.1	3420	28600	27348	1252	28591	27348	1243	9	0	9
	Lavado torre de iones.	6.6	213	500	292	208	492	287	205	8	5	3
	Tanque de almacenamien- to.	6.9	684	260	180	80	253	174	79	7	6	1
	Tanque de almacenamien- to.	8.6	60800	356	172	184	320	230	90			

C U A D R O V-4  
 CANTIDADES DE CONTAMINANTES POR OPERACION  
 PARA LAS PLANTAS DE: C-P-L

PLANTA	OPERACION	pH	Volúmen (m <sup>3</sup> ) (c/15 días)	DQO <sub>t</sub> (mg/l)	Carga DQO (Kg/mes)	ST (mg/l)	Carga ST (Kg/mes)	SST (mg/l)	Carga SST (Kg/mes)
C	Lavado de productos en proceso.	6.4	188.1	5870	2208	740	278	3	1
	Lavado de planta	7.4	6.45	304	4	392	5	160	2
P	Lavado químico de reactores.	13.5	39.0	22496	1754	104652	8162	1309	102
	Enjuague reactores (2)	8.6	6.0	11496	138	6664	80	5520	66
	Lavado de planta	7.4	6.75	304	4	952	13	---	---
	Lavado tanque alm.	7.1	2.71	2033	11	2156	11.6	748	4
L	Lavado reactores (4)	8.0	34.2	34800	1190	22420	767	5156	176
	Lavado tanque alm.	7.5	2.0	43320	173	54028	216	900	3.6
	Lavado de planta	7.1	7.5	714	11	436	6.6	7	0.1
	Lavado tanque reactivo.	11.7	7.1	274	4	2072	29.4	160	2.2

CANTIDADES DE CONTAMINANTES POR OPERACION  
PARA LAS PLANTAS DE: R-F

PLANTA	OPERACION	pH	Volúmen (m <sup>3</sup> ) (c/15 días)	DQO <sub>t</sub> (mg/l)	Carga DQO (Kg/mes)	ST (mg/l)	Carga St (Kg/mes)	SST (mg/l)	Carga SST (Kg/mes)
R	Lavado de reacto- res (4)	8.8	102	1973	402	532	108	144	29
	Lavado de planta	7.7	76.5	1520	232	2532	388	71	11
	Agua de deshidra- tación.	8.0	13.8	157330	2171	38104	1052	9	0.2
F	Lavado torre de iones.	6.6	1.9	213	0.8	500	2.0	8	0
	Regeneración torre iones.	10.1	1.0	3420	6.8	28600	57	9	0
	Tanque mezcla alm.	6.9	10.6	684	14.4	260	5.4	7	0.2

valor de sólidos sedimentables de R-F es de 2.5 ml, causado por los sólidos de la operación de lavado de planta de R.

Normalmente, en el caso de aguas residuales con contaminantes orgánicos, la relación DQO/SST se mantiene alrededor de la unidad, cumpliéndose esto para la muestra compuesta C-P-L, más no para R-F donde los SDT son mucho menores - que la DQO, debido a la presencia de compuesto orgánicos volátiles.

La planta C es la que genera volúmenes mayores de - - aguas residuales, debido a los múltiples lavados de productos que se realizan, haciendo hincapié de que a medida que - aumenta el número de lavados, disminuye su grado de contaminación, o sea, que para el tercero y cuarto lavado de producto se tiene una demanda química de oxígeno (DQO) de 9,440 - mg/l, mientras que para el décimo y undécimo lavado de producto, la DQO es de 5,440 mg/l, esto representa una reducción en la DQO de casi el cincuenta por ciento. La cantidad de agua descargada en cada lavado es de 3 m<sup>3</sup> y 4.5 m<sup>3</sup> aproximadamente, para cada uno de los tanques, totalizando un volumen de 75 m<sup>3</sup>/día.

Entre las descargas de C existe la llamada agua de - casquete, la cual se usa solo en el enfriamiento del casquete del reactor, siendo ésta un agua limpia dada la naturaleza de la operación y representa un volumen importante por - ser continua. Por lo que conviene recuperar directamente esta agua al través de la línea de retorno a la torre de enfriamiento.

En cuestión de sólidos disueltos totales, la descarga de la operación de lavado de monómero con bicarbonato de sodio, es la más concentrada debido al producto usado, siendo el volumen demasiado pequeño comparado con las demás descargas.

De las operaciones de lavado en la planta P destaca - el lavado químico de reactores por su alta DQO (22,496 mg/l) su pH elevado (13.0); el volumen de descarga es de 78 m<sup>3</sup> por mes. Esta operación y la de enjuague de reactores, resultan ser las más críticas en esta planta.

Las operaciones de lavado de reactores y lavado de - tanques de almacenamiento, resultan ser las descargas más - contaminadas de la planta L, tanto en DQO como en sólidos. - Estas descargas presentan cantidades considerables de sólidos suspendidos (5,156 mg/l y 900 mg/l respectivamente). El lavado de reactores tiene un contenido de DQO de 58,000 mg/l para el caso de productos específicos y su volumen de descarga es importante, pues se cuenta con cuatro reactores de -- 3.5 m<sup>3</sup> cada uno, que se lavan 5 veces por mes cada uno. En - cambio el volumen de descarga del lavado de tanque de almacenamiento es pequeño, debido a la baja periodicidad de la operación, pero su nivel contaminante es alto (43,320 mg/l de - DQO y 53,128 mg/l de SDT).

En la planta R la descarga de agua de deshidratación resulta ser la más concentrada en DQO y SDT, siendo pequeño su volumen de descarga comparado con las operaciones restantes.

La descarga de mayor caudal en la planta F es la de - lavado de torre de iones, que tiene una DQO de 213 mg/l y - 492 mg/l de SDT, valores que indican el bajo nivel de contaminación de esta agua.

La descarga fuerte en su aspecto contaminante, es la generada en la operación de regeneración de torre de iones, cuya DQO es de 3,420 mg/l y 28,591 mg/l de SDT, ambas concentraciones extraordinarias.

En resumen, las descargas que presentan mayor concentración de contaminantes, son:

O P E R A C I O N	PLANTA	DQO (mg/l)	SDT (mg/l)	Carga DQO (Kg/mes)
Agua de deshidratación.	R	157,330	10,040	2,171
Lavado de tanques de almacenamiento	L	43,320	53,128	173
Lavado de reactores.	L	34,800	9,674	1,190
Lavado químico de reactores	P	22,496	103,343	1,754
Enjuague de reactores	P	11,496	1,144	138

## RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS DE TRATABILIDAD

## DESCRIPCION DE LAS PRUEBAS

## COAGULACION.--

La coagulación química se emplea para remover suspensiones coloidales orgánicas e inorgánicas del agua, mediante la dosificación de productos químicos (coagulantes). El procedimiento de la prueba es el siguiente:

- a) Se determinan las características iniciales del agua residual (SST, SDT, DQO, etc.).
- b) Se determina la dosis mínima para la formación de flóculos en el agua residual. Usando un vaso con 200 ml de muestras sobre un agitador magnético, se agrega el coagulante en incrementos pequeños de pH de 6.0. Después de cada adición, se aplica un minuto de agitación rápida, seguida por tres minutos de agitación lenta.

Se continua la adición hasta la presencia de flóculos visibles.

- c) Usando esta dosis, se coloca 1,000 ml de muestra en cada uno de seis vasos.
- d) Se ajusta el pH a 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0 y 9.0 con solución ácida o alcalina.
- e) Se mezcla rápidamente cada muestra por tres minutos seguida por quince minutos de floculación a velocidad lenta.

- f) Se mide la concentración del efluente para cada muestra sedimentada.
- g) Se traza en gráfica el porcentaje de remoción con el pH, y se selecciona el pH óptimo.
- h) Usando este pH, se repiten los pasos c, e y f, variando la dosis del coagulante.
- i) Se traza en gráfica el porcentaje de remoción con la dosis de coagulante y se selecciona la dosis óptima.

#### OXIDACION QUIMICA.

Los compuestos orgánicos son sensibles a la acción de agentes fuertemente oxidantes, tales oxidaciones se detectan mediante mediciones de la demanda química de oxígeno. El procedimiento a seguir es el siguiente:

- a) Se determinan las concentraciones iniciales de DQO y SDT del agua residual.
- b) Se determina el tipo de oxidante aplicable al agua residual mediante pruebas preliminares similares a la coagulación.
- c) Usando una dosis conocida, se colocan 500 ml de muestra en cada vaso.
- d) Se ajusta el pH a diferentes valores.
- e) Se aplica agitación rápida (100 rpm) a cada muestra por cinco minutos y luego agitación lenta (40 rpm) por quince minutos.

- f) Se sedimenta por una hora y se mide la concentración de DQO y SDT del efluente.
- g) Se traza en gráfica el porcentaje de remoción con el pH y se selecciona el pH óptimo.
- h) Para este pH, se repiten los pasos c, e y f, variando la dosis del oxidante.
- i) Se traza en gráfica el porcentaje de remoción con la dosis de oxidante y se selecciona la dosis óptima.

#### ADSORCION.

El proceso de adsorción se simula en el laboratorio, usando carbón activado y resina XAD-2. El procedimiento seguido es el siguiente:

- a) Se toma el carbón activado en agua destilada por 24 horas y secado a 103°C por 24 horas.
- b) Se agrega el carbón activado a las columnas.
- c) Se adicionan volúmenes apropiados de agua residual, (filtrada para remover materia suspendida) a cada columna.
- d) Se mide la DQO y SDT del efluente de la columna.
- e) Se obtiene la eficiencia de remoción y se determina la capacidad de adsorción del material.

### AEREACION.

Siendo éste un proceso de transferencia de gases aplicable a la eliminación de compuestos volátiles, se efectuó una prueba de laboratorio de la forma siguiente:

- a) Se determina la concentración inicial de DQO de la muestra de agua residual.
- b) Se colocan 1,000 ml de agua residual en un recipiente.
- c) Se aplica aire filtrado al agua residual manteniendo turbulencia completa.
- d) Después de 30 minutos de aereación, se desconecta el suministro de aire y se toma una muestra de 100 ml.
- e) Se determina la concentración final de DQO y se calcula el porcentaje de remoción.

### RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE TRATABILIDAD

#### COAGULACION QUIMICA.

Este proceso de remoción de sólidos en estado de suspensión, se aplica a las muestras de las plantas C-P-L- y R-F. Además, se prepara otra muestra de R-F disgregándosele la descarga de agua de deshidratación de la planta R por su alto nivel contaminante; esta muestra también se somete a coagulación. Los coagulantes usados son hidróxido de calcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) y cloruro férrico ( $\text{FeCl}_3$ ).

En primer lugar, se realizan pruebas de coagulación - de las muestras C- P- L con el fin de determinar su pH óptimo. Los ajustes de pH se efectúan usando el ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) concentrado y éstos son 12.2, 9.0 y 6.0. Para esta serie de pruebas se usan dosis de 7 ml de  $Ca(OH)_2$  y 5 ml de  $FeCl_3$  al 10% para muestras de 500 ml. Los resultados, presentados en el cuadro V-6 y la figura 5.1, indican que el pH juega un papel importante en la coagulación y la remoción de DQO, pues mientras que la muestra con pH = 12.2 tiene 14.7% de remoción de DQO, la muestra con pH = 6.0 alcanza 50.2%. - Esto indica lo decisivo que es el pH en este proceso.

Después de obtener el pH óptimo de 6.0, se procede a encontrar la dosis óptima de coagulantes ( $Ca(OH)_2$  y  $FeCl_3$ ), - mediante otra serie de pruebas cuyos resultados se encuentran en el cuadro V-7 y están en la gráfica de la figura 5.2. En esta corrida, se dosifican muestras de 500 ml con 0.6, - 1.0, 1.4 y 2.0 g/l de  $Ca(OH)_2$  y 0.4, 0.7, 1.0 y 1.4 de  $FeCl_3$  respectivamente. Las remociones de DQO obtenidas en cada - - muestra son de 30.7, 49.3, 50.2, y 59.5%, los cuales indican que la máxima remoción corresponde 2.0 g/l de  $Ca(OH)_2$  y 1.4- g/l de  $FeCl_3$ . Hay disminuciones de sólidos disueltos del orden del 10%, decreciendo ésta al aumentar la cantidad de coa- gulantes. En todas las pruebas el efluente obtenido es completamente incoloro.

Para la muestra compuesta R-F con pH inicial de 8.3, se corren pruebas a pH igual a 9.0, 7.5 y 6.0 con dosis de - coagulantes de 0.3 g/l de  $Ca(OH)_2$  y 0.2 g/l de  $FeCl_3$ . Esta dosificación inicial se determina agregando los coagulantes- por etapas hasta observar la respuesta de la muestra al proceso de coagulación. El pH que presenta mejor remoción de - DQO, es el de 7.0 aunque ésta es demasiado pequeña (7%), - - mientras que las muestras a pH 9.0 y 6.0 no se les detecta - remoción. El Cuadro V-8 y la figura 5.1 muestran los resulta- dos obtenidos.

## C U A D R O V-6

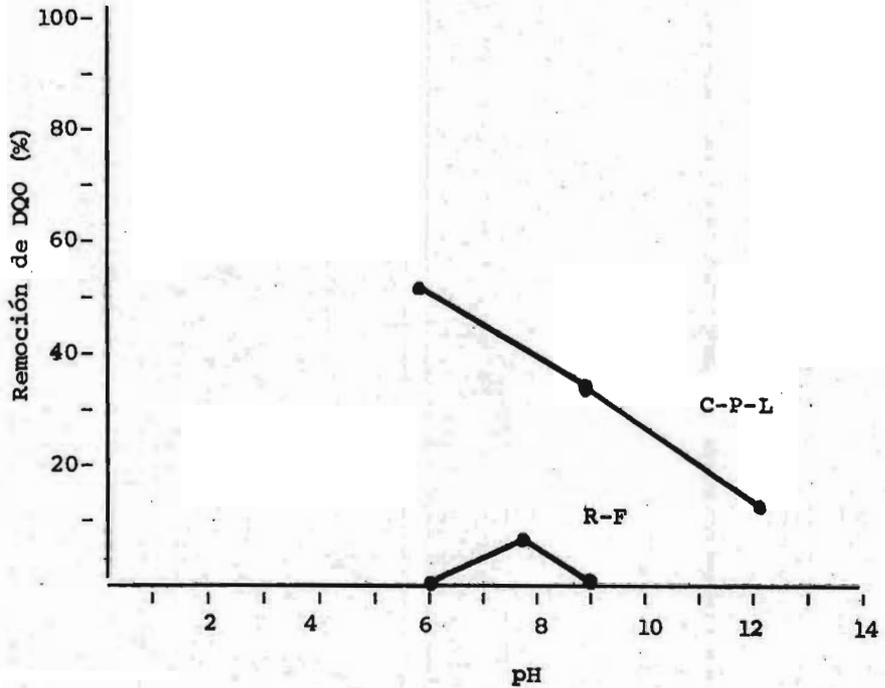
## DETERMINACION DEL pH OPTIMO DE COAGULACION

MUESTRA: C- P - L

Coagulantes: Solución de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  al 10%Solución de  $\text{FeCl}_3$  al 10%

DESCRIPCION	C	P	L
	1	2	3
Volumen de muestra; ml	500.0	500.0	500.0
pH inicial	12.2	12.2	12.2
pH final	12.2	9.0	6.0
Dosis de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ; g/l	1.4	1.4	1.4
Dosis de $\text{FeCl}_3$ ; g/l	1.0	1.0	1.0
Agitación (100 rpm); min.	5.0	5.0	5.0
Agitación (40 rpm); min.	15.0	15.0	15.0
Sedimentación; min. .	60.0	60.0	60.0
DQO inicial; mg/l	23200.0	23200.0	23200.0
DQO final; mg/l	19796.0	15876.0	11564.0
Remoción de DQO; %	14.7	31.6	50.2
SDT inicial; mg/l	20310.0	20310.0	20310.0
SDT final; mg/l	18064.0	15160.0	18936.0
Remoción de SDT; %	11.0	29.4	6.8

DETERMINACION DEL pH OPTIMO DE COAGULACION

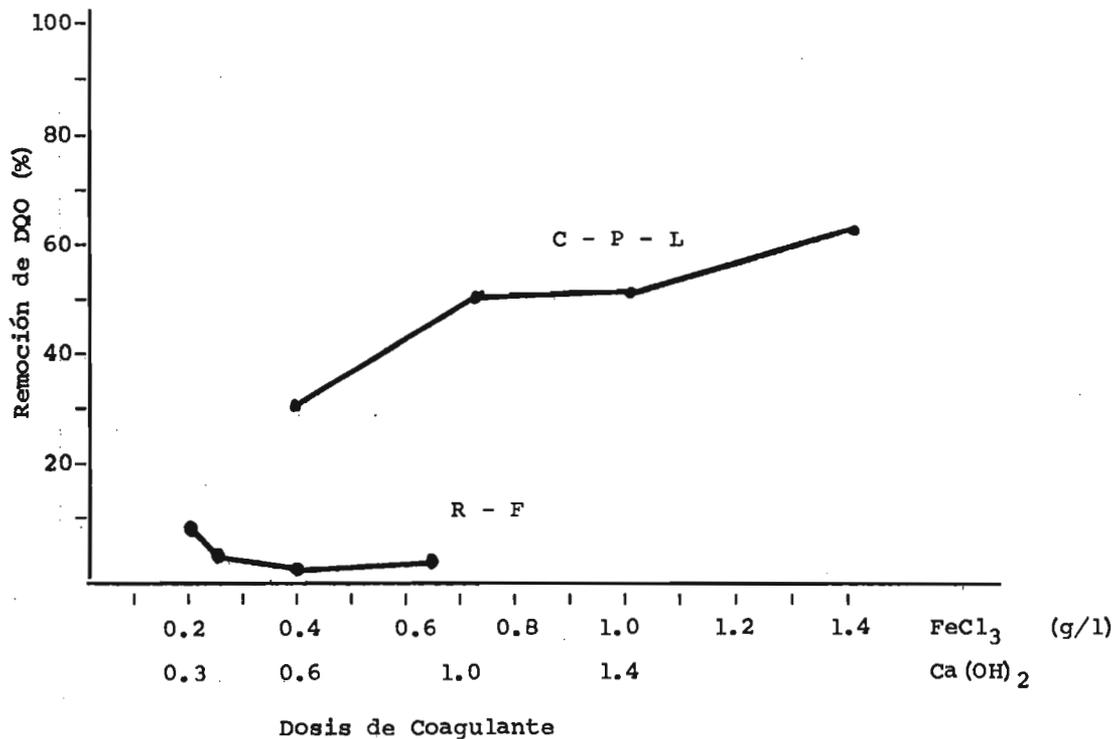


C U A D R O    V-7  
 DETERMINACION DE LA DOSIS OPTIMA DE COAGULANTES  
 MUESTRA: C - P - L

Coagulantes: Solución de  $\text{Ca(OH)}_2$  al 10%  
 Solución de  $\text{FeCl}_3$  al 10%

DESCRIPCION	C	P	L	
	1	2	3	4
Volumen de muestra; ml	500.0	500.0	500.0	500.0
pH inicial	12.2	12.2	12.2	12.2
pH final	6.0	6.0	6.0	6.0
Dosis de $\text{Ca(OH)}_2$ ; g/l	0.6	1.0	1.4	2.0
Dosis de $\text{FeCl}_3$ ; g/l	0.4	0.7	1.0	1.4
Agitación rápida - (100 rpm); min	5.0	5.0	5.0	5.0
Agitación lenta (40 rpm); min	15.0	15.0	15.0	15.0
Tiempo de sedimentación; min.	60.0	60.0	60.0	60.0
DQO inicial; mg/l	23200.0	23200.0	23200.0	23200.0
DQO final; mg/l	16072.0	11760.0	11564.0	9408.0
Remoción de DQO; %	30.7	49.3	50.2	59.5
SDT inicial; mg/l	20310.0	20310.0	20310.0	20310.0
SDT final; mg/l	17500.0	17748.0	18936.0	19128.0
Remoción de SDT; %	13.8	12.6	6.8	5.8

DETERMINACION DE LA DOSIS OPTIMA DE COAGULACION



## C U A D R O V-8

## DETERMINACION DEL pH OPTIMO DE COAGULACION

MUESTRA: R - F

Coagulantes: Solución de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  al 10%Solución de  $\text{FeCl}_3$  al 10%

DESCRIPCION	R	-	F
	1	2	3
Volumen de muestra; ml	500.0	500.0	500.0
pH inicial	8.3	8.3	8.3
pH final	9.0	7.5	6.0
Dosis de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ; g/l	0.3	0.3	0.3
Dosis de $\text{FeCl}_3$ ; g/l	0.2	0.2	0.2
Agitación (100 rpm); min.	5.0	5.0	5.0
Agitación (40 rpm); min.	15.0	15.0	15.0
Sedimentación; min.	60.0	60.0	60.0
DQO inicial; mg/l	17028.0	17028.0	17028.0
DQO final; mg/l	18018.0	15840.0	17820.0
Remoción de DQO; %	---	7.0	---
SDT inicial; mg/l	4305.0	4305.0	4305.0
SDT final; mg/l	4140.0	3545.0	4895.0
Remoción de SDT; %	3.8	17.6	--

Para determinar la dosis óptima de coagulación de la muestra compuesta R - F se efectúa otra corrida a pH de 7.0. Las dosis aplicadas son de 0.3, 0.4, 0.6 y 1.0 g/l de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  y 0.2, 0.28, 0.4 y 0.66 g/l de  $\text{FeCl}_3$  respectivamente. En todos los casos se detectan disminuciones de la DQO, pero éstas son demasiado bajas, la máxima es de 7 por ciento, tal como se presenta en el cuadro V-9 y la figura 5.2. Esto significa la inaplicabilidad del proceso de coagulación para la muestra compuesta de R - F.

La muestra compuesta de R - F, a la que se le disgrega la descarga de agua de deshidratación de la planta R es sometida también al proceso de coagulación. El pH original de esta muestra es de 8.5 y las muestras se ajustan hasta obtener valores de 8.5, 7.5, y 6.5 usando una dosis de coagulantes de 0.38 g/l de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  y 0.26 g/l de  $\text{FeCl}_3$ . El cuadro V-10 presenta los resultados obtenidos, que indican una reducción máxima de DQO de 11.8 por ciento para la muestra ajustada a pH de 6.5, considerándolo como el óptimo y determinando la dosis de coagulante más conveniente para este pH.

Para obtener la dosis óptima de coagulación se corren pruebas con las siguientes cantidades de coagulantes 0.3, - 0.38, 0.6 y 1.0 de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  y 0.2, 0.26, 0.4 y 0.66 g/l de  $\text{FeCl}_3$ . Los resultados que aparecen en el cuadro V-11 corresponden a esta corrida y muestra que solo hay remoción de DQO para la dosis de 0.38 g/l de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  y 0.26 g/l de  $\text{FeCl}_3$ . Estos resultados distan mucho de los esperados en procesos de coagulación, debido principalmente a la naturaleza de las aguas y del tipo de contaminantes acarreados.

#### AEREACTION.

Las muestras compuestas C - P - L y R - F, se someten al proceso de aereación durante 30 minutos, con el objeto de

## C U A D R O V-9

## DETERMINACION DE LA DOSIS OPTIMA DE COAGULANTES

MUESTRA: R - F

Coagulantes: Solución de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  al 10%Solución de  $\text{FeCl}_3$  al 10%

DESCRIPCION	R - F			
	1	2	3	4
Volumen de muestra; ml	500.0	500.0	500.0	500.0
pH inicial	8.3	8.3	8.3	8.3
pH final	7.5	7.5	7.5	7.5
Dosis de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ; g/l	0.3	0.4	0.6	1.0
Dosis de $\text{FeCl}_3$ ; g/l	0.2	0.28	0.4	0.66
Agitación (100 rpm); min	5.0	5.0	5.0	5.0
Agitación (40 rpm); min	15.0	15.0	15.0	15.0
Sedimentación; min	60.0	60.0	60.0	60.0
DQO inicial; mg/l	17028.0	17028.0	17028.0	17028.0
DQO final; mg/l	15840.0	16038.0	16830.0	16434.0
Remoción de DQO; %	7.0	5.8	1.2	3.5
SDT inicial; mg/l	4305.0	4305.0	4305.0	4305.0
SDT final; mg/l	3545.0	4820.0	5210.0	5890.0
Remoción de SDT; %	17.6	---	---	---

## C U A D R O V-10

## DETERMINACION DE pH OPTIMO DE COAGULACION

MUESTRA: R - F

Coagulantes: Solución de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  al 10%Solución de  $\text{FeCl}_3$  al 10%

DESCRIPCION	R	-	F
	1	2	3
Volumen de muestra; ml	500.0	500.0	500.0
pH inicial	8.5	8.5	8.5
pH final	8.5	7.5	6.5
Dosis de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ; g/l	0.38	0.38	0.38
Dosis de $\text{FeCl}_3$ ; g/l	0.26	0.26	0.26
Agitación (100 rpm); min	5.0	5.0	5.0
Agitación (40 rpm); min	15.0	15.0	15.0
Sedimentación; min	60.0	60.0	60.0
DQO inicial; mg/l	2693.0	2693.0	2693.0
DQO final; mg/l	2970.0	2574.0	2376.0
Remoción de DQO; %	---	4.4	11.8
SDT inicial; mg/l	2440.0	2440.0	2440.0
SDT final; mg/l	2460.0	2410.0	2100.0
Remoción de SDT; %	---	1.2	13.9

C U A D R O    V-11  
 DETERMINACION DE LA DOSIS OPTIMA DE COAGULANTES

MUESTRA:    R - F

Coagulantes: Solución de  $\text{Ca(OH)}_2$  al 10%  
 Solución de  $\text{FeCl}_3$  al 10%

DESCRIPCION	R    -    F			
	1	2	3	4
Volumen de muestra; ml	500.0	500.0	500.0	500.0
pH inicial	8.5	8.5	8.5	8.5
pH final	6.5	6.5	6.5	6.5
Dosis de $\text{Ca(OH)}_2$ ; g/l	0.3	0.38	0.6	1.0
Dosis de $\text{FeCl}_3$ ; g/l	0.2	0.26	0.4	0.66
Agitación (100 rpm); min	5.0	5.0	5.0	5.0
Agitación (40 rpm); min	15.0	15.0	15.0	15.0
Sedimentación; min	60.0	60.0	60.0	60.0
DQO inicial; mg/l	2693.0	2693.0	2693.0	2693.0
DQO final; mg/l	3564.0	2376.0	2970.0	3376.0
Remoción de DQO; %	---	11.8	---	---
SDT inicial; mg/l	2440.0	2440.0	2440.0	2440.0
SDT final; mg/l	2415.0	2100.0	2825.0	3215.0
Remoción de SDT; %	1.0	13.9	---	---

obtener remoción de compuestos volátiles mediante dicho proceso. Los resultados obtenidos muestran que en el caso de la muestra R - F se obtiene una reducción de la DQO (demanda química de oxígeno) del 50 por ciento, mientras que la muestra C- P- L no responde al tratamiento. La reducción de SDT- (Sólidos disueltos totales) no es significativa en ambas - - muestras. En el cuadro V-12 se presentan los resultados del experimento.

### OXIDACION QUIMICA.

Se realizan pruebas de oxidación química para las - - muestras compuestas de C- P- L y R - F, utilizando dos agentes oxidantes diferentes: hipoclorito de sodio (solución con 5.9% de cloro aprovechable) y permanganato de potasio en forma cristalina. Se efectúan corridas variando la dosis de ambos, con el fin de observar la aplicabilidad de cada uno. - Los resultados obtenidos se presentan en el cuadro V-13 y - V-14. De éstos, se observa que para ambos casos la muestra de GPL no sufre oxidación alguna, sin embargo la muestra de R-F presenta en promedio un 50 por ciento de oxidación. Los resultados anteriores corresponden a pruebas que se efectúan al pH original de cada muestra.

Posteriormente, se corren pruebas de oxidación para - ambas muestras, variando el pH con dosis constantes de permanganato de potasio ( $K MnO_4$ ). Los ajustes de pH se efectúan usando ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) concentrado.

En el caso de la compuesta C- P- L, se ajusta el pH - de las muestras a 10.0, 8.1 y 6.0, la oxidación se lleva a - cabo usando siempre una dosis de 2.5 g de  $K MnO_4$  para 500 ml de muestra; las reducciones de DQO es de 55, 54 y 59% respectivamente.

C U A D R O V-12

RESULTADOS DE LA PRUEBA DE AEREACION DE LAS MUESTRAS  
C - P - L Y R - F

MUESTRA COMPUESTA	A N T E S		D E S P U E S		REMOCION	
	DQO <sub>i</sub> (mg/l)	SDT <sub>i</sub> (mg/l)	DQO <sub>f</sub> (mg/l)	SDT <sub>f</sub> (mg/l)	DQO (%)	SDT (%)
C - P - L	19,141	19,385	24,600	24,350	---	---
R - F	20,641	2,835	10,320	2,790	50	1.6

C U A D R O    V-13  
 PRUEBA DE OXIDACION QUIMICA  
 MUESTRAS: C- P- L y R-F

Agente oxidante: Solución de hipoclorito de sodio al 5.9% de Cloro disponible.

DESCRIPCION	C - P - L		R -	F
	1	2	1	2
Volumen de muestra; ml	100.0	100.0	100.0	100.0
pH	13.5	13.5	9.5	9.5
Agente oxidante	NaOCl	NaOCl	NaOCl	NaOCl
Dosis de NaOCl; ml	10.0	20.0	10.0	20.0
Agitación (100 rpm); min	5.0	5.0	5.0	5.0
Agitación (40 rpm); min	15.0	15.0	15.0	15.0
Tiempo de contacto; min	60.0	60.0	60.0	60.0
DQO inicial; mg/l	19141.0	19141.0	20641.0	20641.0
DQO final; mg/l	21728.0	18624.0	9120.0	9920.0
Reducción de DQO; %	---	2.7	55.8	51.9

C U A D R O V-14  
PRUEBA DE OXIDACION QUIMICA  
MUESTRAS: C- P- L- y R- F

Agente oxidante: Permanganato de potasio ( $\text{KMnO}_4$ )

DESCRIPCION	C	P	L	R		F
	1	2	3	1	2	3
Volumen de muestra; ml	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
pH	13.5	13.5	13.5	9.5	9.5	9.5
Agente oxidante	$\text{KMnO}_4$	$\text{KMnO}_4$	$\text{KMnO}_4$	$\text{KMnO}_4$	$\text{KMnO}_4$	$\text{KMnO}_4$
Dosis de $\text{KMnO}_4$ ; g/l	0.01	0.1	0.5	0.01	0.1	0.5
Agitación (100 rpm) min	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Agitación (40 rpm) min	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
Tiempo de contacto; min	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0
DQO inicial; mg/l	19141.0	19141.0	19141.0	20641.0	20641.0	20641.0
DQO final; mg/l	24056.0	22504.0	20641.0	9760.0	10421.0	9120.0
Oxidación de DQO; %	---	---	---	52.7	49.5	55.8

Dá mejor resultado trabajar a pH de 6.0, aunque las - diferencias de reducción de DQO entre las tres muestras sean pequeñas, o sea, que el factor pH es importante para esta - agua residual, pero no en forma determinante. Cabe la posibi- lidad, de que el aumento de eficiencia de remoción al dismi- nuir el pH, sea menos importante que el costo de la cantidad de  $H_2SO_4$  usada en ello. En ninguna de las tres muestras an- teriores, se observa disminución de los sólidos disueltos, - tal como se muestra en el cuadro V-15.

En base a los resultados de la corrida anterior, se - determina el pH óptimo de oxidación de la muestra de C- P- L en 6.0. La siguiente serie de pruebas es a este pH y se va- rían las dosis de oxidante, que son de: 0.1, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 y 3.0 g para 500 ml de muestra. Las mues- tras que presentan disminución de DQO son en las que se usan 1.5, 2.0, 2.5 y 3.0 g de  $K MnO_4$ . Las dosis menores no efec- túan oxidación alguna. La máxima oxidación se presenta con- dosis de 2.5 g de  $K MnO_4$  y fué del 46 por ciento, obteniénd- o se resultados muy similares a éstos con dosis de 2.0 y 3.0 g por 500 ml, según se muestra en el cuadro V-16.

Las muestras de R - F, con un pH inicial de 10.4, se- ajustan a valores de 6.0, 8.0, y 10.4, efectúandose la oxida- ción con una dosis de 0.05 g de  $K MnO_4$ , para cada una de las tres muestras de 500 ml. Las reducciones de DQO son de 65,- 62, 62 por ciento, lo que significa que el pH óptimo de oxida- ción es 6.0, sin embargo, la diferencia de eficiencia de oxi- dación entre las muestras es de 3 por ciento implicando que- el control de pH no es determinante en este caso. Los sólidos disueltos no disminuyen en ninguna de las tres muestras, como se ve en el cuadro V-17.

## C U A D R O V-15

## DETERMINACION DEL pH OPTIMO DE OXIDACION

MUESTRA: C - P - L

Agente oxidante: Permanganato de potasio ( $\text{KMnO}_4$ )

DESCRIPCION	C	-	P	-	L
	1		2		3
Volumen de muestra; ml	500.0		500.0		500.0
pH inicial	13.0		13.0		13.0
pH final	10.0		8.1		6.0
Agente neutralizante	$\text{H}_2\text{SO}_4$		$\text{H}_2\text{SO}_4$		$\text{H}_2\text{SO}_4$
Agente oxidante	$\text{KmnO}_4$		$\text{KMnO}_4$		$\text{KMnO}_4$
Dosis de $\text{KMnO}_4$ ; g/l	5.0		5.0		5.0
Agitación (100 rpm); min	5.0		5.0		5.0
Agitación (40 rpm); min	15.0		15.0		15.0
Sedimentación; min	60.0		60.0		60.0
DQO inicial; mg/l	19141.0		19141.0		19141.0
DQO final; mg/l	8640.0		8720.0		7760.0
Remoción de DQO; %	55.0		54.0		59.0
SDT inicial; mg/l	19385.0		19385.0		19385.0
SDT final; mg/l	19330.0		20825.0		20845.0
Remoción de SDT; %	---		---		---

C U A D R O V-16

DETERMINACION DE LA DOSIS OPTIMA DE OXIDANTE  
MUESTRA: C -P-L

Agente oxidante: Permanganato de potasio ( $KMnO_4$ )

DESCRIPCION	C			P			L		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Volumen de muestra; ml	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0
pH inicial	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0
pH final	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
Agente neutralizante	$H_2SO_4$								
Agente oxidante	$KMnO_4$								
Dosis de $KMnO_4$ ; g/l	0.2	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
Agitación (100rpm) min	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Agitación (40rpm) min	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
Sedimentación; min	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0
DOO inicial; mg/l	19141.0	19141.0	19141.0	19141.0	19141.0	19141.0	19141.0	19141.0	19141.0
DOO final; mg/l	24600.0	24200.0	25000.0	26400.0	25400.0	16600.0	11120.0	10320.0	10640.0
Remoción DOO: %	---	---	---	---	---	13.0	42.0	46.0	44.0
SDT inicial; mg/l	19385.0	19385.0	19385.0	19385.0	19385.0	19385.0	19385.0	19385.0	19385.0
SDT final; mg/l	20840.0	20390.0	15790.0	19440.0	17360.0	18050.0	19365.0	19810.0	20095.0
Remoción SDT: %	---	---	18.0	---	10.0	7.0	---	---	---

## C U A D R O V-17

## DETERMINACION DEL pH OPTIMO DE OXIDACION

MUESTRA: R - F

Agente oxidante: Permanganato de potasio ( $\text{KMnO}_4$ )

DESCRIPCION	R - F		
	1	2	3
Volumen de muestra; ml	500.0	500.0	500.0
pH inicial	10.4	10.4	10.4
pH final	6.0	8.0	10.4
Agente neutralizante	$\text{H}_2\text{SO}_4$	$\text{H}_2\text{SO}_4$	$\text{H}_2\text{SO}_4$
Agente oxidante	$\text{KMnO}_4$	$\text{KMnO}_4$	$\text{KMnO}_4$
Dosis de $\text{KMnO}_4$ ; g/l	0.05	0.05	0.05
Agitación (100 rpm); min	5.0	5.0	5.0
Agitación (40 rpm); min	15.0	15.0	15.0
Sedimentación; min	60.0	60.0	60.0
DQO inicial; mg/l	20641.0	20641.0	20641.0
DQO final; mg/l	7120.0	7920.0	7920.0
Remoción de DQO; %	65.0	62.0	62.0
SDT inicial; mg/l	2835.0	2835.0	2835.0
SDT final; mg/l	3450.0	3090.0	2945.0
Remoción de SDT; %	---	---	---

En el cuadro V-18 se presentan los resultados de la serie de pruebas que determinan la dosis óptima de  $K MnO_4$  para la oxidación de la muestra compuesta R - F. Estas pruebas se efectúan a  $pH = 6.0$  y con dosis de 20, 40, 60, 80, 100 y 120  $mg/l$  de  $K MnO_4$  como oxidante. En este caso, todas las muestras presentan oxidación química, con eficiencias de reducción de DQO de 59, 55, 54, 51, 50 y 54 por ciento respectivamente. Tal como se observa, la mejor remoción de DQO se obtiene con la dosis de 20  $mg/l$  de  $K MnO_4$  y el aumentar la dosis de oxidante no significa mejoría en la eficiencia de reducción de DQO, sino que ésta disminuye ligeramente. Todas estas pruebas se realizan manteniendo siempre constantes los tiempos de agitación y sedimentación.

Se ven además las figuras 5.3 y 5.4 de la determinación de  $pH$  óptimo de oxidación.

#### ADSORCION.

#### CARBON ACTIVADO

El carbón activado es un material muy usado en la separación de sustancias disueltas en un disolvente, generalmente agua, o algún compuesto orgánico, debido al alto valor de área superficial por unidad de peso que tiene. Este proceso se simula en el laboratorio mediante dos columnas con diámetro de 1.91 cm y altura del lecho de carbón de 70 cm., conectadas en serie, de modo que el efluente de la primera columna sea el afluente de la segunda. Antes del inicio de la prueba se le determina a las muestras de agua su contenido de DQO y SDT con el fin de conocer las características iniciales.

C U A D R O    V-18  
 DETERMINACION DE LA DOSIS OPTIMA DE OXIDANTE  
 MUESTRA:    R - L

Agente oxidante: Permanganato de potasio ( $\text{KMnO}_4$ )

DESCRIPCION	R			F		
	1	2	3	4	5	6
Volumen de muestra; ml	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0
pH inicial	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5
pH final	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
Agente neutralizante	$\text{H}_2\text{SO}_4$	$\text{H}_2\text{SO}_4$	$\text{H}_2\text{SO}_4$	$\text{H}_2\text{SO}_4$	$\text{H}_2\text{SO}_4$	$\text{H}_2\text{SO}_4$
Agente oxidante	$\text{KMnO}_4$	$\text{KMnO}_4$	$\text{KMnO}_4$	$\text{KMnO}_4$	$\text{KMnO}_4$	$\text{KMnO}_4$
Dosis de $\text{KMnO}_4$ ; g/l	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12
Agitación (100 rpm) min	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Agitación (40 rpm) min	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
Sedimentación; min	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0
DQO inicial; mg/l	20641.0	20641.0	20641.0	20641.0	20641.0	20641.0
DQO final; mg/l	8480.0	9280.0	9440.0	10080.0	10320.0	9520.0
Remoción DQO; %	59.0	55.0	54.0	51.0	50.0	54.0
SDT inicial; mg/l	2835.0	2835.0	2835.0	2835.0	2835.0	2835.0
SDT final; mg/l	3015.0	2815.0	2570.0	2665.0	3030.0	2770.0
Remoción SDT; %	---	---	9.0	6.0	---	2.0

FIGURA 5.3

DETERMINACION DEL pH OPTIMO DE OXIDACION

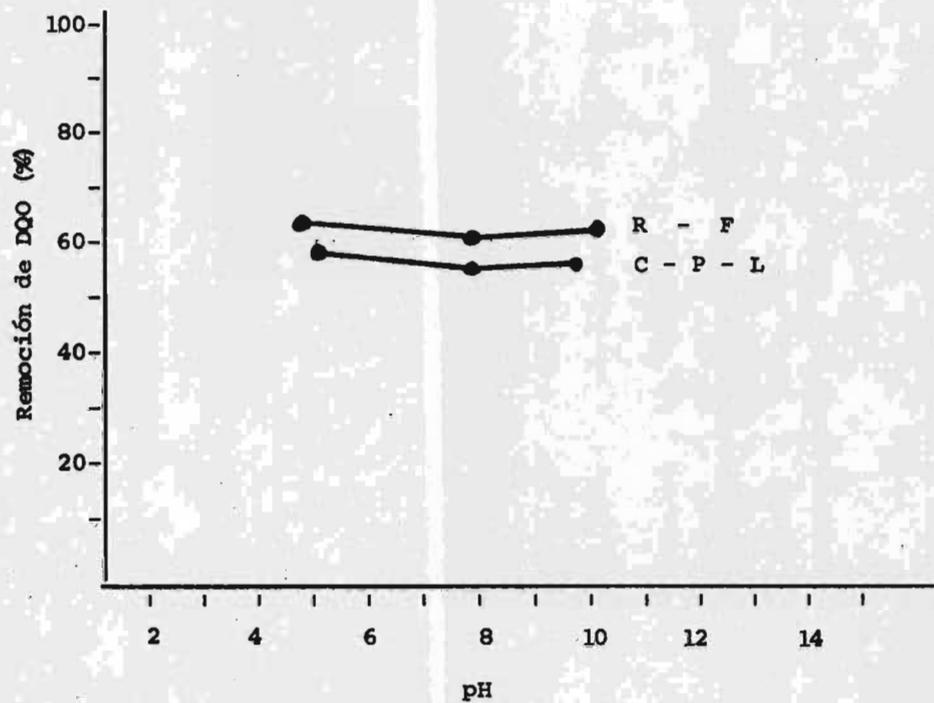
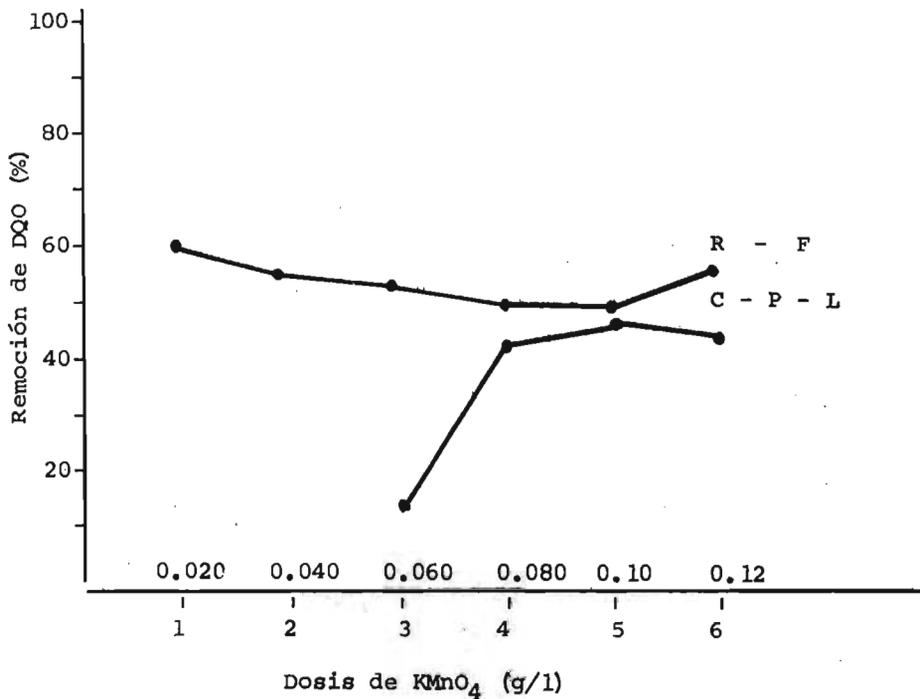


FIGURA 5.4

DETERMINACION DE LA DOSIS OPTIMA DE OXIDACION



La muestra compuesta de las plantas C - P - L con concentración de 23,200 mg/l de DQO y 20,310 mg/l de SDT, sufre una reducción en su contenido de DQO de 7.8% en la primera - columna y 15% en la segunda. Los sólidos disueltos disminuyen un 7.6% al salir de la primera columna y el efluente de la segunda no presenta reducción adicional. Estos resultados no son significativos para los fines perseguidos y la aplicabilidad de este proceso para estas aguas es nula.

La muestra compuesta R - F, cuyos valores de DQO y - SDT son 20,641 mg/l y 2,835 mg/l respectivamente, presenta - una remoción significativa en su contenido de DQO del orden - del 50 por ciento en la primera columna, pero en la segunda, la remoción es muy baja (4.6%). Los sólidos disueltos tie-- nen eficiencias de remoción bajísimas en ambas columnas. Los resultados presentados en el cuadro V-19, indican que la -- muestra compuesta de R - F responde a este tratamiento solo - en la primera columna, lo cual significa que el material re - movible por este proceso, se elimina casi totalmente en la - primera etapa.

Para ambas muestras compuestas, se utiliza un gasto - de alimentación de 10 l/min., observándose que el efluente - de la muestra compuesta C- P- L no sufre alteración en sus - propiedades físicas (color, olor, etc.), sin embargo, el - - efluente de la muestra compuesta R-F, resulta incoloro.

## 2.- RESINA AMBERLITE XAD-2

La resina amberlite XAD-2 es un adsorbente polimérico producido en forma de esferas blancas insolubles, diseñadas - para usarse en columnas u operaciones discontinuas, para la - adsorción de sustancias orgánicas solubles en agua. Este - adsorbente hidrofóbico es un polímero de poliestireno sinté-

C U A D R O V-19

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE ADSORCION CON CARBON ACTIVADO  
MUESTRAS: C - P - L y R - F

PARAMETRO		C	P	L	R	F	Remoción
		Influente	Efluente	Remoción	Influente	Efluente	
PRIMERA	DQO (mg/l)	23,200	21,400	7.8%	20,641	10,400	49.6%
COLUMNA	SDT (mg/l)	20,310	18,775	7.6%	2,835	2,818	0.6%
SEGUNDA	DQO (mg/l)	21,400	18,200	15.0%	10,400	9,920	4.6%
COLUMNA	SDT (mg/l)	18775	24,215	---	2,818	2,780	1.3%

tico insoluble. Se caracteriza por su porosidad física macroreticular, su distribución de tamaño de poros, su alta área superficial y su estructura no iónica químicamente homogénea. Debido a estas características, se escoge entre una variedad de resinas, simulándose el proceso de adsorción en el laboratorio con dos columnas de diámetro 1.9 cm y altura de lecho de resina de 60 cm. Ambas columnas se conectan en serie de manera tal que el efluente de la primera columna de adsorción fuese afluente de la segunda.

Se establecen las condiciones y características iniciales de las muestras compuestas C - P - L y R - F, mediante análisis del contenido de DQO y SDT de cada una.

La muestra compuesta de las plantas C- P- L con valores iniciales de 23,200 mg/l de DQO y 20,310 mg/l de SDT, presenta una disminución en su contenido de DQO de 8.6% en la primera columna y 1.9% después de la segunda, ambas reducciones son despreciables. Los sólidos disueltos del efluente de la primera columna disminuyen en un 13%, mientras, que la segunda columna no presenta reducción alguna. Estos resultados no son significativos y solo demuestran la nula respuesta por parte de la muestra a este tratamiento.

La muestra de R - F, cuyas concentraciones de DQO y SDT son 20,641 mg/l y 2,835 mg/l respectivamente, tiene un contenido de DQO en el efluente de la primera columna de 6,800 mg/l que representa un 67 por ciento de remoción. Los sólidos disueltos se reducen en esta columna un 41%. La segunda columna arroja una disminución de DQO de 7.3%, mientras que los sólidos disueltos permanecen sin mejoría.

El único resultado satisfactorio, tal como se aprecia en el cuadro V-20, es la remoción de DQO que sufre la muestra de R - F al pasar por la columna de adsorción empacada -

C U A D R O V-20

RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE ADSORCION CON RESINA XAD-2

MUESTRAS: C- P- L y R- F

Parámetro	C - P - L			R - F		
	Influyente	Efluente	Remoción	Influyente	Efluente	Remoción
PRIMERA DQO (mg/l)	23,200	21,200	8.6%	20,641	6,800	67.0%
COLUMNA SDT (mg/l)	20,310	17,670	13.0%	2,835	1,680	41.0%
SEGUNDA DQO (mg/l)	21,200	20,800	1.9%	6,800	6,300	7.3%
COLUMNA SDT (mg/l)	17,670	22,545	---	1,680	1,825	---

con resina amberlite XAD-2.

En estas pruebas se usa para ambas muestras, un gasto de alimentación de 5 ml/min, observándose buena calidad física del efluente solo en el caso de la muestra compuesta R-F.

## COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

### COAGULACION.

La muestra de las plantas C - P - L responden con un 50 por ciento de remoción de DQO al proceso de coagulación - con hidróxido de calcio y cloruro férrico, aunque las cantidades requeridas de estos compuestos son muy elevadas. El éxito relativo obtenido en este proceso se debe principalmente a la presencia de descargas con alto contenido de sólidos suspendidos o en emulsión. Un factor limitante para este proceso, es el tratamiento y disposición de lodos generados.

Los dos tipos de muestra (con y sin disgregación de las aguas más concentradas), de las plantas R - F, no responden a este tratamiento, dado su bajo contenido de sólidos suspendidos.

### AEREACION.

Este proceso resulta aplicable a la muestra compuesta R - F, y a las aguas del lavado de productos de C, removiéndose en ambos casos, el 50% de la DQO, inicial del desecho, a presencia de compuestos volátiles en esta muestra, motiva al remoción.

## OXIDACION QUIMICA.

El hipoclorito de sodio no resulta aplicable como -- agente oxidante, para ninguna de las muestras compuestas. En cambio, el permanganato de potasio si oxida gran parte de la materia que contienen las muestras.

Sin embargo, en el caso de las muestras compuestas C-P - L, se requieren cantidades prohibitivas de permanganato de potasio ( $5 \text{ Kg/m}^3$ ) para obtener un 50% de oxidación de materia orgánica. En el caso de la muestra compuesta R - F con una dosis de  $20 \text{ mg/l}$  ( $20 \text{ g/m}^3$ ), se obtiene una oxidación de casi el 60%.

## ADSORCION.

### 1.- CARBON ACTIVADO

Este proceso resulta aplicable a la muestra de R-F, - presentando una remoción de DQO de 50 por ciento. El uso de carbón activado presenta la desventaja de que el que se maneja en el mercado nacional no es regenerable, lo que limita su posible aplicación en este proceso.

### 2.- RESINAS AMBERLITE XAD-2

Solo la muestra de R - F, responde significativamente al proceso de adsorción con este material, lo que verifica la disponibilidad que poseen ciertos compuesto de estas descargas al ser eliminados.

Después de cada ciclo de operación, la resina debe ser regenerada con solución cáustica (1 ó 2 por ciento de hidróxido de sodio), usando para ello una cantidad de solución

equivalente a cinco volúmenes de resina, cantidad que representa el 50% del total a tratarse. Este factor y el alto costo de la resina por ser de importación, son los limitantes de su posible uso.

Un resultado sobresaliente, es que la mayoría de los procesos empleados arrojan eficiencias similares en el tratamiento de las descargas de R - F, lo cual nos indica que entre la gama de contaminantes presentes, solo cierto tipo de tales compuestos son removidos.

## CAPITULO VI

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Se puede concluir que por ser ésta una actividad humana requiere de una motivación inicial cuyo objetivo sea el de crear la conciencia en el habitante del planeta de preservar y equilibrar sus recursos y necesidades, informándole y haciéndole comprender que los recursos como el agua, el aire y el suelo no son ya del todo auto-purificables, debido a la cantidad y sofisticación de los productos, subproductos y desechos que se generan y disponen en el medio ambiente por la tecnología actual.

Se le debe informar de las características originales o naturales del agua y de las que tiene en la realidad, para que reconozca la diferencia tan grande que existe, convenciéndolo clara y precisamente de la magnitud del problema.

Debe conocer los trastornos ecológicos que se han producido, cuándo y cómo se presentaron y las repercusiones posteriores que trajeron, refiriendo siempre la causa o causas que los produjeron.

Las leyes, reglamentos y normas deben difundirse también para que conozca qué esfuerzos en materia legal se están haciendo para contrarrestar o detener la contaminación.

Los adelantos técnicos que se vayan alcanzando deben también ser conocidos por el habitante del planeta para que reconozca que se está trabajando en la solución práctica del problema.

Los estudios y resultados de los mismos deben de hacerse notar para que en base a ellos se planeen nuevas actividades para mejorar las condiciones presentes.

Toda esta información debe ser dirigida y motivacio--  
nal, sin ser alarmista; debe procurar que se generen accio--  
nes positivas evitando el caos que a nada conduce. Esta in--  
formación debe ser certera y dirigida hacia los diversos gru--  
pos de población para procurar su contribución en la solu--  
ción del problema.

Es necesario pues, que todos sepan qué mal están ha--  
ciendo al medio ambiente al no utilizar en una forma racio--  
nal el agua y que se induzca a precisar los usos estrictos -  
del agua y las cantidades requeridas para esos usos, cuidan--  
do que se cumplan.

Debemos de estar pendientes de los avances que se lo--  
gren en la lucha contra la contaminación del agua, lo mismo--  
en la recuperación de cuerpos receptores, como en la legisla--  
ción y métodos de tratamiento para estar en una constante ac--  
tualización y planeación de resultados.

Conociendo el origen y desarrollo de los problemas de  
la contaminación podemos conocer su evolución y prevenir pro--  
blemas futuros.

La legislación debe actualizarse de acuerdo a las ne--  
cesidades y posibilidades del país y de su población, estu--  
diando también su evolución para trazar estrategias y planes  
de acción programados para el abatimiento de la contamina--  
ción del agua.

Las normas oficiales de muestreo y análisis deben de--  
seguirse revisando y actualizando para tener métodos más pre--  
cisos y eficientes de acuerdo a las necesidades del análisis  
de aguas.

Esta revisión la lleva a cabo el Subcomité de Aguas -

del Comité Consultivo de Normalización para el Mejoramiento Ambiental, que ya ha revisado las normas de muestreo y la de determinación de sólidos sedimentables. Otra de las normas - que debe revisarse es la norma de "Determinación de Materia-Flotante en Aguas Residuales" (DGN-AA-6-1973) cuyo resultado de análisis no informa precisa y objetivamente de la concentración de materia flotante encontrada, reportando solo si - existe o no materia flotante retenida en una malla de 3 mm - de claro libre cuadrado. Este dato no sirve de mucho para el diseño de equipo de control para esta contaminación, ni para la evaluación precisa de las características de la descarga, impidiendo verificar cuantitativamente la eficiencia de los-pasos del proceso o equipo problema. Debe corregirse el método ampliándolo hasta determinar la concentración, usando un-volumen específico de muestra que se deberá hacer pasar por-la malla y en caso de retenerse algo, deberán seguirse métodos tipo para pesar el material ya sea en forma húmeda o se-ca, dependiendo de las características del mismo, para obte-ner finalmente el dato de concentración.

Por otro lado, el sector industrial deberá actualizar sus procesos, supervisando la eficiencia en el uso del agua, considerándola ya como una materia prima más que requiere de extracción, manejo y en algunos casos de tratamiento, por lo que se debe controlar su uso sin esperar a que las dependen-cias gubernamentales fijen normas y establezcan sanciones -- que obliguen a cumplirlas.

Una especial atención debe recibir este recurso por - parte de la industria, pues hace un uso masivo del mismo comparado con el uso municipal, debiendo conocer las caracterís-ticas originales del agua recibida y analizar cómo se degrada o pudiera degradarse al entrar a los procesos y operacio-nes; debe estudiar la forma de reducir o eliminar esa posi--ble contaminación mejorando los procesos o proponiendo y de-

sarrollando otros nuevos, para reducir y de ser posible eliminar el uso del agua en ellos, pues debe considerarse que el agua que deseché deberá tratarse para cumplir con lo establecido en el reglamento, y es más económico tratar volúmenes pequeños de agua que grandes volúmenes de la misma. Y si es inminente un tratamiento, puede procurarse uno que garantice la recirculación del agua introduciéndola nuevamente al proceso sin mermar la calidad del producto, la eficiencia de la operación y la conservación del equipo.

La población en general debe de darle un uso racional al agua para evitar su agotamiento, cumpliendo con normas de preservación, que se fijen en un programa nacional.

Toda la información aunada a la instrucción acerca de lo que se debe de hacer y la forma de hacerlo, logrará resultados programados a corto, mediano y largo plazo, administrados y controlados por las dependencias gubernamentales idóneas.

Se debe vencer la inercia de la población a hacer algo, debemos despertar el interés y la necesidad de trabajar contra la contaminación mediante programas.

Estos programas deberán ser producto de estudios de los problemas presentes y a futuro, y en ellos deben de establecerse actividades específicas del gobierno, de la industria y de cada sector de la población, estableciendo también objetivos de calidad del agua de acuerdo a su destino e inculcando el uso racional de la misma.

El Plan Nacional debe supervisarse y evaluar sus resultados periódicamente para prevenir fallas o mejorar métodos a través del diseño adecuado de indicadores de su efectividad para controlar el uso y características del agua en el

país.

La estrategia de inversión de recursos económicos y humanos en la lucha contra la contaminación, deberá ser el resultado del estudio de las causas de la contaminación y de las necesidades y posibilidades del país, fijando objetivos de la calidad del agua en plazos razonables para lograrse.

A los cuerpos receptores más contaminados del país debe de dárseles especial atención para restablecer en ellos sus condiciones ecológicas originales o deseables.

Se debe tener además una preparación masiva de técnicos especializados en laboratorios y plantas de tratamiento de aguas residuales para contar con suficiente material humano preparado para esta tarea.

La parte técnica para este tipo de proyectos debe de elaborarse en una forma lógica en la que se establezcan claramente los objetivos que queremos obtener del mismo. Como queremos conocer las características de nuestras descargas para saber el grado de contaminación que tienen con respecto a lo establecido en la legislación, entonces hay que marcar qué parámetros son necesario analizar, comprobando su influencia en la contaminación total del efluente, para que al conocer la concentración de cada uno de ellos conozcamos el origen de los contaminantes y así podamos emprender actividades para reducir o eliminar la presencia de ellos en el agua. Al corregir, mejorar o eliminar operaciones que afecten las características del agua, comprobaremos si cumplimos o no con la reglamentación revisando qué efluentes contaminan y en cuánto están contaminando nuestro efluente total.

Esta información servirá para evaluar el tipo de tratamiento necesario si se hiciera en forma total, por efluentes o en las fuentes de contaminación.

Después de tener nuestros objetivos definidos, se sigue con la revisión de normas oficiales de muestreo y análisis y otros métodos para analizar los parámetros que aún no se tengan como norma oficial.

El estudio de esta información nos dará a conocer los principios en que se basan los métodos, los materiales y - - equipos usados y la disponibilidad de adquisición en el mercado y costos de los mismos, tiempos de duración del análisis, grado de especialización necesario del personal para - efectuarlos, y otros datos pertinentes para elaborar alternativas posibles para tener los resultados, considerando los - recursos de que se dispone.

Luego, fijar una estrategia de muestreo y análisis - que nos permita obtener resultados eslabonados para alcanzar nuestros objetivos. Con ésto podremos identificar puntos de muestreo estratégicos y una secuencia del muestreo de acuerdo a los flujos y características de las descargas.

La estrategia de muestreo reviste vital importancia - en la investigación de las fuentes de contaminación o focos problemáticos que la originan.

La localización de los puntos de muestreo debe hacerse conociendo perfectamente la red de drenajes, mediante un plano actualizado, y los procesos y operaciones normales en cada lugar de la planta y aquellas operaciones esporádicas - en que se emplee agua, es decir, se debe conocer perfectamente el uso del agua en toda la planta, siguiendo el destino - de ella desde su extracción hasta su desecho.

Se debe revisar en el campo la forma en que se altera la calidad del agua, tomando nota acerca de las alteraciones que sufre o pudiera sufrir en todo el curso del drenaje; así se podrán conocer los puntos de muestreo ideales para corro-

borar los resultados de análisis que salgan de los normal o resulten dudosos y para que en un momento dado se analicen - las alternativas de separar o desviar drenajes de acuerdo a las características del agua que manejen.

Los puntos de muestreo deben ser accesibles y de - - acuerdo al parámetro que se desea analizar, considerando el tipo de efluente, características del ducto o canal y algunas otras más en casos especiales.

El programa de muestreo debe garantizar que se muestreen las descargas en tiempos en que sean representativas - en cuanto al flujo y calidad del agua, atendiendo a las características de operación y uso del agua en la planta.

Ya con el programa establecido, deberá de diseñarse - la forma en que se reportarán los resultados de análisis, - controlando su recepción al fijar la frecuencia y periodicidad en que se deberán de enviar.

Aquí deberá pensarse en las personas adecuadas para - muestrear y analizar, y cómo reportar sus resultados.

Con toda esta información podremos generar alternativas para la obtención de los resultados de los análisis. Cada alternativa deberá prepararse considerando el aspecto técnico y el económico; el técnico en cuanto al valor y cantidad de resultados, forma de obtenerlos, rapidez en su obtención, disponibilidad del personal capacitado para obtenerlos, tiempos disponibles necesarios para el muestreo y análisis, - facilidad en el manejo de muestras y resultados de análisis, disposición para actuar en problemas detectados al muestrear o analizar, etc. y en el aspecto económico al costear los - equipos, materiales, reactivos, facilidades para el muestreo y análisis, uso del local para análisis, pago por servicios-

externos, transportes, etc.

Una vez generadas las alternativas con sus ventajas y desventajas, se procede a compararlas entre sí para seleccionar la mejor de acuerdo a las necesidades de la planta.

Hasta aquí ya tenemos preparado el material técnico - necesario para presentar el proyecto para aprobación, haciéndose necesaria la justificación del mismo.

Desgraciadamente, al pensar en control de la contaminación se piensa erróneamente en gastos o erogaciones que difícilmente pueden considerarse inversiones, de ahí lo difícil de justificar razonablemente este tipo de proyectos para que se puedan llevar a cabo.

Se pretende que la justificación debe de hacerse desde el punto de vista casuístico, de calidad humana y de responsabilidad, haciendo notar la influencia en la ecología y su repercusión a plazos no establecidos, presentando primero un aspecto general del problema hasta llegar al problema específico, sustentado claro, en una información real y precisa que obligue a pensar en qué se podría hacer y cómo para remediarlo y aún para evitarlo. El planteamiento debe hacerse tocando primeramente la conciencia y responsabilidad, dejando como último recurso los requerimientos legales de ello o bien las sanciones por incumplimiento.

Esta primera parte de concientización o motivación es la más ardua y difícil, pero es la que una vez lograda va a permitir que los trabajos del proyecto marchen sin tropiezos, pues las personas motivadas y con un concepto real del problema y de su solución efficientan su trabajo, poniendo su entusiasmo y mejores esfuerzos en ello.

Debe procurarse el mantener motivados a los dirigentes, encargados, empleados, obreros y todos aquellos que de una forma u otra pueden ayudar a resolver situaciones de problema o bien pudieran afectar los resultados del proyecto. - Esto se puede lograr con promociones o campañas usando posters, películas, conferencias y otros recursos publicitarios tendientes a llamar la atención y procurar la acción conjunta del grupo en pro de la prevención y control de la contaminación del agua.

La presentación del proyecto debe ser en una forma - tal que se logre su aprobación. Debe incluirse también la - idea de que al detener la contaminación del agua se eficientarán sus procesos usando un mínimo de agua y obteniendo beneficios en la producción algunas veces sin inversiones de - equipos sino con modificaciones a los mismos.

Una vez aceptado el proyecto y los gastos que originará, se procede al desarrollo de la alternativa seleccionada.

Para este caso se considera como óptima la alternativa del muestreo y análisis por el personal de cada planta, - por lo que se procede a adquirir los materiales y equipos necesarios para ella, verificando que sean los que se solicitaron y se envía a cada una de las plantas.

Se entrena al personal en el muestreo y análisis según los métodos oficiales, enseñándoles a usar el muestreador y a montar el equipo para su uso. Se motiva al personal-encargado de estos trabajos para obtener de ellos su total - colaboración en el proyecto.

Se les instruye en el llenado de las hojas de reporte de resultados y en la forma en que se debe actuar en los casos de resultados confusos o anormales en que se deberá bus-

car y encontrar la causa, anotando las observaciones y aclaraciones pertinentes. Los resultados deberán de revisarse - constantemente para detectar variaciones.

Se les debe solicitar su colaboración para encontrarlos focos de contaminación de las aguas y su cuantificación - mediante los análisis y también se debe procurar la colaboración del personal de producción para llevar a cabo las posibilidades de eficientación de operaciones y procesos que con taminen el agua. Siempre se debe comprobar la causa de la - contaminación, analizando los efectos que pudiera tener el - eliminarla, antes de proceder a su eliminación.

El proyecto se supervisa y controla revisando los resultados obtenidos en los análisis, concentrándolos en un - control de datos por descarga y por planta y conociendo las medidas correctivas en las operaciones y sus resultados. Todos estos datos se llevan en una memoria técnica que permita aprovechar estas experiencias en otros proyectos similares.

Estas experiencias deberán de tomarse en cuenta para nuevos proyectos de plantas productivas en que se analice el proceso, su uso de agua, el tipo de contaminación que produciría, etc. con el objeto de minimizar los efectos perjudiciales del proceso o en su defecto rechazar ese proceso.

Posteriormente, una vez que se hacen las mejoras o mo dificaciones, se siguen analizando muestras de agua para hacerles pruebas de tratabilidad y conocer qué métodos son los mejores para cada muestra.

Las pruebas se harán en muestras individuales y com puestas de los diferentes procesos de la planta, dependiendo de las características de volumen de descarga, duración y -

frecuencia y de las características físico químicas de la - descarga, para saber si es conveniente un tratamiento global al final de todas las descargas, si es mejor el tratar des--cargas individuales o uniendo descargas semejantes, o si se elimina la contaminación con un tratamiento en la fuente o - definitivamente se procede a eliminar la fuente misma de la contaminación.

Los resultados de estas pruebas de tratabilidad serán tomadas en cuenta para las alternativas de tratamiento, viendo la posibilidad de reaprovechar esa agua tratada en operaciones cuyas características no se vean afectadas por la calidad del agua tratada, como pueden ser para lavado, enfriamiento, etc. o bien darle un tratamiento posterior para de--jar esta agua con características propias para el proceso, - generación de vapor, u otros usos para tener circuitos cerrados de agua en toda la planta.

El problema de la contaminación del agua es un problema que se debe atacar con ímpetu e ingenio, movidos por la - responsabilidad que tenemos para con las generaciones actuales y futuras y conscientes de sentar las bases para impedir que se vuelva a presentar este problema: la contaminación - del agua.

## A N E X O 1

Del análisis cuidadoso de las tablas siguientes, se podrá comprobar lo expuesto en la pág. 21 respecto a las normas de comparación de los constituyentes químicos en los estándares de agua potable (según la O.M.S. y los Servicios Públicos de Salud de los Estados Unidos de Norteamérica), Normas para Aguas Superficiales de Abastecimiento, Características Químicas en los Cuerpos de Agua utilizados para Abasto Público (según la O.M.S.) y sus efectos tóxicos.

Después de analizarlos se puede concluir que:

- 1.- Las características físicas de una agua natural: turbiedad, color, sabor y temperatura, son de una flexibilidad importante. La Comunidad misma y el aspecto financiero determinan el nivel a que han de potabilizarse el agua, siempre y cuando las características químicas, bacteriológicas y radiológicas cumplan con aquellas marcadas en las tablas B y C, según explicaciones de la tabla C.
- 2.- La D.B.O y la D.Q.O., los sólidos y el Oxígeno Disuelto, se analizan y consideran en el punto en que se toma el agua para su distribución.

Conclusión: El control de las sustancias y compuestos químicos de la tabla A (columna "U.S.P.H.S.", 1962) deben alcanzarse con la combinación de la dilución y tratamiento de las aguas residuales para usos benéficos del agua. Esto es, la calidad requerida para usos domésticos debe ser alcanzada con el manejo de la calidad del cuerpo receptor o en otras palabras, en el control de la contaminación de la fuente misma de abastecimiento.

T A B L A A

COMPARACION DE LOS CONSTITUYENTES QUIMICOS EN LOS ESTANDARES  
DE AGUA POTABLE DE LA ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD  
Y LOS SERVICIOS PUBLICOS DE SALUD DE ESTADOS UNIDOS +

Constituyentes Químicos	Concentraciones en miligramos por litro							
	OMS Internacional. (1958)				OMS Europa		U.S.P.H.S. (1962)	
	Límite permitido	Límite máximo	Máximo tolerable (1958)	Máximo tolerable (1963)	Límite recomendable	Límite tolerancia	Límite recomendable	Máximo tolerable
Sulfonato de Alquil Ben- cilo	—	—	—	—	—	—	0.5	—
Amonio (NH <sub>4</sub> )	—	—	—	—	0.5	—	—	—
Arsénico	—	—	0.2	0.05	—	0.2	0.01	0.05
Bario	—	—	—	1.0	—	—	—	1.0
Cadmio	—	—	—	0.01	—	0.05	—	0.01
Calcio	75	200	—	—	—	—	—	—
Extracto de Carbón en Cloroformo	—	—	—	0.5 <sup>***</sup>	—	—	0.2	—
Cloruro	200	600	—	—	350	—	250	—
Cromo (Hexavalente)	—	—	0.05	0.05	—	0.05	—	0.05
Cobre	1.0	1.5	—	—	3.0 <sup>(*)</sup>	—	1.0	—
Cianuro	—	—	0.01	0.2	—	0.01	0.01	0.2
Fluoruro	—	—	—	—	1.5	—	0.8-1.7 <sup>‡</sup>	1.6-3.4 <sup>‡</sup>
Hierro	0.3	1.0	—	—	0.1	—	0.3	—
Plomo	—	—	0.1	0.05	—	0.1	—	0.05
Magnesio	50	150	—	—	125 <sup>(**)</sup>	—	—	—
Magnesio + Sulfato de Sodio	500	1,000	—	—	—	—	—	—
Manganesa	0.1	0.5	—	—	0.1	—	0.05	—
Nitrato como (NO <sub>3</sub> )	—	—	—	—	50	—	45	—
Oxígeno disuelta (mínimo)	—	—	—	—	5.0	—	—	—
Compuestos fenólicos (como fenoles)	0.001	0.002	—	—	0.001	—	0.001	—
Selenio	—	—	0.05	0.01	—	0.05	—	0.01
Plata	—	—	—	—	—	—	—	0.05
Sulfato	200	400	—	—	250	—	250	—
Sólidos totales	500	1,500	—	—	—	—	500	—
Cinc	5.0	15	—	—	5.0	—	5.0	—

+ Normas Internacionales. OMS.

(\*) Después de 16 horas de contacto con tubería nueva; el agua entrando al sistema de distribución debe tener menos de 0.05 mg/l cobre.

(\*\*) Si hay 250 mg/l de sulfato presente, el magnesio no debe exceder de 30 mg/l.

‡ Los límites recomendados y máximos tolerables varían inversamente con el promedio anual de temperaturas. Ver Tabla 1.

\* Referencia: International Standards for Drinking-Water.

\*\*\* Concentraciones mayores de 0.2 mg/l indican la necesidad de hacer análisis más detallados para determinar el agente que los origina.

T A B L A B

NORMAS PARA AGUAS SUPERFICIALES DE ABASTECIMIENTO  
DE AGUA PÚBLICA \*

Constituyentes	Normas permitidas	Normas deseadas
<b>Físicos:</b>		
Color (unidad de color)	75	< 10
Olor	Consultar párrafo 2 <sup>3</sup>	Virtualmente ausente
Temperatura *	Consultar párrafo 2 <sup>3</sup>	Consultar párrafo 3 <sup>3</sup>
Turbiedad	Consultar párrafo 2 <sup>3</sup>	Virtualmente ausente
<b>Microbiológicas:</b>		
Organismos coliformes	10,000/100 ml. <sup>1</sup>	< 100/100 ml. <sup>1</sup>
Coliformes fecales	2,000/100 ml. <sup>1</sup>	< 20/100 ml. <sup>1</sup>
<b>Compuestos inorgánicos: (mg/l)</b>		
Alcalinidad	Consultar párrafo 6 <sup>3</sup>	Consultar párrafo 6 <sup>3</sup>
Amoniaco	0.5 (como N)	< 0.01
Arsénico *	0.05	Ausente
Borio	1.0	Ausente
Boro *	1.0	Ausente
Cadmio *	0.01	Ausente
Cloruro	250	< 25
Cromo hexavalente	0.05	Ausente
Cobre *	1.0	Virtualmente ausente
Oxígeno disuelto	≥ 4 (promedio mensual) ≥ 3 (muestra individual)	Cerca a la saturación
Fluoruro *	Consultar párrafo 11 <sup>3</sup>	Consultar párrafo 11 <sup>3</sup>
Dureza *	Consultar párrafo 11 <sup>3</sup>	Consultar párrafo 11 <sup>3</sup>
Hierro (filtrable)	0.3	Virtualmente ausente
Plomo *	0.05	Ausente
Manganeso (filtrable) *	0.05	Ausente
Nitratos más Nitritos	10.0 (como N)	Virtualmente ausente
pH (ámbito)	6.0-8.5	Consultar párrafo 14 <sup>3</sup>
Fósforo *	Consultar párrafo 15 <sup>3</sup>	Consultar párrafo 14 <sup>3</sup>
Selenio *	0.01	Ausente
Plata *	0.05	Ausente
Sulfatos *	250.0	< 50
Sólidos totales disueltos * (Residuo filtrable)	500.0	< 200
Ion Uranilo	5.0	Ausente
Cinc *	5.0	Virtualmente ausente
<b>Compuestos orgánicos: (mg/l)</b>		
Extractos de carbón en cloro- formo (CCE)	0.15	< 0.04

\* Federal "Water Quality Criteria".

T A B L A B  
(Continuación)

Constituyentes	Normas permitidas	Normas deseadas
Cianuro <sup>o</sup>	0.20	Ausente
Sustancias activas al azul de metileno (detergentes)	0.5	Virtualmente ausente
Aceite y grasas <sup>o</sup>	Virtualmente ausente	Ausente
Pesticidas:		
Aldrin <sup>o</sup>	0.017	Ausente
Clordano <sup>o</sup>	0.003	Ausente
DDT <sup>o</sup>	0.042	Ausente
Dieldrin <sup>o</sup>	0.017	Ausente
Endrin <sup>o</sup>	0.001	Ausente
Heptacloro <sup>o</sup>	0.018	Ausente
Heptóxido de heptocloro <sup>o</sup>	0.018	Ausente
Lindano	0.056	Ausente
Metoxicloro <sup>o</sup>	0.035	Ausente
Fosfatos orgánicos más carbamatos <sup>o</sup>	0.1 <sup>2</sup>	Ausente
Taxafena <sup>o</sup>	0.005	Ausente
Herbicidas:		
2,4-D más 2,4,5-T más 2,4,5 TP <sup>o</sup>	0.1	Ausente
Fenoles <sup>o</sup>	0.001	Ausente
Radioactividad:		
	(pc/l)	(pc/l)
Beta neta <sup>o</sup>	1,000	< 100
Radio 226 <sup>o</sup>	3.0	< 1
Estrancio 90 <sup>o</sup>	10.0	< 2

<sup>c</sup> El tratamiento definido en el proceso tiene poco efecto sobre este constituyente.

1 Los límites microbiológicos son promedios aritméticos mensuales basados sobre un adecuado número de muestras.

El límite del coliforme total puede ser mayor si la concentración del coliforme fecal no excede del límite especificado.

2 Como el paratión inhibe la colinesterasa, puede ser necesario recurrir a bajas concentraciones para algunos compuestos o mezclas.

3 "Water Quality Criteria."

Federal Water Pollution Control Administration (1968).

T A B L A C

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS EN LOS CUERPOS DE AGUA UTILIZADOS  
PARA ABASTO PÚBLICO (OMS)

Compuestos que afectan la potabilidad del agua		Limite máximo permisible
<i>Sustancia</i>		
Sólidos disueltos totales		1500 mg/l
Hierro		50 mg/l
Manganeso suponiendo que el contenido de amoníaco es menor que 0.5 mg/l		5 mg/l
Cobre <sup>a</sup>		1.5 mg/l
Cinc <sup>a</sup>		1.5 mg/l
Magnesio más sulfato de sodio		1000 mg/l
Sulfonato de alquil-bencilo (ABS <sup>b</sup> )		0.5 mg/l
<b>Compuestos peligrosos para la salud</b>		
Nitratos (NO <sub>3</sub> )		45 mg/l
Fluoruros		1.5 mg/l
<b>Sustancias tóxicas</b>		
<b>Sustancias fenólicas</b>		
Arsénico		0.05 mg/l
Cadmio		0.01 mg/l
Cromo		0.05 mg/l
Cianuro		0.2 mg/l
Plomo		0.05 mg/l
Selenio		0.01 mg/l
Sustancias radiactivas (Actividad total beta)		1000 µµc/l
<i>Indicadores químicos de polución</i>		<i>Limite mínimo de polución</i>
Demanda química de oxígeno		10 mg/l
Demanda bioquímica de oxígeno		6 mg/l
Nitrógeno de NO <sub>3</sub>		1 mg/l
NH <sub>3</sub>		0.5 mg/l
Extracto de carbón por cloroformo (ECC poluyentes orgánicos)		0.5 mg/l
Grasa		1 mg/l
<b>Normas bacteriológicas</b>		<b>NMP/100 ml</b> <b>Bacterias</b> <b>Coliformos</b>
<b>Clasificación</b>		
I. Calidad bacteriológica aceptable solamente por tratamiento de desinfección		0-50
II. Calidad bacteriológica que requiere extenso tratamiento (coagulación, filtración, desinfección)		50-5000
III. Polución considerable que requiere extenso tratamiento, por diferentes procesos		5000-50000
IV. Polución muy alta, inaceptable al menos que se cuente con tratamiento especialmente diseñado para cada agua en particular. Fuente para ser usada solamente cuando sea inevitable		mayor de-50000

<sup>a</sup> Estos son los valores máximos para la calidad de agua cruda y por esta razón son menores que los valores permisibles para agua potable dando la presencia de las sustancias metálicas probablemente son el resultado de la acción agresiva del agua sobre la tubería metálica.

<sup>b</sup> Este valor se ha establecido basada en la máxima sensibilidad de los procedimientos analíticos aceptados.

## T A B L A D

## SUSTANCIAS TOXICAS EN EL AGUA POTABLE\*

La OMS (Organización Mundial de la Salud) señala los siguientes límites de sustancias tóxicas en el agua potable. Todas las cifras están dadas en mg. por litro.

As	Ba	Cd	Cr-6	CN	Pb	Subs. Fenólicos	Se
0.05	1.00	0.01	0.05	0.20	0.05	0.002	0.01

Con excepción de las sustancias fenólicas la OMS establece que la presencia de cualquiera de estas sustancias en concentraciones superiores a las ya señaladas, basta para rechazar una agua para uso de la población con fines domésticos.

Algunas de las lesiones bioquímicas o efectos tóxicos causados por estas sustancias son:

As	En las mitocondrias. Inhibición del sistema piruvato-oxidasa debido a que ataca al cofactor lipvato impidiendo así la formación de la acetil-coenzima a. Efecto inmediato sobre la membrana mucosa gastrointestinal debido al aumento de la permeabilidad de las capilares.
Ba	Posiblemente produce cambios en la permeabilidad o polarización de la membrana celular que provoca el estímulo indiscriminado de todas las células musculares. Marcado estímulo de los músculos, independientemente de la inervación.
Cd	Activa la hidrataza fosopiruvatos. Inhibe a las enzimas que actúan sobre los sulfhidrilos.
Cr-6	Citotóxico; generalmente irritante.
CN	En las mitocondrias. Inhibe la citacromo oxidasa en el sistema de fosforilización oxidativo; llegando hasta la interrupción del proceso de oxidación aeróbica.
Pb	Detiene la biosíntesis del grupo hem en el ácido delta-aminolevulinico o bien la detiene entre protoporfirina y grupo hem. Causa la degeneración de las células nerviosas y de las musculares. Inhibe a las sulfhidril-enzimas.
Subs. Fenólicas	Desnaturalizan y precipitan a los proteínas celulares, envenenando así directamente a la célula. Acción irritante y carrosiva. Acción vasoconstrictora.
Se	Inactivan a los sulfhidril-enzimas.

\* De J.A. Tolley, 19 Vale Drive, New Brighton, Cheshire, England, Sept. 1969.

T A B L A D  
(Continuación)

Si consideramos que el hombre promedio tiene un contenido total de agua de 50 litros, si se halla contaminado el 50% por una agua potable que contenga la mitad de la máxima concentración de sustancias tóxicas permisibles y dado el número total de sus células,  $5 \times 10^{13}$ ; resulta que la dosis mínima <sup>30</sup> nociva por célula expresada en iones o en moléculas es:

As	Ba	Cd	Cr-6	CN	Pb	Sus. Fenólicas	Se
100,000	1,100,000	12,500	145,000	1,150,000	36,000	3,200	19,000

Sería de utilidad para determinar la dosis mínima nociva por célula hacer el análisis de un líquido intersticial equivalente preparado ultrafiltrando el plasma del paciente a través de tubos de celulosa sin costura (Visking) con un para normal de 50 A° aproximadamente; imitando dimensionalmente a la membrana capilar en su acción filtrante.

Algunos de los efectos tóxicos más obvios causadas por ingestión de las sustancias tóxicas enlistadas por la OMS son:

Efectos tóxicos	S u s t a n c i a s						
	As	Ba	Cd	CN	Cr-6	Pb	Sus. Fenólicas Se
Dolor abdominal	X		X		X	X	X X
Abarto						X	
Acidosis							X
Alcalosis							X
Anemia	X					X	X
Insensibilidad de los monos y de los pies	X						
Anorexia				X	X	X	X X
Anuria					X		
Ansiedad		X					
Pérdida del apetito						X	
Bradycardia		X					
Carcinogénesis	X				X		
Cirrosis hepática	X						
Constipación						X	



T A B L A D  
(Continuación)

Efectos tóxicos	S u s t a n c i a s							
	As	Ba	Cd	CN	Cr-6	Pb	Sus. Fenólicos	Se
Edema de las mucosas					X			
Piel edematosa	X							
Oliguria					X	X		
Palidez						X	X	X
Parestesia de los pies y de las manos	X							
Salivación	X		X			X		
Piel bronceada	X							
Sed					X		X	
Temblores musculares		X						
Ulceración de las mucosas					X			
Uremia					X			
Orina café			X					
Vértigo					X			
Vómito	X	X	X		X	X	X	X
Polineuritis	X							
Taquicardia				X				
Debilidad general						X		
Pérdida de peso	X		X			X	X	X
Hipertensión		X						

A N E X O 2

T A B L A 2A: VALORES TIPICOS DE CALIDAD DEL AGUA PARA AL  
GUNAS INDUSTRIAS.

T A B L A 2B: REQUERIMIENTOS CUALITATIVOS DEL AGUA EN CA-  
SOS DE USO PARA GENERACION DE VAPOR Y EN- -  
FRIAMIENTO EN INTERCAMBIADORES DE CALOR.

T A B L A 2 A

## VALORES TÍPICOS DE CALIDAD DEL AGUA PARA ALGUNAS INDUSTRIAS \*

Industria	Turbiedad	Color	Dureza	Alcali- nidad	pH	Sólidos disueltos Totales	Fe y Mn
Industria	10	10	—	—	—	—	0.5
erías	20	80	75	—	8.0+	3000 1000	
0 psi	10	40	40	—	9.5+	2500 500	
250 psi	5	5	8	—	9.0+	1500 100	
eceria	10	—	—	75	6.5-7	500	0.1
ura	10	—	—	150	7.0	1000	0.1
ado	10	—	—	—	—	—	0.2
eral	10	—	—	—	—	—	0.2
mbres	10	—	25 75	—	—	—	0.2
scos	2	10	250	50	—	850	0.3
erías	—	—	50	—	—	100	0.2
amiento	50	—	50	—	—	—	0.5
	1-5	5	—	30-50	—	300	0.2
nderics	—	—	50	—	—	—	0.2
cos transparentes	2	2	—	—	—	200	0.02
i v baael							
era	50	20	180	—	—	—	1.0
	25	15	100	—	—	300	0.2
p	15	10	100	—	—	200	0.1
liviano	5	5	50	—	—	200	0.1
n							
cción	5	5	8	50	—	—	0.05
tación	0.3	—	55	—	7.8 8.3	—	0.0
ías	20	10-100	50-135	133	8.0	—	0.2
eras							
ral	5	20	20	—	—	—	
as	5	5-20	20	—	—	—	0.25
o de lana		70	20	—	—	—	1.0

\* No O.D.; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 5-0.5; SiO<sub>2</sub>, 40.5; CO<sub>2</sub>, 200-40; HCO<sub>3</sub>, 50-5; OH, 50-30.  
Ca, 100-500; CaSO<sub>4</sub>, 100-500; clor bajo.

te: American Water Works Association.

T A B L A 2 B

## REQUERIMIENTOS CUALITATIVOS DEL AGUA EN CASOS DE USO PARA GENERACION DE VAPOR Y ENFRIAMIENTO EN INTERCAMBIADORES DE CALOR

A menos que se indique de otro modo las unidades son mg/l y los valores son máximos y ningún agua debe tener todos los valores máximos señalados

Agua de alimentación a Caldera Calidad de Agua anterior a la adición de sustancias para acondicionamiento interno

	Baja presión 0-150 Psig.	Industrial Presión Intermedia 150-700 Psig.	Alta presión 700 1500 Psig.	Servicios eléctricos 1500 5000 Psig.	Agua de enfriamiento		Repuesto de agua para Recirculación	
					Agua de un solo paso Dulce	Salmuera <sup>1</sup>	Dulce	Salmuera <sup>1</sup>
Silice (SiO <sub>2</sub> )	30	10	0.7	0.01	50	25	50	25
Aluminio (Al)	5	0.1	0.01	0.01	(2)	(2)	0.1	0.1
Fierro (Fe)	1	0.3	0.05	0.0	(2)	(2)	0.5	0.5
Manganeso (Mn)	0.3	0.1	0.01	(4)	(2)	(2)	0.5	0.02
Calcio (Ca)	(2)	(3)	(3)	(4)	200	420	50	420
Magnesio (Mg)	(2)	(3)	(3)	(4)	(2)	(2)	(2)	(2)
Amoniaco (NH <sub>3</sub> )	0.1	0.1	0.1	0.7	(2)	(2)	(2)	(2)
Bicarbonato (HCO <sub>3</sub> )	170	120	48	(4)	600	140	24	140
Sulfato (SO <sub>4</sub> )	(2)	(2)	(2)	(4)	680	2700	200	2700
Cloruro (Cl)	(2)	(2)	(2)	(4)	600	19000	500	19000
Sólidos disueltos	700	500	200	0.5	1000	35000	500	35000
Cobre (Cu)	0.5	0.05	0.05	0.01	(2)	(2)	(2)	(2)
Cinc (Zn)	(2)	(3)	(3)	(4)	(2)	(2)	(2)	(2)
Dureza (CaCO <sub>3</sub> )	20	(3)	(3)	(3)	850	6250	130	6250
Acidez mineral libre (CaCO <sub>3</sub> )	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)
Alcalinidad	140	100	40	(3)	500	115	20	115
pH unidades	8.0-10.0	8.2-10.0	8.2-9.0	8.8-9.2	5.0-8.3	6.0-8.3	(2)	(2)
Color Unidades	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
Orgánicas:								
Sustancias activos al azul de metileno	1	1	0.5	(3)	(2)	(2)	1	1
Extracto de carbón en tetracloruro	1	1	0.5	(3)	(5)	(5)	1	1
Demanda Química Oxígeno (O <sub>2</sub> )	5	5	0.5	(3)	75	75	75	75
Oxígeno disuelto (O <sub>2</sub> )	2.5	0.007	0.007	0.007	(2)	(2)	(2)	(2)
Temperatura F	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
Sólidos Suspendidos	10	5	(3)	(3)	5000	2500	100	100

(1) Agua de Salmuera contiene más de 1000 mg/l de sólidos disueltos por definición del Censo de Manufactureros de 1963.

(2) Aceptado como se recibe (si reúnen las condiciones de sólidos totales, u otros valores límites) que nunca se han tenido problemas en concentraciones.

(3) Cero, no detectable para la prueba.

(4) Controlada por tratamiento por otros constituyentes.

(5) Aceite no flotante.

NOTA: Aplicación de valores que deben ser basados sobre la parte 23 ASTM. Libro Estándar (1) o APHA Métodos Estándar para el examen de Aguas y Aguas de Desecho.

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

- Control de la Contaminación del Agua en la Industria Química.  
Ing. Eloy Urroz Jiménez. Dr. Jorge Aguirre M.  
Publicaciones Técnicas. DGUAPC (SRH). Vol.I (No.5), Sept. - 1973.
- Control de la Calidad del Agua para Diversos Usos.  
Ing. Eloy Urroz Jiménez.  
Publicaciones Técnicas. DGUAPC (SRH). Vol. V (No.3), Mayo - 1973.
- Control de la Contaminación del Agua en México.  
Ing. Eloy Urroz Jiménez.  
Publicaciones Técnicas. DGUAPC (SRH). Vol I (No. 2), Marzo-1973.
- Normas Oficiales de Muestreo y Análisis de Laboratorio para Aguas Residuales:
- DGN-AA-5-1973 "Determinación de Grasas y Aceites en - - Aguas Residuales". Diario Oficial, 25 de sept. de 1973.
- DGN-AA-7-1973 "Determinación de la Temperatura en Aguas-Residuales". Diario Oficial, 27 de nov. - de 1973.
- DGN-AA-6-1973 "Determinación de Materia Flotante en - -- Aguas Residuales". Diario Oficial, 27 de nov. de 1973.
- DGN-AA-4-1973 "Determinación de Sólidos Sedimentables en Aguas Residuales". Diario Oficial, 25 de sept. de 1973.
- DGN-AA-8-1973 "Determinación del Valor del pH de las - - Aguas Residuales". Diario Oficial, 25 de sept. de 1973.

- DGN-AA-3-1973 "Método de Muestreo de Aguas Residuales".  
Diario Oficial, 27 de nov. de 1973.
- Ley Federal de Aguas. Diario Oficial, 11 de enero de 1972.
- La Secretaría de Recursos Hidráulicos en la Prevención y Control de la Contaminación del Agua. (Aspectos Legales).-  
Lic. Emilio Dardán Bravo. Publicaciones Técnicas. DGUAPC -  
(SRH). Vol. V (No.6), nov. de 1973.
- Programa Nacional Contra la Contaminación del Agua. Ing. -  
Eloy Urroz Jiménez. Publicaciones Técnicas. DGUAPC (SRH).-  
Vol. I. (No. 1), Enero de 1973.
- Recuperación Ecológica de la Contaminación del Agua.  
Ing. Eloy Urroz Jiménez. Publicaciones Técnicas. DGUAPC --  
(SRH), Vol. 1 (No.4), Julio de 1973.
- Reglamento para la Prevención y Control de la Contamina-  
ción de las Aguas. Diario Oficial, 29 de Marzo de 1973.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewa-  
ter. 13 th Edition. APHA, AWA, WPCF.