



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
"ZARAGOZA"**

*24*  
*Lej*

**DISEÑO DE UNA PLANTA MODULAR PARA  
EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
PROVENIENTES DE UN RASTRO DE POLLO**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO QUIMICO**

**P R E S E N T A :**

**MARIA DEL ROCIO LUJA HERNANDEZ**

**DIRECTOR DE TESIS:  
I.Q. MARTHA FLORES BECERRIL**

**MEXICO, D. F.**

**1998**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES \*SARAGOZA\*

JEFATURA DE LA CARRERA  
DE INGENIERIA QUIMICA

OF/IQ/JU/082/001/96

**SRITA. MARIA DEL ROCIO LUJA HERNANDEZ  
P R E S E N T E.**

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado para el Examen Profesional, les comunico que la Jefatura a mi cargo ha propuesto la siguiente designación:

**PRESIDENTE:      ING. ALEJANDRO ROGEL RAMIREZ**  
**VOCAL:            I.B.Q. LORENZO ROJAS HERNANDEZ**  
**SECRETARIO:     ING. MARTHA FLORES BECERRIL**  
**SUPLENTE:        ING. ANDRES AQUINO CANCHOLA**  
**SUPLENTE:        ING. GABRIEL CRUZ ZEPEDA**

**A T E N T A M E N T E**  
**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**

México, D.F., 17 de enero de 1996

  
**ING. JOSE BENJAMIN RANGEL GRANADOS**  
**JEFE DE LA CARRERA**

IRM

**Dedico esta tesis :**

**A MIS PADRES**

Por su confianza, apoyo  
comprensión y cariño, ya  
que su ayuda me permitio  
alcanzar esta meta tan  
importante para mi.

**A MIS HERMANOS**

Alejandro y Gerardo  
Por su cariño y apoyo  
brindados.

**A MIS FAMILIARES**

Por su apoyo y confianza  
brindados.

**A MIS AMIGOS, COMPAÑEROS Y  
MAESTROS.**

Por todos esos momentos  
maravillosos y por compartir  
sus conocimientos conmigo.

Deseo expresar mi gratitud y reconocimiento a : Ing. Marta Flores Becerril, lo mismo a: Ing. Andres Aquino Canchola, por sus consejos y orientación, así como también a todas aquellas personas que en alguna forma colaboraron para la realización de este trabajo.

Agradesco también los comentarios y sugerencias de los sinodales: Ing. Alejandro Rogel Ramirez, Ing. Lorenzo Rojas Hernández, Ing. Martha Flores Becerril, Ing. Andres Aquino Canchola e Ing. Grabiél Cruz Zepeda.

## RESUMEN

Las tendencias ambientalistas han obligado a la búsqueda de técnicas de tratamiento de aguas residuales, mediante un conjunto de operaciones para el tratamiento de aguas residuales.

En este trabajo se plantea primeramente la necesidad de evitar la contaminación del agua y lo que esto tiene como consecuencia.

Dada la necesidad de tener un control sobre dicha contaminación dió como resultado el tomar medidas para el control de la contaminación creandose una normatividad para la calidad del agua. El grado de tratamiento que se le da a un agua residual depende de las condiciones exigidas para el vertido del efluente, por lo que se analizaron los diferentes métodos de tratamiento de aguas residuales explicandose los más comunes para la remoción de contaminantes de aguas residuales.

Como resultado de un análisis de los diferentes métodos u operaciones unitarias existentes, se propuso una metodología para el tratamiento de las aguas residuales provenientes de un rastro de pollos resultado un diseño óptimo para el tratamiento de estas, y poder así cumplir con la legislación ambiental vigente en materia de descarga de aguas residuales teniendo como resultado parametros inferiores a los establecidos en las normas correspondientes para este caso en específico.

## INDICE

	Pags.
INTRODUCCION. . . . .	1
<b>CAPITULO 1</b>	
<b>GENERALIDADES . . . . .</b>	<b>3</b>
1.1. FUENTES DE SUMINISTRO. . . . .	5
1.2. CLASIFICACION DEL AGUA . . . . .	9
1.3. FUENTES DE CONTAMINACION . . . . .	10
1.4. FUNCION DE LA REDUCCION DE CONTAMINANTES DE LAS AGUAS. . . . .	12
1.5. EFECTOS DE LA CONTAMINACION DEL AGUA EN EL MEDIO AMBIENTE Y LA BIOTA... . . . .	13
1.5.1. La Curva de Oxigeno Disuelto.. . . . .	13
1.5.2. Efectos de la Luz. . . . .	15
1.5.3. Descomposición de Materiales Orgánicos y Compuestos Nitrogenados. . . . .	16
1.5.4. Depósitos de Lodos y Plantas Acuáticas.. . . . .	18
1.5.5. Bacterias y Ciliados.. . . . .	20
1.5.6. Formas más Desarrolladas de Especies Animales. . . . .	21
1.6. NORMAS DE CALIDAD DEL AGUA.. . . . .	23
<b>CAPITULO 2</b>	
<b>NORMATIVIDAD. . . . .</b>	<b>25</b>
2.1. PREVENION Y CONTROL DE LA CONTAMINACION DEL AGUA. . . . .	32
2.1.1. Normas y Reglamentos.. . . . .	32
2.1.2. Documentos Oficiales.. . . . .	32
2.1.2.1. Permisos de abastecimiento de agua.. . . . .	33
2.1.2.2. Permiso(s) para descarga de aguas residuales.. . . . .	34
2.1.2.3. Registro de la(s) descarga(s) de aguas residuales.. . . . .	35
2.1.2.4. Condiciones particulares de la(s) descarga(s). . . . .	35
2.1.2.5. Envío de reportes mensuales a la autoridad de la calidad del agua residual.. . . . .	37
2.1.2.6. Pagos de derechos sobre agua.. . . . .	38
2.1.2.7. Registro de medidores del suministro de agua cruda y efluente. . . . .	39

	Pags.
2.2.2. Normas Ecológicas Aplicables para la Industria de la Matanza de Animales. . . . .	39
2.2.1. NOM-CCA-022/93 . . . . .	40
2.2.2. NOM-CCA-031/93 . . . . .	41
2.3. NECESIDAD DE TRATAR LAS AGUAS RESIDUALES . . . . .	43

**CAPITULO 3**

<b>ALTERNATIVAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. . . . .</b>	<b>45</b>
3.1. REJAS Y TAMICES. . . . .	45
3.1.1. Reja de Limpieza Mecánica. . . . .	45
3.1.2. Tamices. . . . .	47
3.1.3. Cantidad de Basura. . . . .	48
3.1.4. Eliminación de Basuras. . . . .	49
3.1.5. Trituradores. . . . .	49
3.2. DESARENADORES. . . . .	49
3.3. PRETRATAMIENTO. . . . .	51
3.3.1. Colectores de Grasa. . . . .	52
3.3.2. Preaireación. . . . .	53
3.3.3. Floculación. . . . .	53
3.4. TANQUES DE SEDIMENTACION PRIMARIA. . . . .	53
3.5. OTRAS UNIDADES Y OPERACIONES PARA LA SEPARACION DE SOLIDOS. . . . .	55
3.5.1. Flotación. . . . .	55
3.5.2. Tanques Imhoff. . . . .	55
3.5.3. Fosas Sépticas. . . . .	56
3.6. TRATAMIENTO QUIMICO. . . . .	57
3.6.1. Procesos de Tratamiento Químico. . . . .	58
3.6.2. Aplicaciones Recientes del Tratamiento Químico . . . . .	59
3.7. BOMBEO DE FANGO Y ESPUMAS. . . . .	62
3.7.1. Aplicación de Bombas a los Diversos Tipos de Fango. . . . .	62
3.8. CLORACION. . . . .	63
3.9. CONTROL DEL OLOR . . . . .	66
3.10. TRATAMIENTO BIOLÓGICO . . . . .	66
3.10.1. Minerales Esenciales . . . . .	69
3.10.2. Ecología de los Sistemas de Tratamiento . . . . .	69
3.10.2.1. Nivelación de cargas. . . . .	71
3.11. NIVELES DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES . . . . .	71

	Pags.
3.11.1. Tratamiento Preliminar . . . . .	72
3.11.2. Tratamiento Primario. . . . .	73
3.11.3. Tratamiento Secundario. . . . .	73
3.11.4. Tratamiento Terciario . . . . .	74
3.11.5. Cloración . . . . .	75
3.12. VALORACION EN EL LABORATORIO. . . . .	76
3.13. PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO Y ANALISIS EN CAMPO. . . . .	76
3.13.1. Muestreo. . . . .	76
3.13.1.1. Recomendaciones generales.. . . . .	77
3.13.2 Analisis en Campo. . . . .	77
3.13.2.1. sólidos sedimentables (Determinación para altas concentraciones). . . . .	77
3.13.2.1.1. material y equipo . . . . .	78
3.13.2.1.2. procedimiento . . . . .	78
3.13.2.1.3. cálculo y resultados. . . . .	78
3.13.2.2. sólidos sedimentables (Determinación para bajas concentraciones). . . . .	78
3.13.2.2.1. equipo requerido. . . . .	79
3.13.2.2.2. procedimiento . . . . .	79
3.13.2.2.3. cálculos y resultados . . . . .	79
3.13.3. oxígeno disuelto. . . . .	79
3.13.3.1. principio . . . . .	79
3.13.3.2. material y equipo.. . . . .	80
3.13.3.3. reactivos . . . . .	80
3.13.3.4. procedimiento . . . . .	81
3.13.3.5. cálculos y resultados . . . . .	82
3.13.4. cloro residual. . . . .	83
3.13.4.1. Principio . . . . .	83
3.13.4.2. material y equipo . . . . .	83
3.13.4.3. reactivos . . . . .	83
3.13.4.4. procedimiento . . . . .	83
3.13.4.5. cálculos y resultados . . . . .	84
3.13.5. Demanda química de oxígeno. . . . .	84
3.13.5.1. principio . . . . .	84
3.13.5.2. material y equipo . . . . .	85
3.13.5.3. reactivos . . . . .	85
3.13.5.4. procedimiento . . . . .	85
3.13.5.5. calculos. . . . .	86
3.13.6. determinacion de alcalinidad. . . . .	87
3.13.6.1. principio . . . . .	87
3.13.6.2. material y equipo . . . . .	88
3.13.6.3. reactivos . . . . .	89

	Pags.
3.13.6.4. procedimiento . . . . .	89
3.13.6.5. calculos y resultado. . . . .	89
<b>CAPITULO 4</b>	
<b>DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. . .</b>	<b>90</b>
<b>4.1. BASES DE DISEÑO. . . . .</b>	<b>90</b>
<b>1. FUNCIONES DE LA PLANTA.. . . .</b>	<b>90</b>
1.1. Tipos de Proceso.. . . .	91
<b>2. CAPACIDAD, RENDIMIENTO Y FLEXIBILIDAD. . . . .</b>	<b>91</b>
2.1. Factor de Servicio . . . . .	91
2.2. Capacidad. . . . .	91
2.3. Flexibilidad . . . . .	91
<b>3. ESPECIFICACIONES DE LAS ALIMENTACIONES EN LIMITES DE BATERIA . . . . .</b>	<b>91</b>
<b>4. ESPECIFICACIONES DE LOS PRODUCTOS EN LIMITES DE BATERIA . . . . .</b>	<b>92</b>
<b>5.0. SERVICIOS AUXILIARES . . . . .</b>	<b>93</b>
5.1. Agua de Planta . . . . .	93
5.2. Energia Eléctrica. . . . .	93
<b>6.0. BASES DE DISEÑO DE EQUIPO. . . . .</b>	<b>93</b>
6.1. Suministro del Influyente . . . . .	93
6.2. Filtro Primario (Tipo Rejilla) . . . . .	94
6.3. Cloración. . . . .	97
6.4. Sedimentador Primario. . . . .	98
6.5. Separacion de Grasas . . . . .	100
6.6. Filtro Secundario . . . . .	102
6.7. Sedimentador Secundario. . . . .	104
6.8. Filtro de Arenas . . . . .	105
<b>7. DESARROLLO DEL PROCESO . . . . .</b>	<b>108</b>
<b>8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES . . . . .</b>	<b>110</b>
<b>BIBLIOGRAFIA. . . . .</b>	<b>112</b>

## INDICE DE FIGURAS

	Pags.
FIGURA 1.1. Ciclo del Agua. . . . .	6
FIGURA 1.2. Curva de Oxigeno Disuelto y Demanda Bioquímica de Oxigeno . . . . .	14
FIGURA 1.3. Curva de Oxigeno. . . . .	16
FIGURA 1.4. Descomposición aerobia de materia orgánica. . .	18
FIGURA 1.5. Sedimentación de lodos y plantas acuáticas. . .	19
FIGURA 1.6. Aumento de la población bacteriana, controlada por los ciliados que a su vez son pasto de rotíferas y crustáceos . . . . .	21
FIGURA 1.7. La curva a) Floctuaciones del número de especies y b) variación de la población en número de individuos . . . . .	22
Figura 2.1. Importe del pago de agua. . . . .	31
FIGURA 3.1. Tamiz tipo tambor (de Link Belt). . . . .	48
FIGURA 3.2. Planta y sección transversal de una instalación de trituración. . . . .	50
FIGURA 3.3. Sección Transversal típica de un desarenador aireado . . . . .	52
FIGURA 3.4. Tanque de sedimentación primaria, rectangular (de Link Belt). . . . .	54
FIGURA 3.5. Tanques Imhoff. . . . .	56
FIGURA 3.6. Fosa séptica típica . . . . .	57
FIGURA 3.7. Diagrama de flujo de tratamiento físico- químico completo de un agua residual cruda, incluyendo la eliminación de nitrógeno y fósforo . . . . .	60
FIGURA 3.8. Organismos asociados con el tratamiento biológico de las aguas residuales . . . . .	70
FIGURA 4.1. Filtro Primario Tipo Rejilla. . . . .	96
FIGURA 4.2. Sedimentador Primario . . . . .	100
FIGURA 4.3. Filtro Secundario . . . . .	103
FIGURA 4.4. Sedimentador Secundario . . . . .	105
FIGURA 4.5. Filtro de Arenas. . . . .	106
FIGURA 4.6. Diseño de la planta Modular . . . . .	109

## INDICE DE TABLAS

	Pags.
TABLA 2.1. Parámetros que incluyen las Normas de vertidos de aguas. . . . .	26
TABLA 2.2. Zonas de disponibilidad de la Ley Federal de Derechos. . . . .	30
TABLA 2.3. Concentración promedio mensual según el Artículo 282 de la Ley Federal de Derechos . . .	36
TABLA 2.4. Concentraciones Máximas Permisibles según NOM-CCA. . . . .	40
TABLA 2.5. Obtención de Muestras. . . . .	40
TABLA 2.6. Niveles Máximos Permisibles según NOM-CCA-022. .	41
TABLA 2.7. Niveles Máximos Permisibles según NOM-CCA-031. .	42
TABLA 2.8. Obtención de Muestras según NOM-CCA-031. . . .	43
TABLA 3.1. Procesos y operaciones unitarias para el tratamiento de aguas residuales. . . . .	46
TABLA 3.2. Aplicaciones de la cloración en la recogida, tratamiento y evacuación de aguas residuales . .	64
TABLA 3.3. Tratamiento Preliminar. . . . .	72
TABLA 3.4. Tratamiento Primario . . . . .	73
TABLA 3.5. Tratamiento Secundario . . . . .	74
TABLA 3.6. Tratamiento Terciario. . . . .	75
TABLA 4.1. Especificaciones de la alimentación. . . . .	92
TABLA 4.2. Especificaciones de los productos. . . . .	92
TABLA 4.3. Concentraciones del Influyente. . . . .	93
TABLA 4.4. Analisis de los resultados de la descarga de aguas residuales . . . . .	110

## INTRODUCCION.

Uno de los grandes problemas que atañe a toda la humanidad, lo constituye la contaminación. Para la resolución de este problema se ha dividido en diferentes ramas, entre las cuales podemos citar el estudio de la contaminación del suelo, el agua y el aire, principalmente.

En este trabajo se aborda el problema de la contaminación del agua a consecuencia de las actividades económicas del sector productivo que en los últimos años se ha desarrollado en nuestro país. Actualmente, el sector industrial y de servicios esta consumiendo de manera importante grandes cantidades de agua, para cumplir con sus objetivos de producción y desarrollo. Lo anterior implica que si el agua empleada en estas actividades no se regenera, es decir no se le proporciona un tratamiento para eliminar contaminantes, en lo futuro será más difícil disponer de agua limpia.

La descarga de aguas residuales provenientes de todo tipo de industrias ha propiciado un problema que con el tiempo resulta más grave, ya que esto ha generado aguas más contaminadas y por consiguiente menos utilizables, haciendo cada vez más difícil abastecer de agua a las ciudades, especialmente a la ciudad de México.

El panorama antes descrito ha obligado a las autoridades a reglamentar y legislar de manera más rigurosa la calidad y cantidad de los desechos generados por las actividades productivas y de servicios en el país. Es decir, se exige que la cantidad de contaminantes que se emiten al medio ambiente a través de sus diferentes mecanismos se reduzcan de manera sensible.

Debido a lo anterior este trabajo tiene por objeto resolver la problemática que enfrenta un establecimiento dedicado al procesamiento de aves de corral (matanza de pollos), para poder cumplir con las Normas Técnicas Ecológicas en materia de descarga de aguas residuales. Proponiendo de manera sencilla, práctica y eficiente la construcción de una planta modular para el tratamiento de sus aguas residuales.

**CAPITULO 1**  
**GENERALIDADES**

## CAPITULO 1 GENERALIDADES

Debido a la falta de conciencia, en unas cuantas décadas el mundo ha avanzado a pasos agigantados hacia un problema cada vez más agudo, "la contaminación ". La contaminación se presenta de manera global y generalizada amenazando la estabilidad de los ecosistemas, para el estudio y análisis de la contaminación se ha dividido en contaminación del aire, agua y suelo. El impacto de cada una de estas formas de contaminación sobre los recursos naturales y la población es diferente, de tal manera que la contaminación del aire trae como resultado malestares respiratorios a la población y lluvias ácidas entre otras cosas, la contaminación del suelo trae como consecuencias crecimiento limitado de las especies vegetales, la intoxicación y muerte de especies animales así como la infiltración de los suelos y por último la contaminación del agua trae como consecuencia la depredación de flora y fauna acuática, la proliferación de organismos patógenos.

La transmisión de enfermedades a través del uso del agua contaminada y otras rutas, siguen siendo una gran preocupación para el mundo, además de los efectos que produce en la salud pública como transmisor de infecciones (por ejemplo en la utilización de aguas contaminadas para el abastecimiento doméstico o irrigación de frutas y verduras pueden traer graves consecuencias). En el agua existen principalmente cinco clases de organismos capaces de infectar al ser humano: las bacterias, protozoarios, helmintos, virus y hongos. Existen tres categorías de organismos entéricos patógenos que generalmente son de graves consecuencias para los humanos: las bacterias, los virus y los quistes de amibas. La contaminación puede afectar de manera seria el desarrollo económico de un país.

Los sectores que utilizan el agua son principalmente:

- La industria.
- La agricultura.
- El sector doméstico.
- El sector de servicios.

Para que el agua sea aceptable es necesario que cumpla con estándares mínimos de calidad que aseguren su empleo en el sector industrial, en el de servicios y en el doméstico. Es necesario señalar que la calidad que requiere en cada uno de los casos anteriores depende fundamentalmente del uso al cual se destine, por ejemplo, el agua de consumo doméstico debe ser biológicamente segura para el consumo humano, así como tener un grado de dureza adecuado que permita desarrollar las labores propias del hogar.

Dentro de las medidas precautorias para abatir los índices de contaminación del agua, se adoptó una legislación al respecto cuyo objetivo fundamental es disminuir la contaminación generada por los sectores industrial y de servicios, cuyas actividades contaminan de manera ostensible el agua con sustancias o subproductos.

Entre los aspectos que contempla la legislación ambiental para el control y regulación de la descarga de aguas residuales, se encuentran las siguientes:

- **El Reglamento para la prevención y Control de la Contaminación del Agua.** Este tiene por objeto proveer en la esfera administrativa, la observancia de la Ley Federal para prevenir y controlar la contaminación ambiental en toda la República, en lo que se refiere a la prevención y control de la contaminación de las aguas, cualquiera que sea su régimen legal, mediante la Secretaría de Desarrollo Social.

- **El Proyecto de Reglamento del Sistema de Alcantarillado en el Distrito Federal.**

- **Relación de Normas Emitidas para la Industria Elaboradora de Bienes y Servicios.** La Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente establece que todas las descargas de aguas residuales en ríos, cuencas, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua, deberán satisfacer las normas técnicas ecológicas a fin de asegurar una calidad de agua satisfactoria para el bienestar de la población y equilibrio ecológico. Las normas aplicables al tema en específico son: NOM-CCA-022/93 y NOM-CCA-031/93, las cuales se detallan en la sección 2.2.

El agua es un recurso natural que puede llegar a ser no renovable, ya que en cuanto se contamina una corriente con sustancias no degradables por medios biológicos estas permanecen en el seno del agua de manera indefinida. Debido a las condiciones hidrológicas que presenta la región norte de la República Mexicana el agua es un recurso escaso y por lo tanto de un alto costo, además de que resulta difícil obtener agua de calidad aceptable para las labores propias de las actividades domésticas y productivas.

#### 1.1. FUENTES DE SUMINISTRO.

En la naturaleza el agua se encuentra distribuida en diferentes estados de agregación y formas como las siguientes:

- Los océanos corresponden a más del 97 % del total del agua de la tierra, estando en forma líquida.

- El agua superficial sólida acumulada en los grandes casquetes polares y glaciares de montañas corresponden al 2.5 %.

- El agua en forma de vapor localizada en la atmósfera es el 0.001 %.

Estas formas de distribución están sujetas a constantes cambios debido al ciclo del agua (Fig. 1.1.). Básicamente el ciclo del agua es el siguiente, el agua se precipita en forma de lluvia, nieve o granizo sobre el suelo, de esta precipitación una parte se infiltra constituyendo las aguas subterráneas. Las aguas superficiales posteriormente pueden evaporarse o infiltrarse, de esta última una parte queda cerca de la superficie y se evapora directamente y otra parte es aprovechada por las raíces de las plantas, regresando a la atmósfera por el proceso de transpiración y la parte restante aumenta el caudal de las aguas subterráneas. El ciclo del agua se completa con la evaporación del agua de los océanos (se evapora más agua de la que vuelve a través de la lluvia), con la circulación del vapor de agua en la atmósfera, hasta formar nubes y con la condensación del vapor de agua en forma de precipitación.

El agua se encuentra distribuida en diferentes lugares, de los cuales el hombre hecha mano y la transporta disponiendo así de diferentes fuentes de captación de este líquido que podrá utilizar para diferentes fines. El agua empleada podrá o no regresar a su fuente natural de origen, lo que dependerá de la manera en que se disponga de ella.

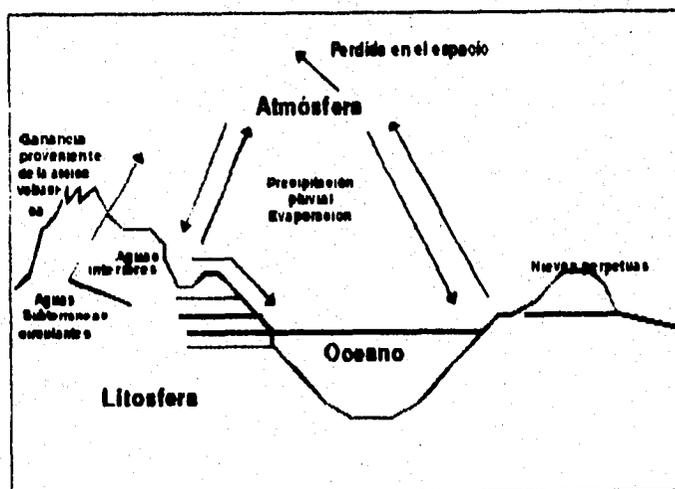


Figura 1.1. Ciclo del Agua.

Dentro de las fuentes de suministro de aguas se tienen las siguientes:

- Las atmosféricas. Constituidas principalmente por el agua de lluvia, considerada como la de mayor pureza física y química que las aguas superficiales que a continuación se enuncian.

- Las superficiales. Obtenidas principalmente del agua de los ríos (cauces), estas presentan una calidad variable a lo largo del curso del cauce; el agua de los lagos y los pantanos, tienen una calidad relativamente uniforme; océanos, lagunas y aguas de deshielo (muy poca).

- Las subterráneas o meteorológicas. Constituidas por el agua de lluvia, granizo o nieve que se filtran a través de la tierra, mostrando en general menor turbidez que las aguas superficiales.

Estas aguas pueden ser fuentes de abastecimiento naturales como los manantiales freáticos, artesianas o artificiales como las norias freáticas o los pozos de artesiana.

Las aguas freáticas (acumuladas en el subsuelo sobre una superficie de capa impermeable) están muy expuestas a la facilidad de filtración hasta ellas. Debido a esto es difícil encontrar aguas puras, además de que el agua por ser un magnífico disolvente provoca que no se pueda utilizar indistintamente, por lo que se debe hacer la clasificación del agua de acuerdo al uso a que se destine ésta.

En la actualidad en la ciudad el agua se distribuye de la siguiente manera:

a) Un poco menos de la mitad del volumen total se destina al consumo doméstico en donde el desperdicio es grande por lo que el agua se va al desagüe sin haberle dado una buena utilidad. El hombre emplea el agua para su alimentación como bebida o como ingrediente para sus alimentos, la utiliza también para el aseo de su ropa, trastos, baño y dispone de ella para alejar sus desechos, proporcionando comodidades, resolviendo innumerables problemas de su vida cotidiana.

b) Otra parte se reparte entre la industria y el comercio, teniendo mayores ventajas para la primera, siendo esta la que más ayuda a su contaminación. La industria emplea en gran escala este preciado líquido, por ejemplo para la fabricación de un litro de petróleo se requiere de 10 litros de agua, en un kilogramo de papel se requieren de 100 litros de agua. Por su parte la industria química fácilmente llega a consumir de dos a seis mil metros cúbicos de agua por cada tonelada de producto elaborado.

c) La parte restante del agua es destinada al consumo público, la cual se utiliza principalmente para; el riego de parques, jardines, ornatos y fuentes entre otros.

d) Solo una pequeña porción del agua es destinada a pequeños huertos y granjas suburbanas. Aunque la agricultura requiere de grandes cantidades de agua para el buen desarrollo de los productos alimenticios, al igual que para el consumo humano, así como para el ganado y demás animales domésticos.

Por lo anterior se considera al agua como un líquido indispensable para todo desarrollo.

El abastecimiento de agua potable a la población es una necesidad que debe satisfacer urgentemente en toda ciudad.

Tradicionalmente los métodos que se han utilizado para dotar de este servicio a la Ciudad de México, específicamente han sido la extracción de aguas subterráneas, de los mantos del valle y la importancia de las agua provenientes de otras cuencas, sin embargo estas soluciones incrementan cada vez más su costo debido a que se extraen de estratos más profundos o porque se bombean y se conducen de fuentes cada vez más lejanas. Por las condiciones anteriormente señaladas es necesario modificar las políticas de abastecimiento de agua a la zona urbana. Una de las opciones viables es sustituir las aguas subterráneas que actualmente se utilizan en la agricultura o en la industria por aguas residuales tratadas,

que inclusive podrian incrementar la productividad agricola por contener nutrientes. De esta forma es posible emplear las aguas blancas subterranas para abastecer a las zonas urbanas cercanas.

## 1.2. CLASIFICACION DEL AGUA.

Existen diferentes formas de clasificar el agua, algunos la clasifican según su origen, otros según su estado fisico, algunos más según su composición y su uso. Aquí se empleará una clasificación más generalizada, basada en el uso para el cual se utiliza este liquido, siendo:

- a) **Agua Potable y,**
- b) **Agua Residual** (anteriormente llamada Aguas Negras).

**Agua Potable.** Es el agua que se puede beber y debe ser limpia (cristalina), incolora, sin olor, ni sabor, ha de contener pocas sustancias disueltas y poca materia en suspensión, sustancias no venenosas o fisiológicamente indeseables. En particular estar libre de organismos patógenos de manera que no contengan más de 10 colibacilos por litro. Lo anterior no significa que el agua de beber tenga que ser estéril; como se sabe, el agua pura es un producto artificial y casi nulo en la naturaleza y las aguas naturales siempre contienen materias extrañas en solución y suspensión en cantidades variables. Ha llegado a adquirir una mayor importancia el que esta sea llegado a adquirir una mayor importancia el que esta sea microbiológicamente segura para el consumo doméstico e industrial.

**Agua Residual.** Es el agua de abastecimiento de una población que habiéndose empleado con diferentes fines ha quedado impurificada desde el punto de vista de su origen, resultante de la combinación de los líquidos o desechos arrastrados por el agua, procedentes de casas habitación, edificios comerciales e instituciones (agua semi pública en un

55 % de los casos), junto con los provenientes de los establecimientos industriales (aguas municipales en un 31 % de los casos) y aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que puedan arreglarse (14 %). Estas aguas contienen gran cantidad de contaminantes dañinos los cuales dan al agua color, sabor y olor. Estos contaminantes incluyen virus, bacterias, materia orgánica y compuestos inorgánicos solubles.

### 1.3. FUENTES DE CONTAMINACION

La contaminación de aguas puede tener muchas fuentes como origen, y a continuación se engloban en tres fuentes fundamentales, siendo las más comunes en la mayoría de las regiones.

**Fuentes Municipales.** Este tipo es común en todos los centros poblacionales ya sean urbanos, rurales o marginales. Generalmente consiste en una combinación de residuos domésticos mezclados con cantidades variables de efluentes industriales (provenientes de pequeñas industrias y comercios) en zonas altamente industrializadas, las descargas residuales provenientes de las industrias pueden construir el principal componente.

En los centros urbanos generalmente se recolectan los residuos y se descargan en un punto central para su tratamiento o conducción de agua de lluvia y aguas residuales domésticas (conocido como sistema combinado). En la época de lluvia diferentes cantidades de residuos líquidos compuestos por un mezcla de agua sin tratar y agua de lluvia, no ingresa a la planta de tratamiento sino que se descargan directamente al cuerpo receptor de agua, causando incremento efectivo en los niveles de contaminación durante el periodo de lluvias.

**Fuentes Industriales.** Frecuentemente la contaminación industrial es generada en áreas muy pobladas, aunque también puede generarse en comunidades pequeñas y áreas aisladas. Debido a la gran variación que presenta la composición y el volumen de los residuos industriales, no se pueden generalizar sobre la naturaleza de los residuos industriales, incluso en el efluente de una planta industrial pueden existir variaciones grandes de un día a otro.

Las fuentes de las aguas residuales industriales tienen su origen en:

- La fabricación de productos intermedios o finales para su comercialización.
- Las operaciones mineras; mantenimiento y cuidado general de máquinas, edificios y otras instalaciones utilizadas en la producción que escapan en los cúmulos de desechos industriales.
- Otras fuentes relacionadas.

**Fuentes No Puntuales.** Son aquellas de naturaleza difusa y que descargan sustancias contaminantes sobre amplias zonas de terrenos. Las principales fuentes de este tipo son las actividades agrícolas, que incluyen: sedimentos, nutrientes, cargas orgánicas, plagicidas y otros organismos patógenos, su transporte se realiza mediante escorrentas hacia las aguas superficiales, infiltración y penetración de aguas subterráneas y en vientos que los trasladan hacia aguas superficiales. Los contaminantes provenientes de la silvicultura como la tala de árboles son similares, pudiendo causar problemas de envenenamiento. Así mismo, se puede producir una contaminación térmica como resultado de la eliminación de la copa de los árboles que lo protegen al agua de la energía solar.

El contaminante más grave que producen las minas es el líquido que drena de ellas cuando existe oxidación de los compuestos de pirita con el aire en presencia de agua. Este dren es una mezcla ácida de sales de hierro y otro tipo de sales como ácido sulfúrico.

Las actividades de construcción también generan contaminación de proyectos relacionados con: transporte y comunicaciones; sistemas de energía; desarrollo de recursos hidráulicos y obras de recreación. Las cantidades y tipos generadas por estas actividades dependen del tipo y tiempo de duración del proyecto; ubicación y tamaño del área de construcción, resistencia de la superficie del terreno al deslizamiento y a la erosión por acción de gravedad, el agua y el viento; propiedades químicas o la geología del suelo bajo la superficie del terreno y el número de personas y máquinas que participan en cada área de construcción.

Las escorrentas provenientes de áreas sin urbanizar o sin alcantarillado pueden tener un papel significativo entre las denominadas fuentes no puntuales, ya que los desechos generados y otros tipos de residuos domésticos son descargados directamente sin tratamiento alguno, en una corriente de agua, en el suelo o donde puedan infiltrarse hacia el subsuelo o ser arrastrados hacia las aguas superficiales.

#### 1.4. FUNCION DE LA REDUCCION DE CONTAMINANTES DE LAS AGUAS.

Para el tratamiento de aguas residuales se tiene un campo con gran amplitud de disciplinas que deben conjuntarse para conseguir óptimos resultados con un costo mínimo, entre estas disciplinas se encuentran: ciencias aplicadas e ingeniería, ciencias biológicas, ciencias de la tierra, ciencias sociales y económicas.

Para el tratamiento de aguas residuales, tanto domésticas como industriales, hay que empezar por considerar tecnologías, nuevos procesos y en general nuevas líneas de tratamiento, así como la modificación de las antiguas. La imagen actual de una planta de tratamiento no es la de grandes depósitos de hormigón, sino la de una serie de procesos unitarios integrados, estas operaciones tanto físicas como químicas en su base, deben diseñarse caso por caso para cada problema de aguas

residuales cualquiera que fuese su origen, este debe tratarse con soltura tanto en las operaciones unitarias a utilizar así como su integración estando de esta forma calificando para diseñar las plantas de tratamiento.

#### 1.5. EFECTOS DE LA CONTAMINACION DEL AGUA EN EL MEDIO AMBIENTE Y LA BIOTA.

El estudio realizado tomando como fuente una contaminación que considera el agua residual de una población de 400 000 personas, descargando un cauce superficial con un caudal de 10 200 m<sup>3</sup>/h, el estudio realizado por Bartsch e Ingram, es resumida en las Figuras 1.2. a la 1.5.. La disminución del oxígeno disuelto (OD) y la formación de depositos de lodos pueden considerarse como perturbación ambiental más importante que puede afectar al medio acuático.

##### 1.5.1. La Curva de Oxígeno Disuelto.

La figura 1.2. denominada curva de oxígeno disuelto, es un gráfico de la concentración de oxígeno disuelto (mg/l) en un cauce superficial. Las aguas residuales se descargas en un punto cero del eje de las abscisas. Los valores de la derecha del punto cero representan kilómetros agua abajo del punto de descarga. Se supone que se consigue una mezcla total y que la temperatura del agua es de 25 °C. La ordenada de la curva de oxígeno disuelto se expresa en mg/l. La forma de la curva, aguas abajo del punto de descarga puede entenderse através de la figura 1.3. (esta curva es la resultante de dos curvas: una que corresponde a la disminución del oxígeno disuelto debido a su utilización por oxidación de materias orgánicas que llegan con las aguas residuales y la otra el incremento de oxígeno por aireación natural). La figura 1.2. muestra que la curva de OD alcanza un punto bajo unos 44 Km aguas abajo del punto de descarga y correspondiente a un recorrido de 2.25 días y un OD de unos 1.50 mg/l. El punto más bajo de la curva de oxígeno se desplazaría hacia arriba o hacia abajo con las fluctuaciones de temperatura. La solubilidad del oxígeno en el agua aumenta al disminuir la temperatura. Estos dos factores combinados dan lugar a que el punto más bajo de la curva de oxígeno se desplace aguas arriba.

La otra curva mostrada en la figura 1.2. corresponde a la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) está utiliza como una medida de la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación por acción bioquímica aeróbica, de los productos químicos biodegradables presentes en una muestra de agua. La DBO es baja en la parte aguas arriba o no contaminadas (cerca de 2 mg/l), ya que no hay materia orgánica presente para consumir oxígeno. La DBO aumenta bruscamente en el punto de descarga, y disminuye gradualmente aguas abajo, a partir de este momento en la medida en que la materia orgánica descargada va oxidándose progresivamente hasta alcanzar un valor aproximado de 2 mg/l, indicativo de agua no contaminada. En este punto podemos decir que el vertido esta estabilizado. La DBO y la OD están relacionadas de tal forma que la concentración de oxígeno disuelto es baja donde la DBO es alta y así mismo puede establecerse lo contrario.

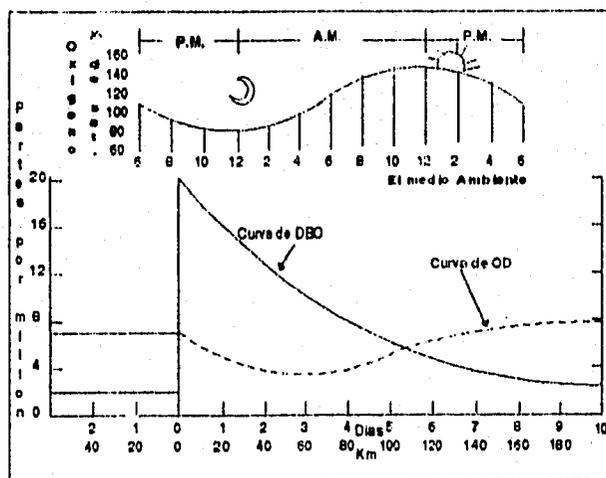


Figura 1.2. Curvas de Oxígeno Disuelto y Demanda Bioquímica de Oxígeno.

### 1.5.2. Efectos de la Luz.

En la figura 1.3. pueden apreciarse los efectos de la disminución por oxidación de materiales orgánicos y el incremento de oxígeno por aireación. Son los únicos considerados para explicar la forma de la curva de oxígeno. Para un análisis más completo del problema se necesita considerar los efectos de la luz.

En cualquier tramo seleccionado del curso de agua hay una variación en la concentración de oxígeno disuelto que depende de la hora del día. Durante el paso diurno las algas y otras plantas dan oxígeno al agua a través del proceso de fotosíntesis, esta cantidad de oxígeno puede ser tan considerable que el agua puede llegar a estar supersaturada en algunos momentos del periodo diurno. Además de dar oxígeno, el proceso de fotosíntesis consiste en producir hidratos de carbono que sirven como base y soporte para toda la vida acuática. Esto corresponde a la reacción que se señala en la ecuación:



Mientras la fotosíntesis ocurre, hay también respiración que continúa durante 24 horas sin tener en cuenta la iluminación. Durante la respiración se consume oxígeno y se produce  $\text{CO}_2$ . Durante el periodo diurno las algas pueden producir oxígeno en exceso del necesitado para su respiración, así como en exceso para el requerido para la respiración de otros organismos acuáticos y para satisfacer la Demanda Bioquímica de Oxígeno. En estas condiciones puede llegarse a alcanzar una sobresaturación de oxígeno y parte de este exceso puede pasar a la atmósfera.

Durante la noche la fotosíntesis no se produce y el oxígeno disuelto en exceso se usa gradualmente para la respiración de la DBO. En consecuencia, la concentración de oxígeno disuelto alcanza los puntos mínimos en las primeras horas de la mañana. Para tener en cuenta las variaciones de OD, el muestreo de los cauces en las campanas de un estado debe realizarse a lo largo de las 24 horas.

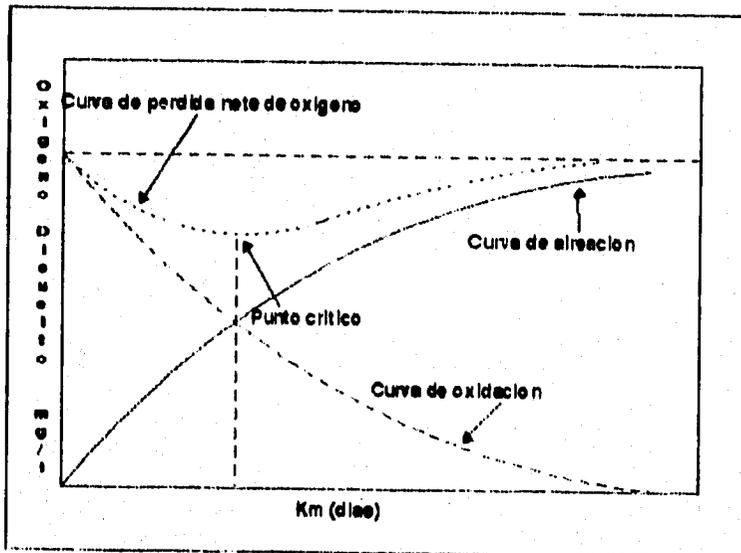


Figura 1.3. Curva de Oxígeno.

### 1.5.3. Descomposición de Materiales Orgánicos y Compuestos Nitrogenados.

El crecimiento acelerado de bacterias es una respuesta a suministros ricos en nutrientes en las aguas residuales domésticas. Durante el periodo de rápida asimilación de nutrientes, la reproducción bacteriana alcanza su óptimo y la utilización del oxígeno disuelto es aproximadamente proporcional a la cantidad de materia orgánica o de alimento utilizado. La figura 1.4. ilustra los cambios progresivos, aguas abajo, del nitrógeno orgánico al nitrógeno en forma de amonio, nitrito y finalmente nitrato. El alto consumo de oxígeno por la alimentación bacteriana con compuestos de base proteínica disponibles en la zona de aguas arriba tienen lugar

debido al efluente doméstico vertido muy recientemente. Conforme va disminuyendo la cantidad de estos compuestos en las aguas superficiales la concentración de OD se va recuperando progresivamente alcanzando finalmente su valor inicial de 7 mg/l.

Un proceso similar tiene lugar con los nutrientes tipo hidratos de carbono y grasas. El producto final de la descomposición aeróbica de la materia carbónica y nitrogenada es:

1. Descomposición de materia orgánica nitrogenada. Aeróbica (productos finales)  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ; anaeróbica (productos finales): mercaptanos, indoles, escatol,  $\text{H}_2\text{S}$  y otra serie de productos.

2. Descomposición de materia carbónica, aeróbica:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ; anaeróbica: ácidos, alcoholes,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$  y otros productos complejos.

El nitrógeno y el fósforo presentes en las proteínas de las aguas residuales dan lugar a problemas especiales en los cauces y receptores. La alta concentración de estos elementos en el agua crea condiciones especialmente favorables para el desarrollo de las plantas verdes. Si el agua es de curso libre (ríos, arroyos), se forman unos recubrimientos verdes aterciopelados sobre las piedras y partes laterales de los arroyos que forman a veces como hilos conocidos como cabellos de sirena. Estas vegetaciones no carecen de atractivo y constituyen una jungla en miniatura en la cual se establece una vida animal de muchos tipos, de tal manera que muchos de ellos son base para la alimentación de los peces. Si por el contrario, el agua esta quieta, se estimula el crecimiento de tipos de algas no deseados. Estas algas hacen que el agua aparezca con un color verdoso, pudiendo llegar a oler teniendo un aspecto poco atractivo (algas azul-verdosas llegando a desarrollar venenos para diversos animales.

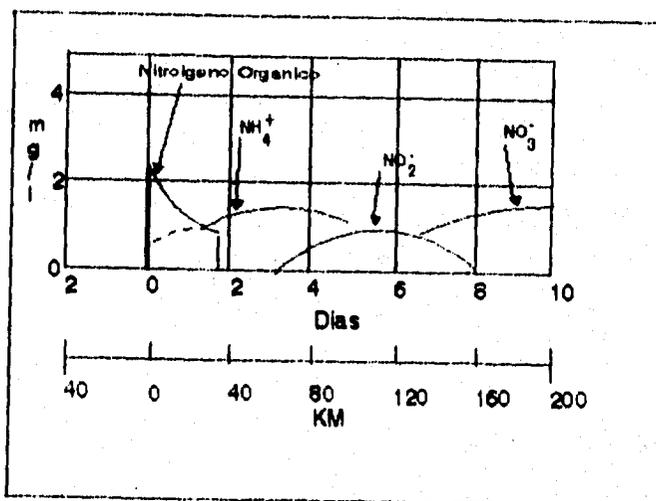


Figura 1.5. Descomposición aerobia de material orgánico nitrogenado.

#### 1.5.4. Depósitos de Lodos y Plantas Acuáticas.

En la parte inferior de la figura 1.5. se muestra un perfil de los depósitos de lodos a distintas distancias del punto de vertido y a partir de entonces el lodo se va reduciendo gradualmente por descomposición de acción bacteriana y otros organismos hasta que resulta insignificante a unos 50 Km. de distancia.

También en el punto de vertido hay una turbidez bastante elevada debido a la presencia de sólidos en suspensión, a medida que estos sólidos se sedimentan el agua se hace cada vez

más clara acercándose a la transparencia de la zona de aguas arriba.

En la parte superior de la figura 1.5. se recoge la distribución de plantas acuáticas. Poco después de la descarga se alcanza el máximo crecimiento de mohos asociados con bacterias filamentosas, asociadas con la disposición de lodos que se muestra en la curva inferior. Entre los puntos 0 y 58 Km. la gran turbidez no produce algas porque la luz solar no puede penetrar en el agua efectivamente. Las únicas algas que pueden crecer son las algas llamadas azul-verdosas, características de aguas contaminadas, estas pueden cubrir las piedras de los márgenes haciéndolos resbaladizos y pueden llegar a dar olores molestos en su descomposición estacional.

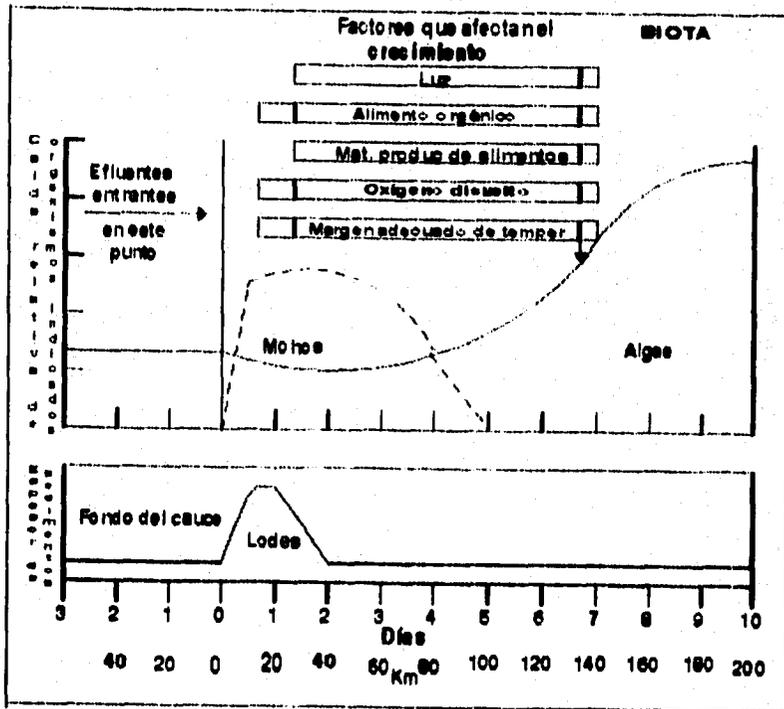


Figura 1.5. Sedimentación de lodos y plantas acuáticas.

Las algas comienzan a incrementarse a partir de kilometro 58. El plactón, así como otras formas flotantes, se hacen cada vez más abundantes. Estas constituyen un suministro de alimento muy importante para la fauna acuática así como refugio para ella. De esta forma, así como las plantas van respondiendo aguas abajo desarrollando una población diversificada y ayudando a la recuperación y limpieza de los tramos acuáticos, la fauna animal sigue un desarrollo paralelo, produciendo una gran variedad de especies.

#### 1.5.5. Bacterias y Ciliados.

La figura 1.6. ilustra la interrelación entre bacterias y otras formas de plantación animal tales como protozoos ciliados, rotíferos y crustáceos. Las dos curvas decrecientes que se muestran corresponde unas a las bacterias que se encuentran en los lodos y otras a las bacterias coliformes solamente. Las dos curvas en forma de campana corresponden a protozoos ciliados, rotíferos y crustáceos.

Después de entrar en el curso de aguas con el agua residual, las algas se reproducen y llegan a ser abundantes alimentándose de la materia orgánica del vertido. Los protozoos ciliados inicialmente pocos en número se alimentan de las bacterias. La población de bacterias va disminuyendo gradualmente, por lo tanto un proceso natural de mortalidad, como por servir de alimentación para los protozoos. Después de unos dos días de transcurrir por el cauce, a unos 38 Kms. aguas abajo del punto 0, el medio se hace más adecuado para ciliados, que forman el grupo dominante de zooplactón.

Después de 7 días, 135 Kms. más abajo del punto 0, los ciliados pasan a ser víctimas de los rotíferos y los crustáceos que pasan a ser la especie dominante. De esta forma el proceso biológico de degradación y consumo de aguas residuales depende de una sucesión interrelacionada de especies de zooplactón, tales que una especie vive y captura a otras.

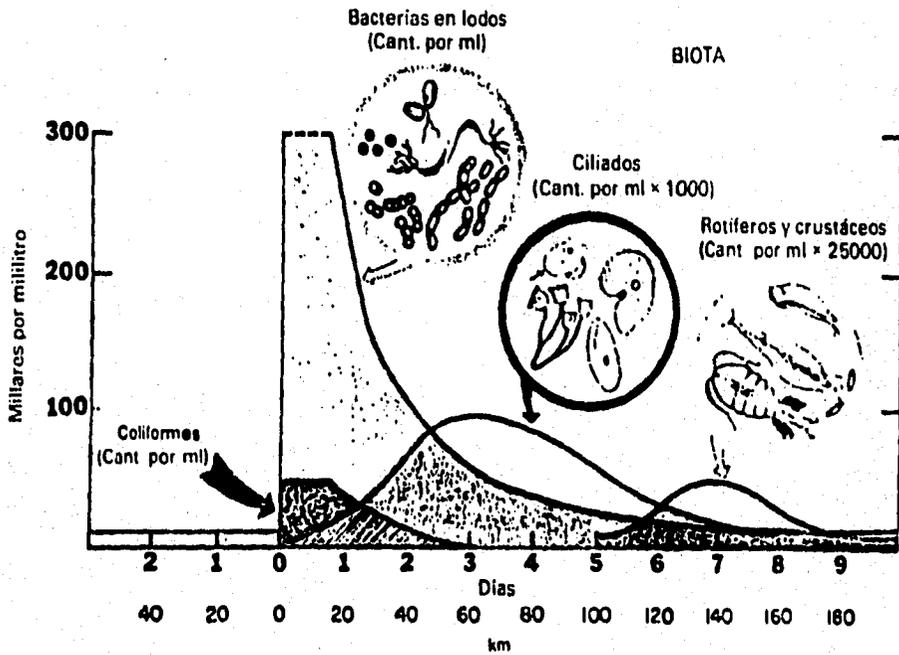


Figura 1.6. Aumento de la población bacteriana, controlada por los ciliados que a su vez son pasto de rotíferos y crustáceos.

#### 1.5.6. Formas más Desarrolladas de Especies Animales.

La figura 1.7 ilustra este tipo de organismos y su población a lo largo del curso del cruce. La curva (a) representa el número de especies de organismos que se encuentran según distintos niveles de contaminación. La curva (b) representa la población en miles de individuos de cada especie por m<sup>2</sup>.

En las aguas limpias, aguas arriba del punto 0, se encuentra una gran variedad de organismos con muy pocos individuos de cada uno presente. En el punto de descarga, el número de especies diferente se reduce gradualmente y hay un drástico cambio en las especies que constituyen la biota. Esta biota alterada esta representada por muy pocas especies pero sin embargo hay un incremento notable en el número de individuos de cada especie comparado con la densidad de población agua arriba.

En las aguas limpias hay asociación de especies de pesca deportiva y otras especies típicas de aguas limpias representadas por pocos individuos. En zonas contaminadas estas especies son reemplazadas por asociaciones de larvas y gusanos, representadas por un gran número de individuos. Cuando las condiciones aguas abajo vuelven a las primitivas tienden a reaparecer las especies de aguas limpias mientras las tolerantes a la contaminación desaparecen.

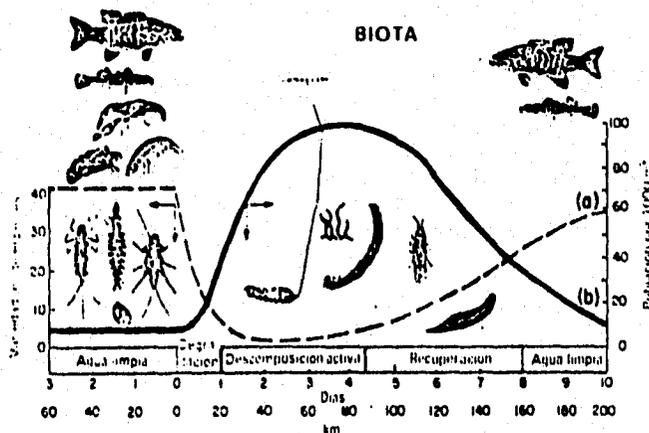


Figura 1.7. La curva (a) muestra la fluctuación del número de especies; (b) variación en la población en número de individuos

Los animales tolerantes a la contaminación están especialmente bien adaptados para la vida en depósitos de lodos y en condiciones de muy poco oxígeno disuelto. El índice de diversidad es una indicación de las condiciones generales del medio acuático. Cuando mayor es este valor más productivo es el sistema; su valor disminuye al aumentar la contaminación.

#### 1.6. NORMAS DE CALIDAD DEL AGUA.

La necesidad cada vez mayor de tener un control de la contaminación para proteger el ambiente acuático y mantener una calidad aceptable del agua, dió como resultado el tomar medidas para el control de dicha contaminación creando normas de calidad del agua.

- Las normas para aguas receptoras. Cuando se utilizan estas normas las corrientes de agua se clasifican en diferentes categorías, según su uso para lo cual son destinadas. Con este método es difícil garantizar el cumplimiento de las normas, pues no se puede asignar responsabilidad a una fuente específica.

- Las normas para efluentes. Son restricciones impuestas a los efluentes, las cuales deben ser cumplidas para cada fuente específica en el punto de descarga y dependen del tipo de giro de la industria que las este utilizando. Las normas deben ser estrictas para proteger la calidad de las aguas receptoras y poder aplicar así sin distinción a cada uno de los vertidos. Al establecer las normas debe tenerse en cuenta ciertas consideraciones básicas.

- Los aceites y grasas, sólidos flotantes, sólidos sedimentables que deben ser eliminados para mantener los niveles adecuados de oxígeno.

Las restricciones o normas para efluentes deben establecerse en concordancia con las condiciones locales. Por ejemplo para la planta de tratamientos de aguas residuales en un rastro de pollos generalmente lleva un tratamiento primario la DBO y Sólidos sedimentables se reduce en un 80 % como promedio, en tanto que en el tratamiento secundario esta en un rango de un 85 a un 99 %.

**CAPITULO 2**  
**NORMATIVIDAD**

## CAPITULO 2 NORMATIVIDAD

Las normas de calidad de las aguas estan corrientemente basadas en uno o dos criterios: la calidad de las aguas superficiales o normas de limitación de vertidos. Las normas de calidad de aguas de los receptores, aguas abajo del punto de descarga, mientras que las normas de limitación de vertidos, establecen la calidad de las aguas residuales en su mismo punto de vertido.

Una desventaja de las normas de limitación de vertidos es que no establece controles sobre el total de aguas contaminantes vertidas en los receptores, por ejemplo una gran industria, aunque lleve a cabo el mismo tratamiento que una pequeña, puede causar mucho mayor contaminación del receptor.

Sin embargo las normas de limitación de vertidos son mucho más fáciles de controlar que las de calidad de cauces receptores que requieren de un análisis detallado de dichos cauces.

Las normas de calidad seleccionadas dependen de los usos del agua; algunas de estas incluyen los siguientes parámetros:

Parámetro	Unidad	Concepto
Oxígeno Disuelto (OD)	ml/l	Cantidad de oxígeno necesario para que sobrevivan el reino animal.
pH		La concentración del ion hidrógeno es un parámetro de calidad para la existencia de vida biológica, siendo difícil de tratar con pH significativo.
Color		Básicamente se tienen dos clasificaciones. Gris cuando el agua residual es fresca y negra cuando el oxígeno disuelto vale cero.
Turbidez		Debida a la presencia de sólidos suspendidos que están dispersos en ella provocando una reducción en su transparencia. Su medición indica su grado de opacidad o dispersión de luz a causa de los sólidos suspendidos
Dureza	ml/l	Se determina por el contenido de sales de calcio y magnesio.
Contenido Total de Sólidos	mg/l	Se considera a la más importante de las características físicas al contenido total de sólidos, el cual incluye: material flotante, material en suspensión, materia coloidal y material en solución.

Parámetro	Unidad	Concepto
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	Son los sólidos que no se sedimentan encontrándose en el agua en estado iónico o molecular.
Sólidos Suspensos Totales (SST)	mg/l	Estos sólidos aumentan los problemas de sedimentación y putrefacción. Su medición sirve como guía para controlar las operaciones de los procesos y la eliminación final de los desechos industriales.
Sólidos en suspensión (SS)	mg/l	Son aquellos sólidos que pueden ser sedimentables que por su peso pueden sedimentar fácilmente en un período de tiempo (1-2 hrs en un Cono imhoff)
Concentración de Productos Tóxicos	mg/l	La presencia de materiales tóxicos en la muestra de agua residual puede tener efectos de tipo biotóxico o bioestático inoculo, por lo que se hace necesario predeterminar el valor de dilución en el cual los rendimientos del DBO son consistentes.
Olor	°C	
Temperatura		Esta afecta, cuando es elevada, a la vida acuática, el oxígeno es menos soluble, aumenta la velocidad de reacciones bioquímicas
Grasas y aceites	mg/l	Productos sólidos y líquidos que con el agua forman emulsiones y suelen ser incoloras e insipidas.

Parámetro	Unidad	Concepto
Conductividad	uS/cm	Indice para medir la concentración de electrolitos.
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	Medida de la cantidad de oxígeno disuelto que se consume durante la oxidación química del agua residual con dicromato de potasio.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/l	Medida de la cantidad de Oxígeno disuelto que se consume por los microorganismos como resultado de la descomposición de componentes orgánicos desagradables.
Demanda Total de Oxígeno		Mide la demanda de oxígeno necesario para oxidar sustancias orgánicas e inorgánicas, obteniéndose óxidos estables a diferentes eficiencias de reacción.
Coliformes Totales	NPM/100 ml	Es cuando se indica que hay patógenos y la ausencia indica que el agua está libre de productores de enfermedades.
Sustancias Activas al Azul de Metileno	mg/l	
Alcalinidad Total	mg CaCO <sub>3</sub> /l	Se determina con la presencia de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos o bien en función de cantidades equivalentes de CaCO <sub>3</sub> .
Acidez Total	mg CaCO <sub>3</sub> /l	Señala la presencia de HCl y H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . También se debe a la hidrólisis de ciertos cationes disueltos.

Parámetro	Unidad	Concepto
Fosfatos PO <sub>4</sub>	mg/l	Se presentan como ortofosfatos PO <sub>3</sub> , PO <sub>4</sub> , HPO <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> y H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> , polifosfatos y fosfato orgánico
Nitrógeno Total	mg/l	Se presenta en NH <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> OH, NO <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub> , y nitrógeno orgánico.
Fenoles	mg/l	Compuestos orgánicos con uno o varios grupos hidróxidos (OH) se unen directamente al núcleo de benceno según el número de OH se distinguen fenoles mono, di o trivalentes
Cromo Hexavalente Cr <sup>+6</sup>	mg/l	Este elemento es de interés ya que es contaminante en las calderas y se precipita como hidróxido.
Plomo		Material tóxico para los seres humanos y su efecto es acumulativo.
Carbón Orgánico Total (COT)		Este método se emplea para medir el nivel de contaminación de corrientes de agua residual sus pruebas incluyen la oxidación de material orgánico a dióxido de carbono y agua y con una posterior titulación del gas generador atrapado en una solución cáustica estándar.

Tabla 2.1. Parámetros que incluyen las normas de vertidos de aguas.

La preservación de la calidad y cantidad del agua de nuestros ríos y cuencas naturales, requiere de un uso racional del recurso y de un control de las descargas de aguas residuales, para lo cual la Comisión Nacional del Agua, por Ley es el organismo responsable de la misma, la cual ha dividido al País en diferentes zonas para el cobro de derechos por el uso de este recurso; dichas zonas no coinciden con la distribución política del País, para cada municipio o área de acuerdo a la siguiente tabla:

Zona	Estados Pertenecientes
Zona 1	Aguascalientes, Baja California, Coahuila, Colima, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, México, Morelos, Nuevo León, Quintana Roo, Sonora, Zacatecas.
Zona 2	Estados de Puebla, Veracruz, Sinaloa, Tamaulipas.
Zona 3	Estados de Campeche, Durango, Tamaulipas, San Luis Potosí, Quintana Roo.
Zona 4	Campeche, Chiapas, Nayarit, Oaxaca, Tabasco.

Tabla 2.2. Zonas de disponibilidad de la Ley Federal de Derechos.

El importe a pagar por el uso de agua se determina de acuerdo al siguiente diagrama de flujo.

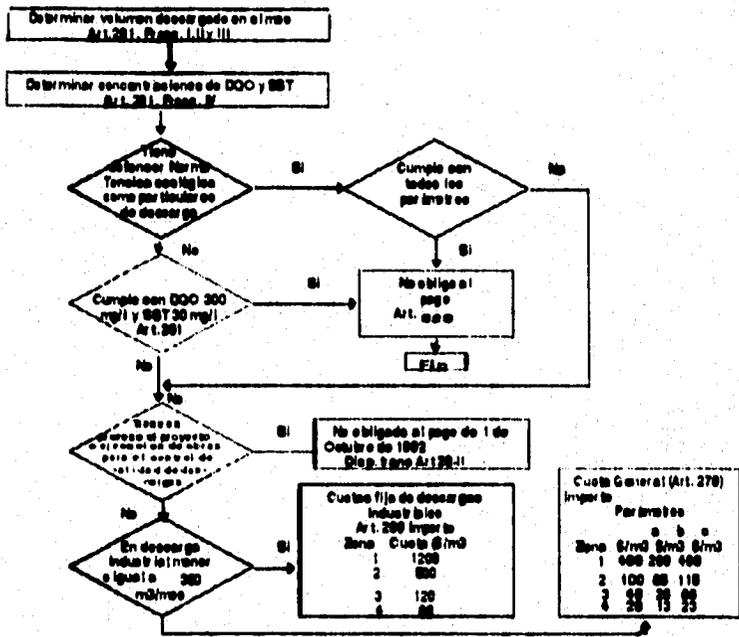


Figura 2.1. Importe del pago por el uso de aguas residuales.

## 2.1. PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA.

### 2.1.1. Normas y Reglamentos.

La reglamentación y control ambiental en México, en cuestión de aguas residuales en la actualidad ha sido abordado por diferentes sectores de la administración pública.

Las normas y reglamentos que aplican actualmente en cuestión de prevención y control de la contaminación del agua son principalmente las siguientes:

- Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales.
- Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.
- Ley de Aguas Nacionales. Título Cuarto; Derecho de Uso o Aprovechamiento de Aguas Nacionales. Título Séptimo; Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas, publicado por la Comisión Nacional del Agua.
- Ley Federal de Derechos en Materia de Agua.
- Norma Oficial Mexicana de Control de Calidad del Agua NOM-CCA-022-ECOL/93, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria de matanza de animales y empacados cárnicos.
- NOM-CCA-031-ECOL/93, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria, actividades agroindustriales, de servicios y el tratamiento de aguas a los sistemas de drenaje de alcantarillado urbano y municipal.

### 2.1.2. Documentos Oficiales.

Los documentos oficiales con los que una industria o compañía deberá contar legalmente son los que a continuación se listan.

#### 2.1.2.1. Permisos de abastecimiento de agua.

De acuerdo con el Artículo 20 del Capítulo II de Concesiones y Asignaciones del Título Cuarto de Derecho de Uso o Aprovechamiento de Aguas Nacionales, la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales por parte de personas físicas o morales se realizará mediante concesión otorgada por el Ejecutivo Federal a través de "La Comisión", de acuerdo con las reglas y condiciones que establece esta ley y su reglamento, el trámite para solicitar esta concesión deberá contener los términos que señala el Artículo 21 del mismo Capítulo II.

De acuerdo con el Artículo 30 del mismo Capítulo IV del Registro Público de Derechos del Agua del Título IV de la Ley de Aguas Nacionales, el concesionario deberá estar registrado en el Registro Público de Derechos de Agua. En este registro deberá inscribirse los Títulos de concesión, de asignación y los permisos a que se refiere la presente ley, así como las prórrogas de las mismas, su suspensión, terminación y los actos y contratos relativos a la transmisión total o parcial de su titulación.

La constancia de su inscripción en el registro será el medio de prueba de la existencia, de la titularidad y de la situación de los títulos respectivos, Artículo 31 del Capítulo IV.

Artículo 29, Fracción II del Capítulo II de derechos y obligaciones, de concesionarios o asignatarios del Título Cuarto, señala que el concesionario tendrá que cubrir los pagos que les correspondan de acuerdo a lo establecido con la legislación fiscal vigente y en las demás disposiciones aplicables; de tal manera que se les suspenderá la concesión o asignación para el uso o aprovechamiento de aguas nacionales, independientemente de la aplicación de las sanciones que procedan de acuerdo a las Fracciones I, II y III del Artículo 26 del Capítulo II de la Ley de Aguas Nacionales.

De la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua, el Título I de los derechos por la Previsión de Servicios, Capítulo VII Sección Primera: servicio de agua, establece en su Artículo 82 que por los servicios de trámite y expedición de asignaciones, concesiones o permisos que se indicaran, incluyendo su posterior inscripción por parte de la Comisión Nacional del Agua en el Registro Público de Derechos de Agua, se pagará el derecho por servicios de agua, de conformidad a las cuotas que se indican en las Fracciones I, II, III y IV.

#### 2.1.2.2. Permiso(s) para descarga de aguas residuales.

El Artículo 88 del Título Séptimo de la Ley de Aguas Nacionales, señala que las personas físicas o morales requieren permiso de la Comisión Nacional del Agua (CNA) para descargar en forma permanente, intermitente o fortuitas aguas residuales en cuerpos receptores que sean aguas nacionales o demás bienes nacionales o en otros terrenos cuando puedan contaminar el subsuelo o los acuíferos.

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

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

Al no cumplir con las obligaciones indicadas, la CNA en el ámbito de su competencia, podrá ordenar la suspensión de las actividades que den origen a las descargas de aguas residuales, de acuerdo con las fracciones I, II, III y IV del Artículo 92 del Título Séptimo de Previsión y Control de la Contaminación de las Aguas.

La CNA, en el ámbito de la competencia federal, realizará la inspección o fiscalización de las descargas de aguas residuales con el objeto de verificar el cumplimiento de la Ley. Los resultados de dicha fiscalización o inspección se harán constar en acta circunstanciada, producirán todos los efectos legales y podrán servir de base para la CNA y las demás dependencias de la Administración Pública Federal componentes, pueden aplicar sanciones respectivas previstas en la Ley.

#### 2.1.2.3. Registro de la(s) descarga(s) de aguas residuales.

El Artículo 119, Fracción V, de la Ley de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (L.G.E.E. y P.A.), indica que los Estados y Municipios deberá llevar y actualizar el Registro de las Descargas de Aguas Residuales, el cual deberá ser integrado al Registro Nacional de Descargas a cargo de la SEDESOL.

De igual manera en los Artículos 135 y 136. Título Séptimo del Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales, se señala que las personas físicas o morales que efectúen descargas de aguas residuales a los cuerpos receptores deberán obtener el Registro de las Descargas de Aguas Residuales.

#### 2.1.2.4. Condiciones particulares de la(s) descarga(s).

La CNA tiene a su cargo establecer y vigilar el cumplimiento de las condiciones particulares de las descargas (CPD) que deben satisfacer las aguas residuales que se generen en bienes y zonas de Jurisdicción federal; así como las aguas residuales vertidas directamente en aguas y bienes nacionales, o en cualquier terreno cuando dichas descargas puedan contaminar el subsuelo o los acuíferos; y en los demás casos previstas en la L.G.E.E. y P.A. A este respecto el Artículo 87 del Título Séptimo de la Ley de Aguas Nacionales, menciona que la CNA determinará los parámetros que deberán cumplir las descargas, la capacidad de asimilación y dilución de los cuerpos de aguas nacionales y las cargas de contaminantes que

estos puedan recibir, así como las metas de calidad y los plazos para alcanzar, mediante la expedición de Declaratorias de Clasificación de los Cuerpos de Aguas Nacionales, de las cuales se publicarán en Diario Oficial de la Federación.

Estas declaratorias contendrán:

- La delimitación del cuerpo de agua clasificado.
- Los parámetros que deberán cumplir las descargas según el cuerpo de agua clasificado conforme a los periodos previstos en el Reglamento de esta Ley;
- El cuerpo de agua clasificado para diluir y asimilar contaminantes y,
- Los límites máximos de descarga de los contaminantes analizados, base para fijar las condiciones particulares de descarga.

Debido a que no se considera la Demanda Química de Oxígeno (DQO), y Sólidos Suspendidos Totales (SST) en el Artículo 13 del Capítulo II, del Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas, se está contemplando lo señalado en la Fracción I del Artículo 282 de la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua, en el cual se indica que en el caso de que la Norma Técnica Ecológica no contemple la DQO o SST, o ambos, para estos parámetros se tomarán como máximos permisibles los señalados en el Artículo 281, Fracción IV, Inciso C de esta Ley. Estas concentraciones promedio mensual son:

Parámetro	Cantidad	Unidad
Demanda Química de Oxígeno	300.0	mg/l
Sólidos Suspendidos Totales	30.0	mg/l

Tabla 2.3. Concentraciones promedio mensual (Art. 281)

Cabe mencionar que la CNA podrá ordenar la suspensión de las actividades que den origen a la descarga de aguas residuales, cuando:

- No se cuente con el permiso de descarga de aguas residuales en los términos de esta Ley;

- La calidad de la descarga no se sujete a las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes, a las condiciones particulares de descarga o a lo dispuesto en esta Ley y su Reglamento;

- Se deje de pagar el derecho por el uso o aprovechamiento de bienes de dominio público de la Nación como cuerpos receptores de las descargas de agua residual; o

- Cuando el responsable de la descarga utilice el proceso de dilución de las aguas residuales para tratar de cumplir con las Normas Oficiales Mexicanas respectivas o las condiciones particulares de descarga.

La suspensión será sin perjuicio de la responsabilidad civil, penal o administrativa en que se hubiera podido incurrir. Sin perjuicio de lo anterior, cuando exista riesgo de daño y peligro para la población o los ecosistemas, la CNA a solicitud de la autoridad competente podrá realizar las acciones y obras necesarias para evitarlo, con cargo a quien resulte responsable.

2.1.2.5. Envío de reportes mensuales a la autoridad de la calidad del agua residual.

Del Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales, en su Artículo 135, Fracciones IX y X se indica que deberá llevarse un monitoreo de la calidad de las aguas residuales que se descargen o infiltren en los términos de ley y demás disposiciones reglamentarias y conservar al menos durante tres años el registro de la información sobre el monitoreo que realice, en los términos de las disposiciones jurídicas, normas, condiciones y especificaciones técnicas aplicables.

#### 2.1.2.6. Pagos de derechos sobre agua.

De acuerdo con el Artículo 223 del Título II de los Derechos por el Uso o Aprovechamiento de Bienes del Dominio Público del Capítulo VIII, de la Ley Federal de Derechos en la materia, se pagará el derecho sobre el agua, de conformidad con la zona de disponibilidad de agua en que se efectue su extracción y de acuerdo con las cuotas que se indican en el inciso A.

En el Artículo 278, Capítulo XIV "Derechos por uso o aprovechamiento de bienes del dominio público de la nación como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales", se indica que deberá pagarse el derecho por cada metro cúbico de descarga que se efectue, según la zona de disponibilidad a que se refiere el Artículo 231, una vez hecha la medición de los contaminantes del agua descargada y la deducción de las concentraciones permisibles en los términos del Artículo 281, aplicado en las cuotas en base a las Fracciones I y II.

El Artículo 281, en su Fracción III de la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua, señala que cuando la descarga sea fortuita o cuando sea intermitente inferior a 3 000 m<sup>3</sup> por mes el usuario afrontará el volumen descargado en cada ocasión, medición que se deberá indicar bajo protesta de decir la verdad en la declaración respectiva.

Para aplicar la tarifa a que se refiere el Artículo 278 por metro cúbico, se deberá determinar tanto la concentración promedio mensual de DQO y de SST en mg/l en la descarga; restar al resultado la cantidad de 300 mg/l para la DQO y 30 mg/l para los SST. El remanente que resulte de aplicar dichos parámetros será la base para el cálculo del derecho respectivo.

Una vez que se tengan los kilogramos de los contaminantes que tiene la descarga mensual de aguas residuales, tanto el DQO y SST, se deberá aplicar la cuota respectiva a que se refiere el Artículo 278, Fracciones I y II del Capítulo XIV de la Ley de Derechos en Materia de Agua.

En caso de que se hayan expedido Normas Técnicas Ecológicas, el contribuyente podrá restar al resultado obtenido de los análisis las concentraciones máximas permisibles de DQO y SST medidos en mg/l, establecidas expresamente en las Condiciones Particulares de descarga y solo falta de estas en la Norma Técnica Ecológica; el remanente que resulte de aplicar dichos parámetros será base para el cálculo del derecho respectivo.

2.1.2.7. Registro de medidores del suministro de agua cruda y efluente.

De acuerdo con el Artículo 225, del Capítulo VIII del Título II de la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua, los contribuyentes deberán contar con aparatos de medición de las aguas que usen o aprovechen, mismos que deberán tener sellos oficiales de la CNA para verificar su lectura. Así mismo estarán obligados a informar a dicha comisión las descomposturas de su medidor dentro del trimestre en que tuvieron conocimiento de las mismas.

2.2.2. Normas Ecológicas Aplicables para la Industria de la Matanza de Animales.

La normatividad aplicable en el caso de control de calidad de agua, son las normas técnicas ecológicas denominadas NOM-CCA, siendo las siguientes:

- El importe a pagar por el uso de agua se calcula como a continuación se explica:

$$\text{IMPORTE} = a (\text{VOLUMEN}) + b (\text{DBO} - \text{DQO}') + c (\text{SST} - \text{SST}')$$

$$\text{IMPORTE} = a (\text{VOLUMEN}) + b (\text{DQO}') + c (\text{SST}')$$

Unidades :

$$$/m^3 = (€/m^3)m^3 + ((€/Kg \text{ DQO}')/m^3) + ((€/Kg \text{ SST}')/m^3) \text{ Kg}$$

Concentraciones Máximas Permisibles	
Demanda Química de Oxígeno (DQO')	300 mg/l
Sólidos Sedimentables Totales (SST')	30 mg/l
1 mg/l = 0.001 Kg/ m <sup>3</sup>	

Las normas para la descarga de aguas residuales han sido fijadas por giros, una parte importante es la toma de muestras; para que una muestra sea representativa debe ser tomada por personal calificado y cumplir con los siguientes lineamientos:

Para todas las NOM-CCA se debe de tomar en cuenta lo siguiente:

Obtención de Muestras:	
Horas por día que opera el proceso generador de la descarga.	Intervalo entre tomas de muestras instantáneas por horas.
8	3
12	3
24	4

#### 2.2.1. NOM-CCA-022/93.

La Norma Oficial Mexicana para nuestro caso específico es la NOM-CCA-022/93.

Para emisiones contaminantes de la descarga de aguas residuales en la industria de la matanza de animales y empacados carnicos, siendo sus límites los siguientes:

AGUAS RESIDUALES NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES DE EMISION (mg/l)		
Parámetros	Promedio Diario	Promedio Instantáneo
pH (Unidad de pH)	6-9	6-9
Demanda Química de Oxígeno	200	240
Sólidos Sedimentables	1	1.2
Sólidos Suspendedos	125	137.5
Grasas y Aceites	30	40
Nitrógeno	20	30
Fósforo	- - -	- - -
Color Turbiedad	- - -	- - -
Sólidos Disueltos	- - -	- - -

#### 2.2.2. NOM-CCA-031/93

Para la descarga de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal, provenientes de las descargas de la industria o de los servicios de reparación automotriz, gasolineras, tintorería revelado de fotografías y el tratamiento de aguas residuales se tienen los siguientes niveles máximos permisibles.

<b>AGUAS RESIDUALES NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES DE EMISION</b>		
<b>PARAMETROS</b>	<b>Promedio Diario (mg/l)</b>	<b>Promedio Instantaneo (mg/l)</b>
Temperatura	- - -	40 °C (313 °K)
pH (Unidades de pH)	6-9	6-9
Sólidos Sedimentables	5.00	10.00
Grasas y aceites	60.00	100.00
Conductividad Eléctrica (mmhos/cm)	50 000.00	8 000.00
Aluminio	10.00	20.00
Arsénico	0.50	1.0
Cadmio	0.50	1.0
Cianuros	1.00	2.0
Cobre	5.00	10.00
Cromo Hexavalente	0.50	1.00
Cromo Total	2.50	5.00
Flúor	3.00	6.00
Mercurio	0.01	0.02
Níquel	4.00	8.00
Plata	1.00	2.00
Plomo	1.00	2.00
Zinc	6.00	12.00
Fenoles	5.00	10.00
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SSAM)	30.00	60.0

Obtención de Muestras:			
Mes/Día que opera el servicio generador de la descarga	No. de Muestras	Intervalo entre toma de muestras (hrs)	
		MÍNIMO	MÁXIMO
Hasta 8	3	2.0	4
más de 8 y hasta 12	4	2.6	4
más de 12 y hasta 18	4	4.0	6
más de 18 y hasta 24	5	4.5	6

### 2.3. NECESIDAD DE TRATAR LAS AGUAS RESIDUALES.

Con el desarrollo del suministro del agua a las poblaciones se hizo necesario encontrara métodos de tratamiento antes de la disposición final de las aguas residuales.

Los objetivos para tratar el agua son:

- a) Conservar las fuentes de abastecimiento de agua para uso doméstico.
- b) Prevenir enfermedades.
- c) Mantenimiento de aguas limpias para diferentes propósitos.
- d) Mantener limpias las aguas para la supervivencia de la fauna y la flora acuática.

El grado en el cual sea necesario llevar a cabo un tratamiento lo determinan:

1. Las características y cantidad de sólidos acarreados por las aguas residuales.

2. Los objetivos que propongan el tratamiento.

3. La capacidad del terreno, o del agua receptora, para verificar la autopurificación o dilución necesaria de los sólidos de las aguas negras.

El avance de autopurificación puede medirse mediante pruebas de laboratorio (pruebas físicas, químicas y biológicas), las cuales miden y controlan el avance o desarrollo de los procesos en una planta de tratamiento de aguas residuales.

**CAPITULO 3**  
**ALTERNATIVAS PARA EL TRATAMIENTO**  
**DE AGUAS RESIDUALES**

### CAPITULO 3 ALTERNATIVAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El grado de tratamiento que se dan a un agua residual depende de las condiciones exigidas para el vertido del efluente.

Los principales procesos y operaciones unitarias así como las funciones que se realizan al aplicar al tratamiento del agua residual se citan en la tabla 3.1.

Estas indican las operaciones físicas que se utilizan para la separación de sólidos de tamaños grandes, sólidos suspendidos y flotantes de grasas, así como para el bombeo del fango. Los procesos químicos dan como resultado la eliminación de sólidos suspendidos y coloidales por precipitación, la desinfección del agua residual y el control de olores.

#### 3.1. REJAS Y TAMICES Y TRITURADORES.

El primer paso en el tratamiento de las aguas residuales es la eliminación de sólidos gruesos y para ello se utilizan las rejas, los tamices y los trituradores.

##### 3.1.1. Reja de Limpieza Mecánica.

Estas rejas son de diferentes modelos, teniendo cada una sus ventajas e inconvenientes. Entre estas se encuentra las rejas de limpieza mecánica, las rejas de limpieza frontal, las rejas de limpieza por la cara anterior y las de limpieza por la cara posterior. Aunque también existe otra clasificación de acuerdo a la separación libre entre las barras siendo esta:

- Finas (abertura inferior a 1.5 cm)
- Medias (oscilan entre 1.5 y 5.0 cm)
- Gruesas (oscilan entre 5 y 15 cm)

Operaciones o proceso	Función
Rejas y Tamices	Eliminación por interceptación de sólidos de gran tamaño.
Dilaceradores y Trituradores	Trituración de sólidos de 6 a 10 mm del agua residual.
Desarenadores	Eliminación de arenas.
Separadores y colectores de grasas	Eliminación de sólidos flotantes más ligeros, tales como grasas, jabón, corcho, madera, etc.
Preaireación	Mejora de la distribución hidráulica, aportación de oxígeno disuelto
Floculación	Mejora de la sedimentación de los sólidos suspendidos.
Sedimentación	Eliminación de los sólidos sedimentables y material flotante.
Flotación	Eliminación de grasas y sólidos suspendidos fragmentados.
Precipitación química	Eliminación de fósforo y de sólidos coloidales y sedimentables. Primera fase del tratamiento químico completo del agua residual.
Bombeo del fango	Eliminación del fango del fondo de los tanques de sedimentación. Bombeo del fango entre diversos procesos y operaciones.
Cloración	Control de olor, oxidación, desinfección, etc.

Tabla 3.1. Procesos y operaciones unitarias para el tratamiento de aguas residuales.

**Instalación de rejas.** Deben instalarse dos o más unidades de modo que estas puedan estar fuera de servicio por razones de mantenimiento. El canal de las rejas se diseñará para evitar la sedimentación y acumulación de arenas y otras materias pesadas. Por lo general van provistas de controles manual-desconexión-automático. En posición manual, los rastrillos funcionan de modo continuo. En posición automático, se pueden hacer funcionar cuando la pérdida de carga aumenta por encima de cierto valor o mediante un temporizador. El funcionamiento mediante un temporizador durante un periodo de tiempo ajustable

### 3.1.2. Tamices.

Los tamices son dispositivos de limpieza mecánica equipados con una placa perforada de bronce con aperturas ranuradas, aunque muy pocas plantas de tratamiento las utilizan.

Los tamices pueden clasificarse en:

- Tamiz plano estático
- Tamiz curvo estático
- Tamiz giratorio con sistema de limpieza
- Tamiz con superficies móviles.

Actualmente los tamices son de tipo disco o tambor y van provistos de una tela de malla fina de acero inoxidable. Los tamices de tipo disco tienen una superficie de tamizado circular vertical que gira sobre un eje horizontal situado ligeramente por encima de la superficie del agua. Los tamices de tipo tambor giran sobre un eje horizontal y funcionan de manera que se encuentran casi sumergidas en el líquido (Figura 3.1.). Tanto en un tipo como en otro, los sólidos son elevados por encima del nivel del líquido mediante la rotación del tamiz y arrastrados mediante chorros de agua a gran presión a bandejas receptoras.

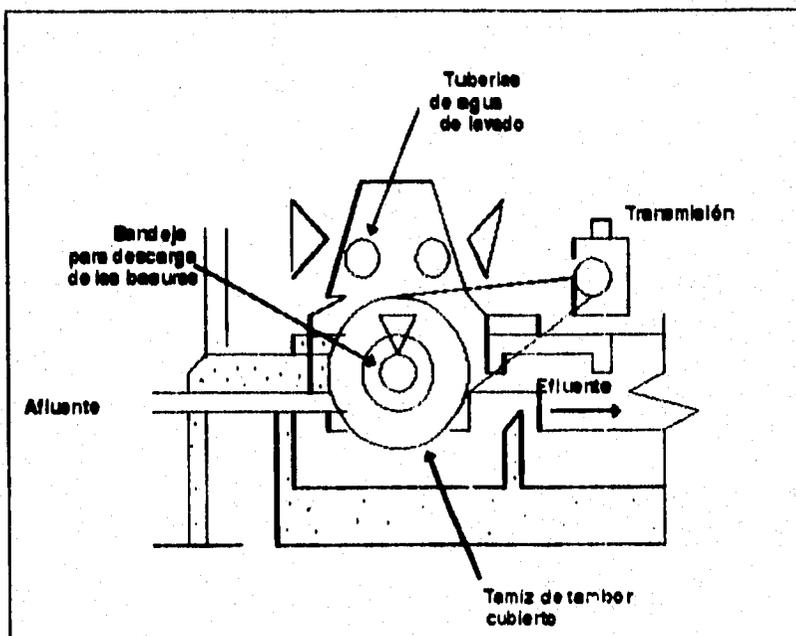


Figura 3.1. Tamiz tipo tambor (de Link Belt).

En las plantas depuradoras de aguas residuales se han utilizado tamices de malla metálica, o del tipo de limpieza manual, colocados entre compuertas de tabloncillos de madera, para la protección de las boquillas de los filtros percoladores contra las obstrucciones así como para la separación de los efluentes de artículos de goma u otros objetos de origen cloacal.

### 3.1.3. Cantidad de Basura.

La cantidad de basura varía según el tipo de reja o tamiz, así como el sistema de alcantarillado y la situación geográfica.

### 3.1.4. Eliminación de Basuras.

Los medios para eliminar basura son:

1) Descarga a trituradores o bombas desintegradoras donde son trituradas y retornadas al agua residual.

2) Eliminación por transporte a zonas de relleno.

En pequeñas instalaciones, las basuras pueden eliminarse enterrandolas en el propio terreno de la planta, o bien eliminarlas junto con la basura procedente del municipio. En las instalaciones grandes, la incineración puede constituir una solución adecuada.

### 3.1.5. Trituradores.

Son dispositivos que trituran el material retenido en la reja, sin eliminarlo del agua residual (Figura 3.2.). Existen diferentes tipos de trituradores. Los dispositivos trituradores pueden ir precedidos de desarenadores, cuyo objeto es alargar la vida del equipo y reducir el desgaste de las superficies cortantes y de aquellas zonas de los mecanismos donde haya un pequeño espacio libre entre las partes fijas y móviles. Es preciso proveer de by pass a los trituradores para cuando se presenten caudales que excedan la capacidad de la instalación, y también en caso de fallo mecánico o corte eléctrico.

### 3.2. DESARENADORES.

Su función es separar los elementos pesados en suspensión (arenas arcilla y limos) que tenga velocidad de sedimentación superiores a los de los sólidos orgánicos.

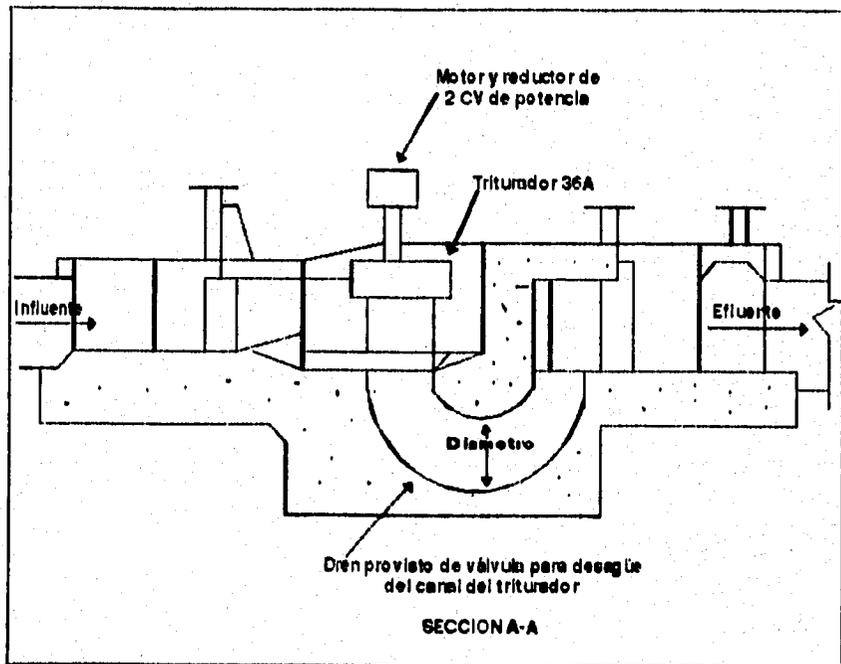


Figura 3.2. Planta y sección transversal de una instalación de trituración (de Chicago Pump, Co.).

putrescibles de agua residual. Existen dos tipos generales de desarenadores

- Los de flujo horizontal
- Los de flujo vertical y
- Los aireados.

En los primeros el flujo atraviesa el desarenador en dirección horizontal, controlándose la velocidad rectilínea del flujo mediante las dimensiones de la instalación o el uso de secciones de control provistas de vertederos especiales situados en el extremo de aguas abajo del tanque.

En los de flujo vertical el funcionamiento se realiza cualquiera que sea el caudal tratado a sección llena. Siendo la velocidad ascensional del agua inferior a la caída de los granos de arena, se obtendrá el depósito de la misma con toda seguridad. Si además aquella velocidad es superior a la de la caída de las partículas de materia orgánica se evitará, también el depósito de esta materia.

Los desarenadores tipo aireado consiste en un tanque de aireación con flujo en espiral, en el que la velocidad es controlada por las dimensiones del tanque y la cantidad del aire suministrado al mismo (Figura 3.3.).

La cantidad de arena variará dependiendo del tipo de alcantarillado que se tenga, y por lo general la arena deberá lavarse antes de su eliminación.

### 3.3. PRETRATAMIENTO

El pretratamiento se utiliza para eliminar la grasa y espuma del agua residual, antes de la sedimentación primaria, al objeto de mejorar su tratabilidad; el cual está formado principalmente por: los separadores de grasa, la preaireación y la floculación.

El termino grasas y aceites se refiere a una amplia gama de compuestos cuya característica principal es la de ser insoluble en el agua y en general de densidad menor. Generalmente están constituidos por lípidos grasas, hidrocarburos aromáticos y aceites orgánicos.

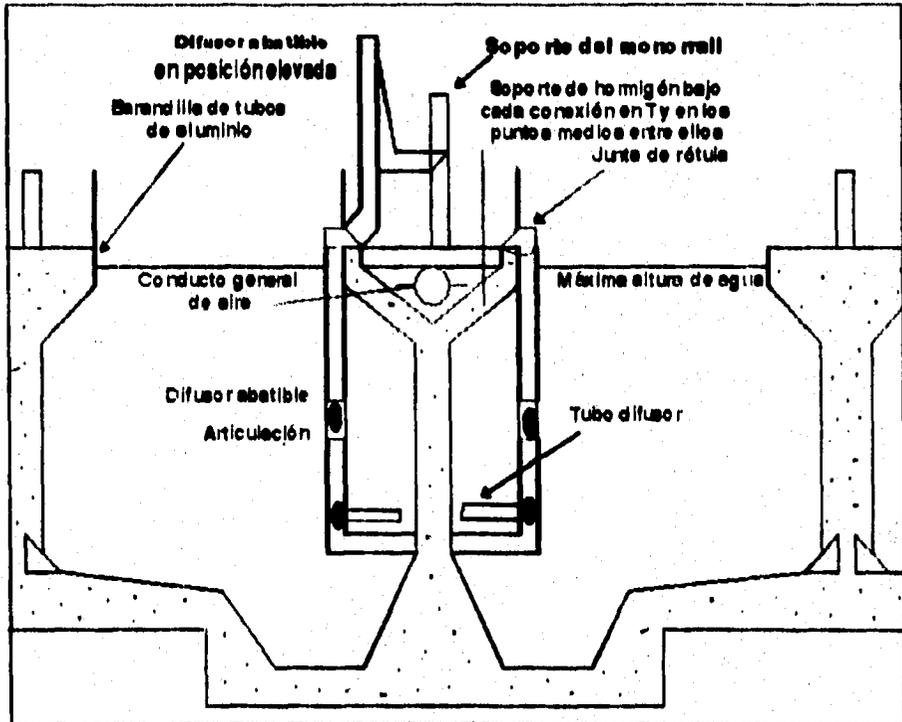


Figura 3.3. Sección transversal típica de un desarenador aireado.

### 3.3.1. Colectores de Grasa.

Las grasas tienden a flotar y son removidas por medio de desnatadores o separadores, aunque también se ha usado en gran escala la flotación con aire, con el propósito de acelerar el proceso.

Estos pequeños tanques separadores de grasas se recomienda situarlos próximos a la fuente productora de grasas, esto para hacerlos más eficaces.

### 3.3.2. Preaireación.

Su finalidad principal es airear el agua antes de la sedimentación primaria, ya que esto facilita la tratabilidad del agua, procura la separación de grasas, el control de olores, la eliminación de arenas y floculación, conseguir una distribución uniforme de los sólidos suspendidos y flotantes para su entrada en las unidades de tratamiento; y aumentar la eliminación de la DBO y de las grasas.

### 3.3.3. Floculación

Su finalidad principal es formar agregados o flóculos de materia finamente dividida. La floculación del agua residual mediante aire o agitación mecánica es importante cuando se pretende aumentar la eliminación de sólidos suspendidos y la DBO en los tanques de sedimentación primaria.

## 3.4. TANQUES DE SEDIMENTACION PRIMARIA.

Los tanque de sedimentación primaria pueden proporcionar el grado principal de tratamiento de agua residual o bien pueden utilizarse como un paso preliminar para el tratamiento posterior. Tales tanques se han empleado para procurar periodos de tiempo suficiente para la cloración efectiva de los caudales. Existen tanques de sedimentación tanto rectangulares (Figura 3.4.), como circulares, siendo los primeros los que ocupan menos espacio.

El volumen de fango producido en los tanques de sedimentación primaria, debe estimarse o conocerse y dependerá de:

- 1) Las características del agua residual sin tratar.
- 2) El periodo de sedimentación y el grado de tratamiento que se vaya a realizar en los tanques.
- 3) El estado de los sólidos sedimentados, incluyendo el peso específico, el contenido de agua y los cambios de volumen producidos.
- 4) El periodo de tiempo transcurrido entre las operaciones de extracción de los fangos.

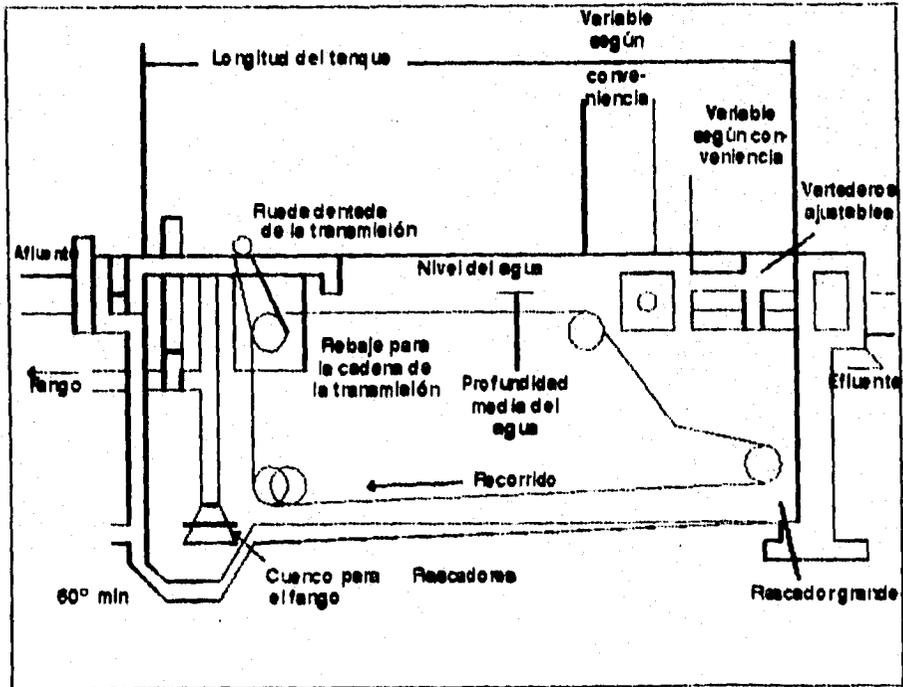


Figura 3.4. Tanque de sedimentación primaria, rectangular (de Link-Belt).

### 3.5. OTRAS UNIDADES Y OPERACIONES PARA LA SEPARACION DE SOLIDOS.

Los sólidos suspendidos en generalmente son materias insolubles de naturaleza tanto orgánica como inorgánica, que tienen la característica de poder ser separados por medios físicos simples y ~~químicos~~ <sup>químicos</sup>.

Entre los métodos que se emplean en la remoción de sólidos se encuentra la flotación, los tanques imhoff y la fosa séptica.

#### 3.5.1. Flotación.

La flotación es una operación unitaria que puede utilizarse en lugar de la sedimentación primaria.

La flotación se usa principalmente en el tratamiento de aguas residuales que contienen grandes cantidades de residuos industriales con altas cargas de grasa y sólidos suspendidos finamente divididos. Los sólidos con un peso específico ligeramente mayor que 1.0, que necesitarían excesivos tiempos de sedimentación, podrán separarse por flotación en mucho menos tiempo.

#### 3.5.2. Tanques Imhoff.

Consiste en un depósito de dos pisos en el que se consigue la sedimentación en el compartamiento superior y la digestión en la inferior. Los sólidos que se sedimentan atraviesan unas ranuras existentes en el fondo del compartamiento superior, pasando al compartamiento inferior para su digestión a la temperatura ambiente (Figura 3.5.). Su aplicación es limitada a planta relativamente pequeñas.

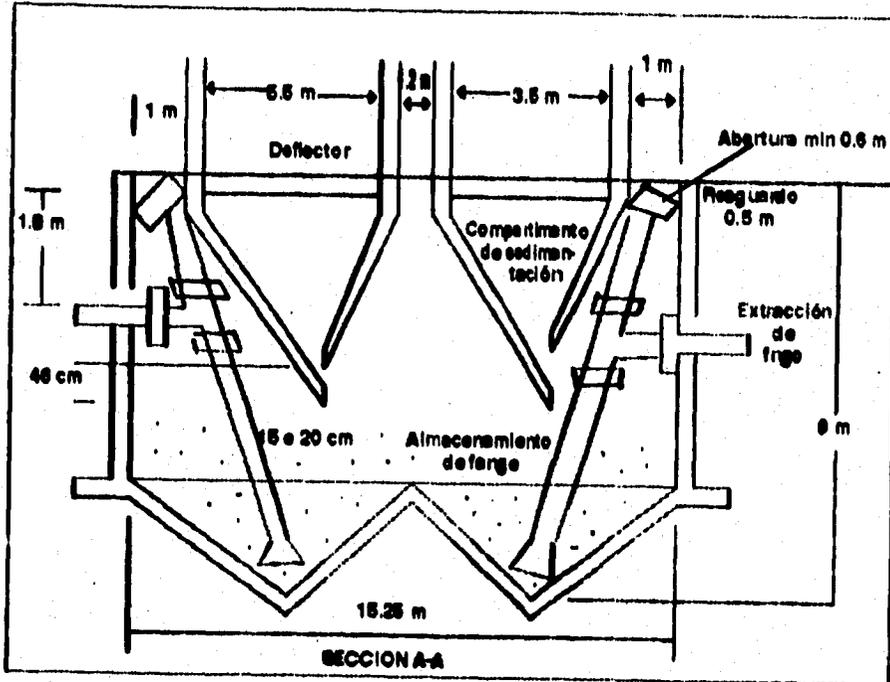


Figura 3.5. Tanque Inhoff.

### 3.5.3. Fosas Sépticas.

Se utilizan principalmente para el tratamiento de aguas residuales con tiempos de residencia individuales. Aunque a menudo se usen fosas de una sola cámara, el tipo adecuado consiste en dos o más cámaras en serie. En una fosa séptica de doble cámara, el primer compartimiento se utiliza para la sedimentación, digestión del fango y almacenamiento de éste. El segundo compartimiento proporciona una sedimentación y la capacidad de almacenamiento de fango adicional y por tanto sirve para proteger contra la descarga de fango u otro material que pueda escapar de la primera cámara (Figura 3.6.).

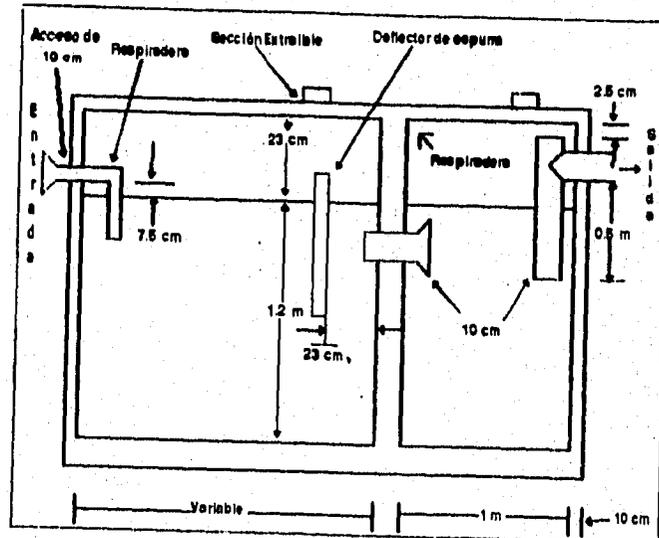


Figura 3.6. Fosa séptica típica.

### 3.6. TRATAMIENTO QUÍMICO.

El tratamiento químico fué muy utilizado en los Estados Unidos en la última década de 1890 y comienzos de 1900; pero con el desarrollo del tratamiento biológico se abandonó el empleo de productos químicos (la cal, cloruro cálcico, cloruro de magnesio, etc.). En los primeros años de la década de 1930, se registraron algunos intentos para desarrollar nuevos métodos del tratamiento químico y se instalaron unas cuantas plantas. En la actualidad existe un renovado y creciente interés en el uso de tratamientos químicos habiéndose ideado nuevos métodos.

### 3.6.1. Procesos de tratamiento químico.

En el periodo de 1930 a 1936 se desarrollaron diferentes procesos de tratamiento químico, para procurar tratamientos tanto intermedios como completos, eliminando de esta forma la necesidad del tratamiento biológico. Se efectuaron muchos ensayos en la planta piloto a escala real. En algunos casos se tuvieron que añadirse productos químicos solo durante periodos críticos estivales. En muchas plantas se abandonó el uso de productos químicos poco después de su construcción y en otras jamás se utilizaron.

Los procesos desarrollados durante dicho periodo comprenden los llamados Cabrera, Daimond Alkali, Guggenheim, Laughlin, Lewis, Miller-Koller, Putnam, Scott-Darcey, Stevenson, Travers-Marl y Wright<sup>1</sup>. De ellos los procesos Guggenheim y Laughlin, se describen a continuación:

**Proceso Guggenheim.** En Este proceso el agua residual era sometida a dos operaciones:

1) Eliminación de materia suspendida y materia disuelta no básica mediante coagulación y precipitación con un álcali y una sal de hierro, tal como cal y sulfato férrico, y,

2) Eliminación de compuestos básicos solubles, haciendo pasar el agua residual clarificada a través de un lecho de intercambio de bases constituidos por zeolitas era generada mediante una solución de salmuera, de la que seguidamente se recuperaba el amoniaco.

También se desarrolló y ensayó una modificación del proceso de Guggenheim que comprendía tratamientos químico y biológico.

<sup>1</sup>. Metcalf L. and H. P. American Sewerage Practice, vol. III, 3d de., Mc Graw Hill, New York, 1935.

**Proceso Laughlin.** En 1932 se instaló en Dearborn, Michigan, una planta de tratamiento de agua residual que utilizaba un proceso de precipitación química desarrollado por Laughlin. Las sustancias que se añadían al agua residual desprovista de sólidos gruesos variaban de vez en cuando pero, en general, consistían en pulpa de papel usado, cal y cloruro férrico. Al agua residual, tras recibir su dosificación de productos químicos se sometía a un breve período de mezclado energético seguido de floculación y sedimentación durante un período de 1 a 3 horas. El efluente de los dos tanques de precipitación sufría una filtración rápida a través de una capa delgada de arena magnética móvil. El efluente final era clorado y el fango deshidratado mediante filtración al vacío. A continuación, se disponía de un incinerador para eliminar el fango deshidratado.

### 3.6.2. Aplicaciones Recientes del Tratamiento Químico.

La necesidad de proporcionar una eliminación más completa de los compuestos orgánicos y nutrientes (nitrógeno y fósforo) que contiene el agua residual ha vuelto a despertar interés hacia la precipitación química. Se han desarrollado procesos para el tratamiento completo del agua residual cruda que incluye la eliminación de nitrógeno y fósforo, o ambos. También se han desarrollado otros procesos para eliminar el nitrógeno y el fósforo de los efluentes secundarios.

**Tratamiento Completo.** La figura 3.7. presenta un diagrama para el tratamiento completo de agua residual cruda, con la inclusión o eliminación de fósforo y nitrógeno. En este se indica, después de la precipitación con cal en la primera fase, el agua residual se hace pasar a través de una torre de arrastre para eliminar el amoníaco. A continuación se reduce el pH del agua residual por carbonatación y el carbonato cálcico se, separa por una precipitación en segunda fase, seguidamente el agua pasa por un filtro multicapa para eliminar los flóculos residuales y, por último, a través de columnas de carbón activado para eliminar la materia orgánica disuelta, antes de su evacuación al medio receptor o de su reutilización. La cal requerida será función de la alcalinidad del agua residual.

Cuando la eliminación del nitrógeno no sea necesaria, se puede utilizar un proceso de tratamiento químico completo el cual consiste en el uso de sulfato de alúmina como agente de precipitación. Tras la floculación y sedimentación, el efluente se hace pasar a través de filtros multicapas para eliminar los flóculos residuales. La fase final del proceso consiste en el paso del agua filtrada por columnas de carbón activado para eliminar la materia orgánica y restante. El efluente puede entonces reutilizarse o descargarse al medio receptor.

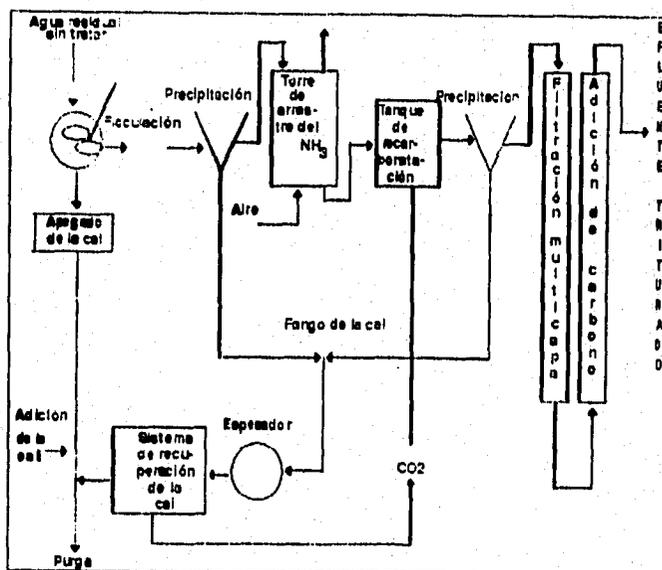


Figura 3.7. Diagrama de flujo de tratamiento físico-químico completo de agua residual cruda, incluyendo la eliminación de nitrógeno y fósforo.

**Eliminación del Fósforo.** Los productos químicos utilizados en la eliminación del fósforo son: cal, sulfato de alúmina, sulfato y cloruro férrico. También se ha usado con éxito ciertos polímeros junto con la cal y el sulfato de alúmina. Normalmente, estos productos químicos se añaden al agua residual sin tratar y los precipitados que contienen el fósforo son separados en los tanques de sedimentación primaria.

El efluente de estos tanques se somete seguidamente a un tratamiento biológico convencional. En algunos casos se han añadido productos químicos al tanque de aireación o en la tubería que conduce a los tanques de sedimentación del fango activado.

Dada la complejidad de reacciones que intervienen y de los efectos de la alcalinidad, pH, oligoelementos, y grupos ligados, hallados en el agua residual sobre la precipitación del fósforo, hay que establecer las ecuaciones estequiométricas sobre la base de ensayos a escala reducida, a veces mediante ensayos a escala real, especialmente en el caso de polímeros.

**Cantidad de fango.** El manejo y eliminación del fango resultante de la precipitación química es una de las mayores dificultades con que tropieza este método de tratamiento. El fango se produce en gran volumen en la mayoría de las operaciones de precipitación química, alcanzando regularmente un 0.5 % del volumen del agua residual tratada.

**Eliminación del fango.** Los métodos de eliminación usados para fangos químicos son:

- 1) Extendido sobre el terreno.
- 2) ~~Lanzaje~~ <sup>8200</sup> Lanzaje.
- 3) Vertederos controlados y
- 4) Vertido al mar.

Una de las ventajas de usar cal o sulfato de alúmina es la posibilidad de recuperar óxido de cal y aluminato por combustión. El desarrollo de métodos eficaces de recuperación de productos puros permitirá el reciclado del agente de precipitación. La reducción del coste de los productos químicos y la minimización del problema de eliminación.

### 3.7. BOMBEO DE FANGO Y ESPUMAS.

El fango producido en las plantas de tratamiento de agua residual debe transportarse de un punto a otro de la planta en condiciones que van desde un fango o espuma muy líquidos hasta un fango espeso. Los tipos de bombas utilizados para el transporte del fango son:

a) Bombas de émbolo, adecuadas para las alturas de aspiración hasta 3 m. y son autocebantes, pueden obtenerse bajos caudales de bombeo con grandes aberturas de la lumbrera, tienen capacidad constante y ajustable, pueden bombearse grandes concentraciones de sólidos.

b) Bombas de cavidad helicoidal. La bomba Moyno de cavidad helicoidal se utiliza especialmente con fango concentrado, es autocebante a alturas de aspiración de 8.5 m y permite el paso de sólidos hasta de 2.8 cm. de diámetro.

c) Centrifugas. Se utiliza especialmente para bombear fangos primarios en plantas grandes, su capacidad varía con la altura. Las bombas centrifugas de tipo impulsor sin paletas se han utilizado para satisfacer necesidades hidráulicas.

d) De Vórtice o Torbellino. Es eficaz para transportar fangos. La pérdida de carga que se produce en el bombeo de fangos depende principalmente de la velocidad de flujo y de la naturaleza del material que se bombea.

#### 3.7.1. Aplicación de Bombas a los Diversos Tipos de Fango.

Los tipos de fango que se bombean son: primarios, químicos, de filtros percoladores y activados, elutriados, espesados y concentrados.

**Fango Primario.** Normalmente conviene obtener un fango tan concentrado como se pueda, este suele conseguirse recogiendo el fango en cuencas y bombeando intermitentemente, dejando que el fango se recoja y consolide entre los periodos de bombeo. Este no puede usarse en bombas inatascables convencionales.

**Fango de precipitación química.** El fango procedente de precipitaciones químicas suele manipularse al igual que el fango primario.

**Fangos activados y de filtros percoladores.** Es por lo general homogéneo, facilitándose así su bombeo. El fango de retorno es diluido y contiene solo sólidos finos.

**Fango elutriado, espesado y concentrado.** Generalmente se utilizan bombas de émbolo para vencer la pérdida de carga debidas a la fricción de las tuberías, también se han utilizado las bombas de cavidad progresiva para fangos densos.

**Bombeo de espuma.** Las bombas de tornillo sin fin y de émbolo, así como los eyectores neumáticos, se emplean frecuentemente en el bombeo de espuma. También puede utilizarse bombas centrifugas sin paletas o de torbellino.

### 3.8. CLORACION

Los principales usos del cloro, el tratamiento y la evacuación del agua residual se indican en la tabla 3.2. siendo la aplicación más importante, la desinfección del agua residual.

Los compuestos de cloro más frecuentemente utilizados en las plantas de tratamiento de aguas residuales son:

**Hipoclorito de calcio.** Es fácilmente soluble al agua en granulos y en las debidas condiciones de almacenaje es estable. Para este tipo de sustancias se utilizan alimentadores de hipoclorito controlados por orificios alimentando por gravedad.

Aplicación	Intervalo de tiempo, días	Observaciones
<b>Recogida:</b>		
Control del crecimiento de películas biológicas	1-10	Control de hongos y bacterias productoras de películas biológicas.
Control de la corrosión	2-9'	Control efectuado por la destrucción del H <sub>2</sub> S en las alcantarillas.
Control de olores	2-9'	Especialmente en estaciones de bombeo y alcantarillas largas y con poca pendiente.
<b>Tratamiento:</b>		
Eliminación de grasas	2-10	Añadido antes de la preaireación.
Reducción de la DBO	0.5-2''	Oxidación de sustancias orgánicas.
Oxidación de sulfato ferroso	***	Producción de sulfato férrico y cloruro férrico
Control obstrucción de los filtros	1-10	Residual en las boquillas de los filtros.
Control de moscas en los filtros	0.1-0.5	Residual en las boquillas de los filtros, utilizado durante la época de proliferación de las moscas
Control aumento del volumen del flanco (bulking)	1-10	Medida de control temporal
Oxidación del sobrenadante del digestor	20-140	

Aplicación	Intervalo de dosis, mg/l.	Observaciones
Control de espumas en los tanques imhoff y digestores	2-15	
Evacuación:		
Reducción bacteriana	2-20	Caudales aliviados, aguas pluviales
Desinfección		Depende de la naturaleza del agua residual.

Tabla 3.2. Aplicaciones de la cloración en la recogida, tratamiento y evacuación de agua residuales.

**Hipoclorito sódico.** Actualmente se utiliza hipoclorito sódico por cuestiones de seguridad. Se utilizan los mismos alimentadores que el mencionado anteriormente.

\* Por mg/litro de H<sub>2</sub>S

\*\* por mg/litro de DBO<sub>5</sub> destruido

\*\*\*  $6\text{FeSO}_4 + 7\text{H}_2\text{O} + 3\text{Cl}_2 = 2\text{FeCl}_3 + 2\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 42\text{H}_2\text{O}$ .

**Cloro.** Es sumamente venenoso y corrosivo, ya que es un gas más pesado que el aire. El cloro puede aplicarse directamente como gas o en solución acuosa. Los cloradores más generalizados son los que emplean dispositivos de alimentación al vacío.

**Tanques de cloración.** Los factores más importantes que se consideran en el diseño de los tanques de cloración son:

- 1) Método de adición de cloro.
- 2) Logro de un buen mezclado.
- 3) Evitar la formación de cortos circuitos.
- 4) Mantenimiento de velocidad de transporte de los sólidos.
- 5) Proveer los medios para bypassar el tanque o partes del mismo.

### 3.9. CONTROL DEL OLOR.

El control del olor principalmente se consigue por aireación, oxidación química, adsorción o enmascarando los olores con aerosoles y aditivos químicos. El control del olor de las aguas residuales sin tratar suele conseguirse mediante preaireación y dosis de precloración para el control de olor que oscila entre 10 y 20 mg/l.

Dos métodos para controlar el olor del fango en curso de secado son el uso de pulverizadores aerosoles con boquillas fijas situadas alrededor de las eras de secado así como la adición de cal al fango.

### 3.10. TRATAMIENTO BIOLÓGICO.

El tratamiento biológico de las aguas residuales es una combinación de operaciones interrelacionadas que pueden diferir en distribución espacial, proceder a diferentes velocidades en el tiempo y llevarse a cabo por masas biológicas que sean disímbolas en estructura:

1. Cronológicamente y en importancia, es la transferencia de impurezas desde aguas residuales de la película, flóculo u otras formas de la biomasa por contacto interfacial, así como con las adsorciones y absorciones asociadas. Esta operación es rápida y efectiva si la interfaz existente entre el líquido y la biomasa es grande.

2. Cronológicamente, e igualmente importante es la preservación de esta calidad del contacto. Esta se logra primordialmente por la oxidación de la materia orgánica y la síntesis de las células nuevas. Como lo describe Bruswell (1.), la calidad del contacto se preserva debido a la tendencia de la materia disuelta a cambiar de tendencia de la materia disuelta a cambiar de concentración de modo que disminuye la tensión superficial en la película o flóculo biótico. Se adsorben las sustancias que se concentran en las superficies; las sustancias adsorbidas son descompuestas por las enzimas de las células vivientes que se acumulan; se sintetizan células nuevas y se deslavan los productos finales de la descomposición hacia las aguas, o bien, escapan a la atmósfera.

En un asunto vital la conversión de la biomasa en sólidos sedimentables o removibles en otra forma. Esta tercera operación procede en sincronía con la preservación de la calidad del contacto y determina la efectividad global del proceso.

El tratamiento biológico comparte su efecto con la autopurificación biológica de las aguas receptoras, en las que los sólidos suspendidos se depositan en el fondo de las corrientes para descomponerse lentamente en el medio bental, mientras que las sustancias disueltas son oxidadas rápidamente en el agua sobrenadante.

Si se diseña la descomposición para alcanzar una estabilización completa de los flóculos desechados o de las películas deslavadas dentro de la unidad misma de tratamiento principal, se agrega una cuarta operación a las demandas globales de tratamiento.

En la irrigación de lechos, en la irrigación superficial y en la filtración intermitente por arena, las sustancias transferidas se deben mineralizar o estabilizar casi completamente dentro del suelo o la arena. Esto no se puede llevar a cabo sin un período de descanso. De otra manera, los poros se obstruirían, el consumo de oxígeno sobrepasaría a la absorción de oxígeno (reaireación) y el lecho se volvería séptico.

En los filtros goteadores, en los aireadores por contacto y en las unidades de lodos activados, las películas o los flóculos se remueven como humus sedimentables de los filtros percoladores, crecimientos arrastrados de los aireadores por contacto y flóculos activado de desecho.

La cantidad de sustancia de película retenida en los filtros de rocío y en los aireadores por contacto, así como la longitud del tiempo durante la cual las sustancias transferidas sufren decomposición es una función de:

1) La temperatura, y gracias a ella, de la DBO, o velocidad de actividad.

2) Las dimensiones de área superpuestas y su exposición a las películas o masas líquidas y móviles y,

3) Un arrastre como el que se puede engendrar por los fluidos móviles, las cantidades son también una función de la velocidad de difusión del oxígeno hacia el interior de la película que se va acumulando. Esta es rápida en la superficie de la película o del flóculo, pero decae rápidamente el interior de la biomasa.

La decomposición anaerobia generalmente se lleva a cabo a una velocidad más lenta que la aerobica, desprende gases, produce compuestos intermedios de olor desagradable y destruye la naturaleza gelatinosa y adhesiva del sustrato. Esto en combinación con la formación de burbujas de gas, hace que la película se desprenda.

### 3.10.1. Minerales Esenciales.

Con excepción de los nitratos y fósforos, la mayor parte de los minerales que intervienen en la construcción de las biomasa activas se encuentran generalmente en disponibilidad, proceden de los abastecimientos públicos que proporcionan el agua para el transporte de las sustancias de desecho. Los residuos domésticos y algunos desperdicios industriales proporcionan el nitrógeno y fósforo requeridos.

Antes de que se indujera el concepto de DBO a la administración de las obras de tratamiento de las aguas residuales, se consideraban generalmente satisfactorios los efluentes de las plantas cuando eran ricos en nitratos. Actualmente ya sea una fuente de remoción de DBO sin mucha nitrificación, o bien, una fuente nitrificación seguida de una desnitrificación.

### 3.10.2. Ecología de los Sistemas de Tratamiento.

Las poblaciones de los organismos responsables de la purificación de las aguas residuales son grandes y variadas. En la Figura 3.8. se muestran los géneros característicos. Los trabajadores biológicos principales y más numerosos son los organismos sapróbicos, incluyendo a las bacterias autotróficas.

Las masas gelatinosas constituidas por las bacterias comúnmente en formas ramificantes, esto como una forma de protección contra los predadores, para almacenar suministros alimenticios y para favorecer la transferencia de oxígeno.

El cultivo del medio ambiente que promueve el bienestar y con éste, la actividad o la siembra de organismos adventicios se encuentra en la base de un buen diseño y administración de la planta.

Aún cuando los varios sistemas biológicos aerobicos producen casi los mismos cambios bioquímicos en una agua residual, su ecología es, con frecuencia muy diferente.

Las variaciones diurnas en la ecología de los estanques de estabilización hacen difícil determinar su eficiencia y optimizar su operación. Las concentraciones de oxígeno disuelto y el pH aumentan durante las horas de luz y disminuyen por la noche. Las concentraciones de bióxido de carbono siguen un curso opuesto. Las pruebas de la DBO y sólido suspendidos son oscurecidas por la presencia de algas en las muestras de las lagunas y de los efluentes.



Figura 3.8. Organismos asociados con el tratamiento biológico de las aguas residuales. Los números 1 a 4 son Insectos (X5), Los números del 5 al 17 son Protozoarios (X150) y los números del 18 al 23 Son bacterias y Hongos (X1 500).

### 3.10.2.1. Nivelación de cargas.

La velocidad de purificación es una función tanto de la concentración de las sustancias removibles como de la removibilidad de las fracciones constituyentes.

La carga impuesta de nutrientes sobre las unidades de tratamiento biológico y, el trabajo efectuado por ellas, se puede equilibrar hasta cierto grado de las siguientes formas:

1. Mediante la subdivisión de la estructura de tratamiento en dos o más unidades, o etapas, y la alternación de la unidad determinante.

2. La subdivisión de las aguas residuales aplicadas en dos o más porciones de su introducción progresiva a lo largo de la línea de tratamiento.

3. La recirculación del efluente al influente y el tratamiento de la mezcla resultante.

4. El mezclado longitudinal, y posiblemente completo, de las aguas residuales sujetas a tratamiento para equilibrar a los nutrientes, la oportunidad de contacto, y la presión de purificación en una sola estructura de tratamiento.

5. La subdivisión de la estructura de tratamiento entre unidades múltiples, suficientemente pequeñas para simplificar y promover el mezclado longitudinal (completo).

6. Las combinaciones de recirculación del efluente con una subdivisión seriada en las unidades de tratamiento y con dosificación progresiva de las unidades de tratamiento.

### 3.11. NIVELES DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

El tratamiento requerido para un agua residual depende fundamentalmente de los límites de vertido para el efluente.

La sistemática utilizada está basada en los conceptos de procesos y operaciones unitarias. El objetivo final es el desarrollo de los principios de diseño, para cualquier tratamiento de aguas residuales, que permita conseguir una selección adecuada de los procesos y el diseño de los equipos requeridos para el vertido de las aguas residuales. Consecuentemente, el diseño para una planta de aguas residuales de desecho para un rastro de pollos.

### 3.11.1. Tratamiento Preeliminar

Este tipo de tratamiento sirve para proteger al equipo de bombeo y hacer más fáciles los procesos subsiguientes de tratamiento. Los dispositivos para el tratamiento preliminar tienen como función eliminar y separar sólidos mayores o flotantes, eliminar cantidades excesivas de aceites o grasas.

<b>Tratamiento Preliminar</b>
Rejas de barras o muy finas
Desmenuzadores (molinos cortadores o trituradores)
Desarenadores
Tanques de preaireación

Tabla 3.3. Tratamiento preliminar.

### 3.11.2. Tratamiento Primario.

En este tratamiento se separan o eliminan la mayoría de los sólidos suspendidos en las aguas residuales mediante procesos físicos de asentamiento en tanques de sedimentación. Disminuir la velocidad de las aguas residuales que pueden sedimentarse los sólidos.

En muchos casos el tratamiento primario es adecuado para poder descargar el efluente a las aguas receptoras sin que se interfiera con el uso adecuado subsecuente de dichas aguas.

Tratamiento Primario:
Cribado o desbrozo
Sedimentación
Flotación
Separación de aceites.
Homogenización
Neutralización

Tabla 3.4. Tratamiento primario.

### 3.11.3. Tratamiento Secundario.

Este tratamiento debe hacerse cuando las aguas residuales todavía contienen sólidos orgánicos en suspensión o solución que los que pueden ser asimilados por las aguas receptoras sin oponerse a su uso normal adecuado. Este tipo de tratamiento depende principalmente de los organismos aerobios para la descomposición de los sólidos orgánicos hasta su transformación en sólidos inorgánicos.

Tratamiento Secundario:
Lodos activados
Aireación prolongada (proceso de oxidación total)
Estabilización por contacto
Otras modificaciones del sistema convencional de lodos activos aireación por fases, mezcla completa, aireación descendente, alta carga, aireación por oxígeno puro.
Lagunaje con aireación
Estabilización por lagunaje
Filtros biológicos (percoladores)
Discos biológicos.
Tratamiento anaerobios procesos de contacto, filtros (sumergidos)

Tabla 3.5. Tratamiento secundario.

#### 3.11.4. Tratamiento Terciario.

En cuanto al tratamiento terciario su objetivo fundamental es la eliminación de contaminantes que no se eliminan con los tratamientos biológicos convencionales.

Tratamiento Terciario o Avanzado:
Microtamizado
Filtración (lecho de arenas, antracita, diatomeas,...)
Precipitación y coagulación
Adsorción (carbón activado)
Intercambio ionico
Osmosis inversa
Electrodialisis
Otros

Tabla 3.6. Tratamiento terciario.

### 3.11.5. Cloración.

Este método de tratamiento ya se describió en la sección 3.8. y puede emplearse para diversos propósitos, en todas las etapas de un tratamiento de aguas residuales y aún antes del tratamiento preliminar. Generalmente se aplica el cloro a las aguas residuales con los siguientes propósitos:

- 1) Desinfección o destrucción de organismos patógenos.
- 2) Prevención de la descomposición de las aguas residuales para:
  - a) controlar el olor.
  - b) protección de las estructuras de la planta.

3) Como auxiliar en la operación de la planta para:

- a) La sedimentación
- b) En los filtros goteadores
- c) El abultamiento de los lodos activados.

4) Ajuste o abatimiento de la demanda bioquímica de oxígeno.

### 3.12. VALORACION EN EL LABORATORIO

Una parte integrante de casi todas las investigaciones sobre tratamiento de aguas residuales es la realización de estudios experimentales en el laboratorio. Los objetivos de tales estudios son:

- Determinar si el agua residual en cuestión es susceptible de ser tratada con las operaciones y procesos propuestos y,
- Obtener datos que puedan posteriormente utilizarse para diseñarse y operar instalaciones piloto o a escala real.

A continuación se mencionan los métodos más importantes para nuestro objetivo:

### 3.13. PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO Y ANALISIS EN CAMPO

#### 3.13.1. Muestreo

### 3.13.1.1. Recomendaciones generales.

El muestreo que se practique en la planta de tratamiento de aguas residuales debe reunir en primera instancia condiciones de representatividad, de las operaciones de dicha planta, cuidando los siguientes aspectos.

a) Los recipientes de muestreo deben estar perfectamente limpios y preferentemente ser de boca ancha con tapa de cierre hermético.

b) Es conveniente enjuagar con la misma muestra los recipientes por lo menos tres veces consecutivas, para evitar posibles alteraciones por la participación de agentes contaminantes externos.

c) El muestreo en el tanque de aireación debe efectuarse con la ayuda de un dispositivo que permita extraer la muestra del propio licor mezclado, desde el interior del seno del líquido, a efectos de tener representatividad.

d) Las muestras obtenidas deben estar claramente identificadas indicando: Clave del punto de muestreo, fecha y hora.

e) Los análisis deben realizarse inmediatamente después de obtenida la muestra. De no ser esto posible, las muestras deberán conservarse en refrigeración.

### 3.13.2 Análisis en Campo

#### 3.13.2.1. sólidos sedimentables (Determinación para altas concentraciones).

La determinación de sólidos sedimentables para altas concentraciones es aplicable para: el licor mezclado en el tanque de aireación y la recirculación de lodos.

### 3.13.2.1.1. material y equipo.

- Probeta graduada de 500 ml de capacidad.

### 3.13.2.1.2. procedimiento.

- Extraer la muestra problema en condiciones de turbulencia.
- Transferirla tal cual a la probeta hasta la marca de 500 ml.
- Colocar la probeta en una superficie plana y permitir el asentamiento de los sólidos suspendidos por espacio de 30 minutos.
- Registrar la lectura observada del volumen de sólidos, en mililitros.

### 3.13.2.1.3. calculo y resultados

El contenido de sólidos sedimentables SS, en ml/l, se obtiene por la siguiente ecuación:

$$SS = 2 \cdot A$$

En donde:

- Es el volumen de sólidos sedimentables, en ml
- Es una constante para obtener ml/l.

### 3.13.2.2. sólidos sedimentables (Determinación para bajas concentraciones).

La determinación de sólidos sedimentables para bajas concentraciones es aplicable para: el influente, el efluente clarificado y el efluente tratado.

#### 3.13.2.2.1. equipo requerido.

- Cono Imhoff.
- Soporte para cono Imhoff.

#### 3.13.2.2.2. procedimiento.

- a) Extraer la muestra problema en condiciones de turbulencia.
- b) Transferirla tal cual al cono Imhoff en un soporte que permita colocarlo en posición vertical, sin ningún movimiento.
- c) Permitir el asentamiento de los sólidos por espacio de una hora.
- d) Registrar la lectura observada del volumen de sólidos en mililitros.

#### 3.13.2.2.3. cálculos y resultados

El contenido de sólidos sedimentables en ml/l, corresponde directamente a la lectura observada en el cono Imhoff.

#### 3.13.3. oxígeno disuelto

##### 3.13.3.1. principio

El método analítico seguido se denomina método de Winkler con la modificación de Alsterberg y se basa en la oxidación del ion manganeso a ion mangánico por el oxígeno disuelto de la muestra, en un medio fuertemente alcalino. Se acidifica la

muestra en presencia de un yoduro, liberándose yodo en una cantidad equivalente al oxígeno disuelto existente originalmente en la muestra. El yodo libre se titula con una solución valorada de tiosulfato de sodio.

### 3.13.3.2. material y equipo.

- 5 frascos DBO de 300 ml de capacidad.
- 3 pipetas graduadas de 10 ml de capacidad.
- 1 pipeta graduada de 5 ml de capacidad.
- 1 pizeta de 0.5 litros de capacidad.
- 1 soporte universal
- 1 pinzas para bureta.
- 1 bureta graduada de 25 ml de capacidad.
- 5 matraces Erlenmeyer de 250 ml.
- 1 caja de papel filtro Whatman No. 5 o similar.
- 1 embudo talla largo
- 1 matraz aforado de 1000 ml de capacidad.
- 1 probeta graduada de 100 ml de capacidad.

### 3.13.3.3. reactivos

Los reactivos que a continuación se indican deben ser grado analítico. Cuando se mencione el uso de agua, debe entenderse agua destilada o desmineralizada.

- Acido sulfurico ( $H_2SO_4$ ) concentrado (96 a 98 %).
- Solución de sulfato manganoso.

Se disuelven 480 g de sulfato manganoso tetrahidratado ( $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ ) en 400 ml de agua. Se filtran con el papel Whatman y aforan a 1 litro.

- Solución álcali-yoduro-azuro.

Se disuelven 500 g de hidróxido de sodio (NaOH) y 135 g de yoduro de sodio (NaI) en un litro de agua. A esta solución se le agregan 10 g de azida de sodio disueltos en 40 ml de agua.

- Solución patrón de tiosulfato de sodio 1.0 N.

Se disuelvan 248.2 g de tiosulfato de sodio pentahidratado ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) en agua recién hervida y enfriada. Se transfieren a un matraz aforado de 1 litro y se lleva a la marca con agua. Esta solución es inestable por lo que debe preservarse con 5 ml de cloroformo.

- Solución de tiosulfato de sodio 0.025 N.

Se toman 25 ml de la solución patrón de tiosulfato y se transfieren a un matraz aforado de 1 litro, diluyendo con agua hasta la marca.

- Solución indicadora de almidón

Se pesan 10 g de almidón, se incorporan a un litro de agua hirviendo, se continúa la ebullición durante 3 o 4 minutos. Se deja reposar durante un mínimo de 12 horas.

#### 3.13.3.4. procedimiento

a) La muestra problema debe vaciarse al frasco DBO con la mínima turbulencia, evitando la admisión excesiva de burbujas de aire que alteren la determinación.

Debe llenarse el frasco hasta la mitad del cuello, a fin de que al introducir el tapón esmerilado se haga un sello perfecto con el líquido.

b) Destapar el frasco de DBO, y agregar 2 ml de solución de sulfato manganoso y 2 ml de la de álcali-yoduro-azuro, introduciendo la punta de las pipetas al seno del líquido, para evitar la admisión de aire.

c) Tapar el frasco DBO, tirar el líquido sobrenadante y agitar ligeramente. Dejar reposar el frasco para que sedimenten los sólidos formados, hasta que ocupen aproximadamente dos tercios de la altura del frasco.

d) Destapar nuevamente el frasco y agregar 2 ml de ácido sulfúrico concentrado, introduciendo también la punta de la pipeta. Agitar hasta clarificar la muestra y dejar reposar por espacio de 5 minutos.

e) Medir 100 ml de solución con la probeta, agregándolos a un matraz Erlenmeyer. Titular con la solución de tiosulfato de sodio 0.025 N, hasta la obtención de un color amarillo paja. Agregar 2 ml de solución de almidón, apareciendo una coloración azul y continuar la titulación hasta que desaparezca dicha coloración.

Nota: La coloración amarilla en la solución denota la presencia de oxígeno disuelto.

#### 3.13.3.5. cálculos y resultados

El contenido de oxígeno disuelto OD, en mg/l, se obtiene con la siguiente ecuación:

$$OD=V*1.96$$

En donde:

V= Es el volumen gastado de tiosulfato de sodio 0.025 N.

1.96= Es un factor que involucra la concentración del tiosulfato, equivalente químico del oxígeno y el volumen de muestra.

### 3.13.4. cloro residual

#### 3.13.4.1. Principio

El método analítico se basa en la liberación del yodo libre causada por la presencia del cloro residual al estar en contacto con yoduro de potasio a un pH de 3 a 4. El yodo liberado es titulado con una solución valorada de tiosulfato de sodio.

#### 3.13.4.2. material y equipo

- 2 Matraces Erlenmeyer de 250 ml.
- 1 pipeta graduada de 5 ml de capacidad.
- 1 Soporte universal.
- 1 Pinzas para bureta.
- 1 Bureta graduada de 25 ml de capacidad.
- 1 Espátula de acero inoxidable

#### 3.13.4.3. reactivos

- Acido acético glacial.
- Yoduro de potasio.
- Solución de tiosulfato de sodio 0.025 N (ver procedimiento de oxígeno disuelto).
- Solución indicadora de almidón (ver procedimiento de oxígeno disuelto).

#### 3.13.4.4. procedimiento

a) Tome 100 ml de muestra problema y vacíela en un matraz Erlenmeyer de 250 ml. Agregue 5 ml de ácido acético glacial y aproximadamente 1 gramo de yoduro de potasio.

b) Titule la solución con tiosulfato de sodio hasta conseguir una coloración amarillo paja (La coloración amarilla denota la presencia de cloro residual). Agregue 1 ml de almidón y siga titulando hasta que desaparezca la coloración azul formada al agregar la solución de almidón.

#### 3.13.4.5. cálculos y resultados

El contenido de cloro residual Clr en mg/l, se obtiene con la siguiente ecuación:

$$\text{Clr} = ( A * 886.25 ) / V$$

En donde:

A= Es el volúmen gastado de tiosulfato de sodio 0.025 N, en ml.

V= Es el volúmen de muestra, en ml.

#### 3.13.5. Demanda Química de Oxígeno

##### 3.13.5.1. Principio

Las sustancias inorgánicas como los iones ferrosos ( $\text{Fe}^{2+}$ ), sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), sulfitos ( $\text{SO}_3^{2-}$ ) se oxidan bajo ciertas condiciones y crean un DQO inorgánica, la cual interfiere cuando se estima el contenido de materia extraña del agua residual.

El ion cloruro interfiere, pero se elimina al agregar el sulfato mercurico para precipitarlo.

Nota: mediante esta prueba no es posible conocer el tipo de compuestos orgánicos presentes, ni diferenciar entre material biodegradable y sustancias tóxicas, por lo cual solo constituye un análisis grosso modo para determinación total de material oxidable químicamente.

### 3.13.5.2. Material y equipo

- 1 parilla con control de temperatura y tiempo de calentamiento.
- 2 canastillas metálicas
- 24 vasos de reacción de 200 ml.
- 24 tubos refrigerantes
- 1 recipiente de PVC
- Equipo para la prueba de DQO
- 1 centrifuga

### 3.13.5.3. Reactivos

- Solución acuosa de dicromato de potasio 0.25 N
- Sulfato de plata (cristales)
- Solución de sulfato de plata en ácido sulfúrico.

Esta se prepara disolviendo 22 gr de sulfato de plata en 4 kg de ácido sulfúrico. La solución debe protegerse de la luz.

- Acido sulfurico concentrado
- Solución indicadora de ferroin
- Solución de sulfato ferroso amoniacal para valoración, en una concentración de 0.05 N
- Sulfato mercurico

### 3.13.5.4. Procedimiento

- a) Centrifugar las muestras por analizar durante 15 minutos a 5 °C
- b) Diluir la muestra con agua destilada en una relación de 1:50 para muestras concentradas y de 5:50 para aquellas muestras provenientes del sistema de tratamiento.
- c) Tomar una alícuota de 10 ml de la muestra anterior y colocarla en el matraz cilíndrico.

d) Se añaden al matraz de 0.2 g de sulfato mercurico, perlas de ebullición y 5 ml de dicromato de potasio 0.25 N. Después de colocarse el refrigerante, se añaden 15 ml de solución de sulfato de plata en ácido sulfurico en forma lenta y enfriando el recipiente constantemente. En la preparación del blanco (testigo) se utilizan 10 ml de agua destilada como muestra.

#### Reflujo

e) Colocar los matraces de reacción en la parrilla eléctrica, manteniendolos en reflujo, a 150 °C, durante dos horas, se enfrían por medio de un ventilador para así mantener el reflujo.

#### Valoración de las muestra:

f) Después del reflujo, una parte del dicromato ya ha reaccionado con la materia orgánica. El exceso o dicromato restante se valora de la siguiente manera:

g) Agregar al recipiente de reflujo 40 ml de agua destilada y 2 gotas de ferroín indicador, homogeneizar.

h) Titular una muestra con una solución de sulfato ferroso amoniacal 0.05 N. El punto final de la valoración es el cambio de color azul verdoso a café rojizo.

#### 3.13.5.5. Cálculos

La formula empleada es la siguiente:

$$\text{mg DQO/L} = (a-b) N 8000 / \text{ml muestra } f$$

Donde :

a= Volúmen de sulfato ferroso amoniacal gastado para valorar el blanco (testigo).

b= Volúmen de sulfato ferroso amoniacal gastado para valorar la muestra.

N= Normalidad del sulfato ferroso amoniacal

f= Fracción volumétrica decimal de la muestra inicial en la cual se toma la alicuota de 10 ml para la determinación.

### 3.13.6. determinación de alcalinidad

#### 3.13.6.1. principio

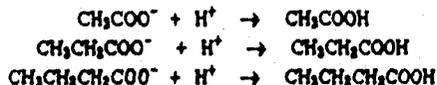
En un reactor anaerobico el  $\text{HCO}_3^-$  y el  $\text{CO}_2$  se constituyen como los principales reguladores del pH del sistema, o sea, ellos tienen a su cargo mantener el pH en el intervalo óptimo para la actividad de las bacterias metanogénicas

En realidad, es el bicarbonato el que da la capacidad "buffer", pero parte del  $\text{CO}_2$  (g) proveniente de la descomposición anaerobia de la materia orgánica se transforma en  $\text{HCO}_3^-$  soluble estableciéndose la siguiente secuencia de reacciones:



El  $\text{HCO}_3^-$  es la base conjugada del  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , que es un ácido débil. Cuando una solución acuosa contiene alcalinidad bicarbonatada hasta pH 4.30 valora más del 99 % del  $\text{HCO}_3^-$  contiene otras bases conjugadas (sales de ácido débiles), entonces la titulación abarcará no solamente la neutralización del  $\text{HCO}_3^-$  contiene otras bases conjugadas (sales de ácidos débiles), entonces la titulación abarcará no solamente la neutralización del  $\text{HCO}_3^-$  contiene otras bases conjugadas (sales de ácidos débiles), entonces la titulación abarcará no solamente la neutralización del  $\text{HCO}_3^-$ , sino también la de las sales de los ácidos débiles presentes, de tal modo que si el efluente de un reactor anaerobio tiene acetato, propionato y

butirato, quedarán involucrados dentro de la titulación de la alcalinidad, con un porcentaje aproximado de 65 %



El método de titulación propuesto por Jenkins et al (1991), lleva la valoración hasta un pH= 5.75. A este valor de pH, el 80 % del  $\text{HCO}_3^-$  ha sido titulado y solamente se cuantifica el 6 % de las sales de ácidos orgánicos débiles, lo cual introduciría un error relativamente pequeño.

Por lo tanto la diferencia entre el volumen gastado para la titulación de la muestra hasta pH=4.30 menos del volumen gastado hasta un pH=5.75, será el volumen consumido por los ácidos grasos volátiles (AGV) presentes.

a pH= 4.30 Alcalinidad total =  $\text{HCO}_3^-$  + AGV (sales)  
a pH= 5.75 Alcalinidad total =  $\text{HCO}_3^-$

Este método propone utilizar la relación de estos volúmenes AGV / alicuota total como parámetro de control. Un sistema tendrá una excelente capacidad "buffer" cuando esta relación sea próxima a 0.20. Teóricamente, para reactores anaerobios, el máximo valor que pueda alcanzar este parámetro es 0.40, que representa un 60 % en capacidad "buffer". Sin embargo, a nivel práctico, se ha encontrado que este valor es menor. El trabajo de control de RALIFA por este sistema, se encontró que por encima de 0.35 el sistema empezaba a modificarse.

### 3.13.6.2. material y equipo

- Potenciometro
- Bureta graduada de 50 ml
- Pipeta graduada de 25 ml
- Vaso de precipitados de 200 ml
- Soporte Universal
- Pinzas para bureta

**3.13.6.3. reactivos**

- Acido sulfurico 0.1 N
- Agua destilada.

**3.13.6.4. procedimiento**

- a) Tomar 25 ml de muestra efluente
- b) Medir el pH que presenta
- c) Con ácido sulfurico 0.1 N titular hasta un pH de 5.75 y medir el volúmen de ácido sulfurico gastado.
- d) Seguir titulando hasta tener un pH de 4.3. y medir el volúmen de acido sulfurico gastado.

**3.13.6.5. cálculos y resultados**

La formula empirica es la siguiente:

$$\text{Alcalinidad} = (\text{vol. de H}_2\text{SO}_4 * N * 5000) / \text{Vol. de muestra}$$

donde :

La alcalinidad esta dada en (mg CaCO<sub>3</sub>/ml)  
Vol. de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (a pH=5.75 o pH=4.3) en ml.  
N= normalidad del H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>  
Volúmen de la muestra en ml.

y la relación de la alcalinidad esta dada por:

$$\text{alcalinidad} = (\text{alc. 4.3.} - \text{alc. 5.75}) / \text{alc. 4.3.}$$

Si el valor de la alcalinidad es mayor a 0.40 es que esta la muestra acidificada.

**CAPITULO 4**  
**DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO**  
**DE AGUAS RESIDUALES**

## CAPITULO 4

### DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El objetivo principal del diseño de una planta modular de tratamiento de aguas residuales es satisfacer las necesidades y por consiguiente cubrir las funciones de una planta grande en un espacio reducido. Así como también el dar las bases técnicas para el arranque de la planta de tratamiento de aguas residuales, para tratar los efluentes generados durante el proceso específico de la matanza de pollos.

Siendo esta una adaptación de algunas operaciones unitarias presentes en la ingeniería y así ajustar los parámetros referentes a la normatividad aplicable al caso en particular (esto ya mencionado en el capítulo 2).

El diseño que se propone toma en cuenta la estructura con que cuenta un establecimiento de pollos, la cual está compuesta por una cisterna de dimensiones de 1.10x1.00x1.10 m., una bomba de 1/2 H.P. de potencia y una estructura metálica.

Debido a que no existen fórmulas ya preestablecidas se darán las bases técnicas para obtener una solución a nuestro objetivo mediante pruebas experimentales.

En este capítulo se van a definir cada una de las operaciones unitarias empleadas en el diseño, haciendo analogías con pruebas experimentales.

#### 4.1. BASES DE DISEÑO

##### 1. FUNCIONES DE LA PLANTA.

El objeto de la unidad de tratamiento de aguas es satisfacer las necesidades y cubrir las funciones de una planta grande en un espacio reducido.

### 1.1. Tipos de Proceso.

El proceso consiste en varias etapas, las cuales ya se describirán con detalle más adelante, siendo estas:

- Filtro Primario (Tipo Rejilla)
- Sedimentación Primaria
- Cloración
- Separación de Grasas
- Filtración
- Sedimentación Secundaria
- Filtro Goteador

## 2. CAPACIDAD, RENDIMIENTO Y FLEXIBILIDAD.

### 2.1. Factor de Servicio.

El factor de servicio con el cual opera la planta es de 90 % para el diseño de la planta (329 días de operación al año).

### 2.2. Capacidad

La planta deberá tener capacidad suficiente para manejar un flujo de agua residual de 142 l/hr.

### 2.3. Flexibilidad

La planta no opera a falta de electricidad. En caso de presentarse la unidad deberá tener la facilidad para realizar un paro ordenado de la planta.

## 3. ESPECIFICACIONES DE LAS ALIMENTACIONES EN LIMITES DE BATERIA.

La planta se diseñara para procesar una alimentación con las siguientes características:

PARAMETRO	VALOR
Volúmen máximo por día	1 000 lts.
Volúmen máximo por hora	142.85 lts.
Grasa y Aceites	226 mg/l
Color	Café Grisáceo
Sólidos Disueltos Totales	1 660 mg/dm <sup>3</sup>
Demanda Bioquímica de Oxígeno	558.11 mg/l
Demanda Química de Oxígeno	1246.30 mg/l

Tabla 4.1. Alimentación de la planta de aguas residuales.

#### 4. ESPECIFICACIONES DE LOS PRODUCTOS EN LIMITES DE BATERIA.

La planta se diseño descargando aguas residuales con las siguientes características:

PARAMETRO	VALOR
Sólidos Disueltos Totales	0.40 mg/l
Demanda Química de Oxígeno	0.90 mg/l
Demanda Bioquímica de Oxígeno	0.20 mg/l
Grasas y aceites	11 mg/l
Color	Amarillo

Tabla 4.2. Especificacion de la descarga de aguas residuales.

## 5. SERVICIOS AUXILIARES

### 5.1. Agua de Planta

Esta agua se emplea para el mantenimiento de gran parte de los equipos, utilizando agua potable para tal propósito.

### 5.2. Energía Eléctrica

La energía eléctrica se emplea para hechar a andar la bomba de 1/2 HP ubicada en la etapa de la recirculación a la trampa de grasas.

## 6. BASES DE DISEÑO DE EQUIPO.

### 6.1. Suministro Del Influyente.

El influente que llega a la planta de tratamiento entra mediante una tubería con un diámetro de 2 pulgadas la cual llega a un filtro mediante gravedad.

Las concentraciones del influente que tienen las agua residuales son las siguiente:

Parámetro	Valor
Régimen	Permanente
Horas trabajadas por día	7 hrs.
Volúmen máximo por día	1 000 lts.
Volúmen máximo por hora	142.85 lts.
Grasas y Aceites	226 mg/l
Color	turbia
Sólidos Disueltos Totales	1 660 mg/dm <sup>3</sup>
Demanda Bioquímica de Oxígeno	558.11 mg/l
Demanda Química de Oxígeno	1246.30 mg/l

## 6.2. Filtro Primario (Tipo Rejilla).

En la primera etapa se emplea un filtro primario equivalente a las rejillas empleadas a gran escala las cuales tienen como función principal retener gran parte de los sólidos suspendidos presentes en el influente (gallinaza, plumas, grasas sólidas, etc.), los cuales son removidos posteriormente en forma manual. Esta es una etapa de preparación para una posterior operación. Del contenido total de sólidos presentes en el influente solo un 90 % son sólidos sedimentables, y se pretende que el filtro retenga la mayor cantidad de sólidos.

El diseño de una rejilla tiene principalmente dos parámetros importantes:

- La velocidad y,
- La pérdida de carga.

La anchura de la rejilla viene dada por la expresión:

$$W = (F / (v \cdot D)) \cdot ((B + S) / S) + C$$

Donde:

- W= Ancho del canal de la rejilla (m)
- F= Caudal máximo que pasa (m<sup>3</sup>/s)
- v= Velocidad máxima del agua en rejilla (m/s)
- D= Nivel de aguas arriba de la rejilla a caudal máximo (m)
- B= Ancho de barrotes (m)
- S= Separación libre entre barrotes (m)
- C= Para partículas finas = 0.1 m

Dando como resultado una rejilla de 0.20X0.40X0.40 m con una abertura de la malla del filtro de 0.5 cm y una inclinación con la vertical de 45°. Además se provee una sección sobre la malla del filtro de hule espuma ( con cinco centímetros de ancho ) esto para hacer mas eficiente y uniforme la filtración y detener la mayor cantidad de grasas y sólidos gruesos.

La perdida de carga puede establecerse según la fórmula

$$H = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot (V^2 / (2 \cdot g))$$

Donde:

$$\begin{aligned} K_1 &= 1 \\ K_2 &= 0.74 \\ K_3 &= 0.13 \end{aligned}$$

Dando una AH=0.17 m.

En esta etapa se llega a :

- Disminuir en un 70 % los sólidos sedimentables totales presentes en el influente, quedando en el efluente una concentración de 450 mg por litro.
- Disminuir en un 5 a un 10 % el DBO quedando en el efluente una concentración de 530 mg por litro.
- Disminución en un 5 a un 10 % el DQO quedando una concentración en el efluente de 1184 mg/l.
- Disminución de un 5 % la concentración de grasas y aceites quedando una concentración en el efluente de 214.7 mg/l

Cuando se utilizan filtros como medio preparatorio sus profundidades son relativamente pequeñas con un tiempo de residencia corto, teniendo velocidades elevadas por lo que el diseño es el siguiente:

Considerando que esta planta trabaja un promedio de 7 horas diarias, el volúmen que se maneja diariamente es de aproximadamente 1000 litros por lo que el influente tiene una velocidad de 142.85 lts/hora . Y de acuerdo al tiempo recomendado es de 1.5 horas por lo que el volúmen necesario para el filtro es de 21 m<sup>3</sup> y las dimensiones que se proponen

para este filtro es de 0.20 m. de largo por 0.40 de ancho y con una altura de 0.40 m.

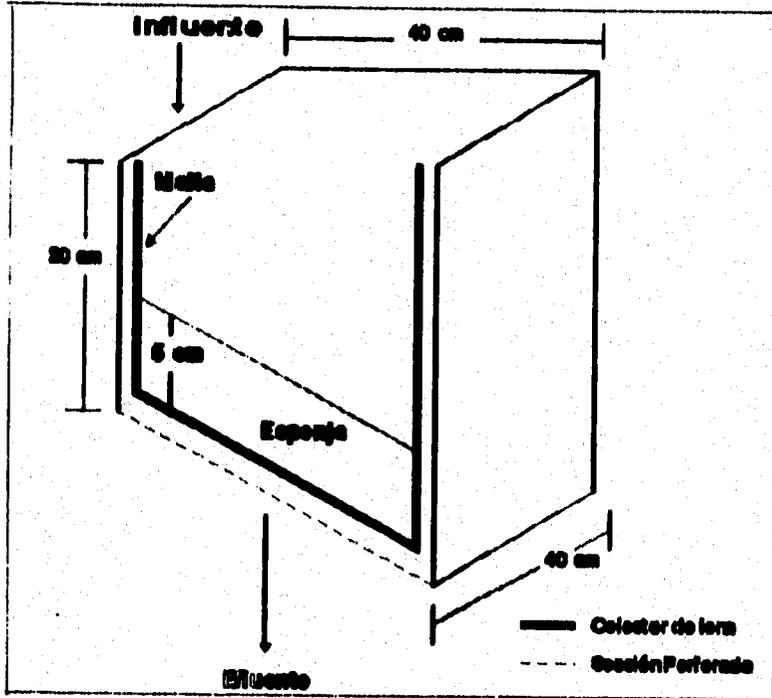


Figura 4.1. Filtro tipo rejilla.

### 6.3. Cloración.

En la cloración existen variantes con respecto en la etapa en la cual se agrega, dependiendo de las características de las aguas residuales. Para prevenir el desprendimiento de olores desagradables durante el tratamiento, se practica la cloración del influente de los tanques de sedimentación primaria (comunmente llamada percloración). Para este propósito se emplea un clorador tipo gotero que aportara pequeñas dosis constantes de cloro en su presentación de hipoclorito sódico y viene en una concentración del 8 %. Los parámetros a controlar son:

- Disminuir en un 95% de bacterias y coliformes
- Disminuir en un 5 a un 30 % la DBO teniendo un efluente con una concentración de 450 mg por litro.
- Controlar olores desagradables.

Generalmente se aplica una dosis para destruir todas las sustancias reductoras y hacer disminuir así la velocidad de descomposición. La magnitud de la dosis depende en gran parte de los avanzados de la putrefacción de las aguas. El contenido en sustancias reductoras de las aguas negras sera bajo y una dosificación de cinco a 20 partes por millon de cloro podrá ser suficiente para evitar los malos olores, las bacterias y disminuir el DBO. Cuando solamente se lleva a cabo un tratamiento primario, es frecuente que se combine la prevención del olor, la desinfección y la dosis de precloración siendo suficiente para obtener un cloro residual desinfectante.

En esta etapa se pretende agregarle un promedio de 10 partes por millon de cloro en la presentación de hipoclorito de sodio el cual tiene una concentración máxima del 8 % por lo que la cantidad de hipoclorito de sodio a utilizar es de 0.333 Kg/día, y este cloro se alimenta mediante un tanque de goteo para obtener condiciones homogéneas de mezclado.

#### 6.4. Sedimentador Primario.

El efluente del filtro previamente clorado se canaliza mediante gravedad a un sedimentador primario (a través de la pared del mismo en el cual se llevan a cabo una etapa de sedimentación primaria de sólidos en suspensión presentes en el influente concentrándose estos en colectores de lona colocados en las paredes del sedimentador (para facilitar las maniobras de recolección). En esta sección se tienen velocidades bajas propiciando que los sólidos se sedimentan más rápidamente realizándose esta acción mediante gravedad. Esta sección se estima mediante pruebas con el cono imhoff de 30 cm de altura, en un tiempo de residencia de 30 minutos en el cual el 80 % de los sólidos sedimentables quedaron en el fondo y puesto que se fijo la altura del sedimentador de 60 cm se podran depositar en un período de una hora. De acuerdo a las dimensiones que se proponen estas son:

$$V_s = H/t$$

Donde:

$V_s$  = Velocidad de sedimentación  
 $H$  = Altura (en este caso 60 cm), y,  
 $t$  = Tiempo (1 hora)

De donde se tiene que  $V_s$  es de 0.60 m/hr, pero también se sabe que :

$$V_s = Q/A,$$

Donde

$V$  = Volumen  
 $Q$  = Flujo  
 $A$  = Area requerida Los sólidos finos suspendidos, esto con base en que el asentamiento tiene lugar como sucedería en un recipiente en reposo que depende de la profundidad del mismo.

El sedimentador es parte de una cisterna y a esta llega un flujo de 0.142 m<sup>3</sup>/hr. De acuerdo a la literatura este sedimentador de acuerdo a la literatura debe diseñarse para retener el flujo de 2 a 3 horas por lo que el sedimentador debe tener una capacidad mínima de 0.284 m<sup>3</sup> y puesto que el volumen esta dada por la multiplicación del gasto entre el área y de acuerdo a las pruebas de laboratorio se tiene una velocidad de sedimentación de 60 m/hr. El área requerida que tiene de antemano una altura de 60 cm. es de 0.0852 m<sup>2</sup> se tiene un ancho para 1 hora de 0.142 m y puesto que el tiempo de retención que se pretende es de dos horas. Se prevee un ancho de 30 centímetros y por lo tanto se tiene un largo de un metro. Con el propósito de retener la mayor cantidad de sólidos flotantes es necesario poner una mampara colocada a una distancia de un tercio antes de la salida del efluente por lo que quedara colocada a 20 cm de la entrada.

Con esta etapa se pretende obtener las siguientes condiciones:

- Disminuir en un 40 a un 70 % los sólidos sedimentables totales quedando una concentración en el efluente de 270 mg/l.
- Disminuir en un 25 a un 40 % la DBO quedando un efluente con una concentración de 337 mg/l.
- Disminuir en un 20 a un 35 % la DQO quedando un efluente con una concentración de 947 mg/l.

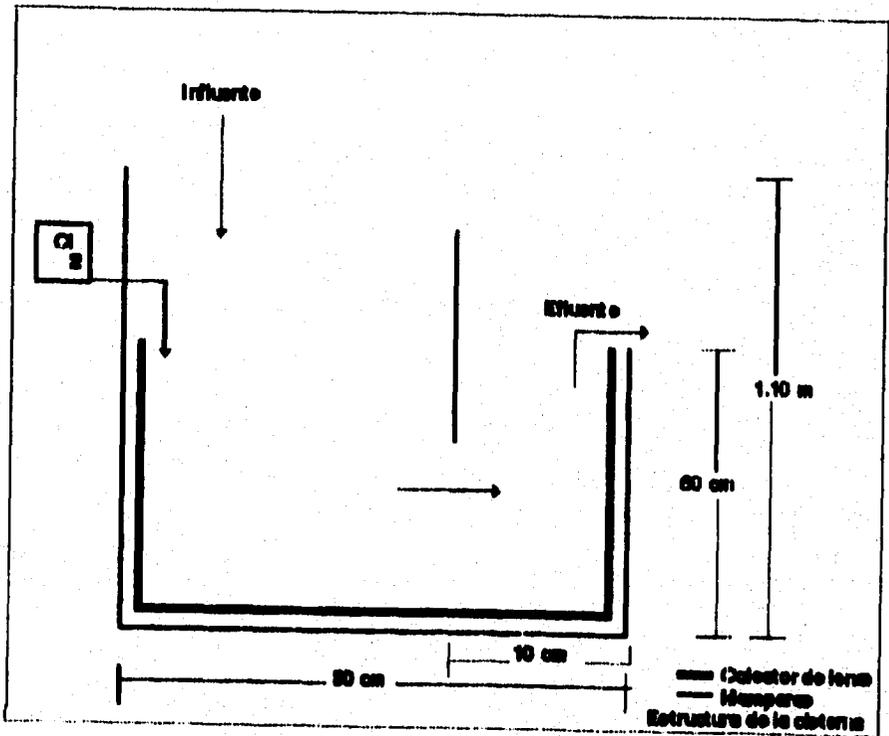


Figura 4.2. Sedimentador Primario

#### 6.5. Separación de Grasas.

El agua procedente del sedimentador secundario se recircula al tanque de filtración para poder eliminar en este paso las grasas existentes.

Para poder evitar la existencia de grasas en el agua residual se emplean cámaras desengrasantes. Para este propósito se debe tomar en cuenta:

- La velocidad de flotación de partículas de grasa.

- El aire comprimido añadido para desemeulsión, ayuda a impedir la sedimentación de partículas poco densas ayudando también hacer más rápida la filtración (la operación siguiente).

La realización de procesos de desarenado y desemeulsión de manera conjunta en un depósito conduce a resultados positivos en rendimientos alcanzados en ambos procesos.

Para poder desemeulsionar la grasa se emplea una bomba con la que se cuenta con anterioridad y cae dentro de los requerimientos a cubrir en el sistema; esta bomba es de una capacidad de 1/2 H.P. de tipo centrifuga cuya entrada y salida tiene un diametro de 3 pulgadas.

También se emplea un dispositivo flotante para retener la grasa, este dispositivo tiene las dimensiones de esta parte de la cisterna (0.30x1.00x0.20 m.) y una abertura de malla 20 de la serie Tyler de 0.84 mm. con lo cual se cubre el volumen de la grasa existente en el agua residual. Este dispositivo ayuda a que la materia flotante ascienda a una velocidad de 3 a 4 mm/s, esto debido a que el aire suministrado permanezca en la superficie y posteriormente se recoge la grasa (de forma manual) y se elimina y se recomienda un período recomendado de 10 a 45 minutos. Además con esto también ayuda a que la Demanda de Oxígeno disminuya considerablemente.

En esta etapa se llega a:

-Disminuir de un 90 a un 95 % el DBO quedando en el efluente una concentración de 33.7 mg/l.

-Disminuir de un 90 a un 95 % el DQO quedando en el efluente una concentración de 94.7 mg/l.

- Disminución de un 95 % las grasas y aceites quedando en el efluente una concentración de 10.74 mg/l.

- La adición del aire restaura las condiciones aerobias en las aguas residuales favoreciendo el tratamiento posterior.

#### 6.6. Filtro Secundario.

El agua proveniente del tanque de sedimentación primaria pasa hacia un filtro mediante gravedad.

Este tipo de filtros debe tomar en cuenta las pruebas hechas a pequeñas escala. Mediante una muestra representativa de granos del influente a través de un juego de mallas calibradas.

Por lo que en acorde a estas pruebas se obsevo que el mejor filtro para nuestro sistema es el de una malla No. 60 de la serie Tyler con una abertura de 0.25 mm. cuya abertura es óptima tanto para el tiempo de filtrado como para retener la mayor cantidad de sólidos.

Por cuestiones económicas se puso con las dimensiones de la cisterna siendo estas en el filtro de 1.0X0.50 m.

Esta filtración va precedida por un tanque de sedimentación para retener al máximo los sólidos y aumentar la capacidad del filtro. Se desea que este filtro sea una unidad de acabado que trate de separar gran parte de sólidos finos y produzca un efluente claro. Es poco probable el que se establezcan dimensiones de exactas de medios filtrantes ya que esto depende en gran parte del aspecto económico y la profundidad es libre conforme a pruebas piloto.

Esta etapa tiene por objeto:

- Disminuir de un 50 a un 90 % la cantidad de sólidos sedimentables totales teniendo un efluente con una concentración de 135 mg/l.

- Disminuir en un 50 a un 95 % el DBO teniendo una concentración del efluente de 168 mg/l.

- Disminuir en un 50 a un 80 % el DQO teniendo un efluente de 473 mg/l.

Debido a que el tipo de efluente que entra al filtro esta exento de sólidos gruesos y bien sedimentados se desea que este filtro sea una unidad de acabado que trate de separar gran parte de sólidos finos y produzca un efluente claro.

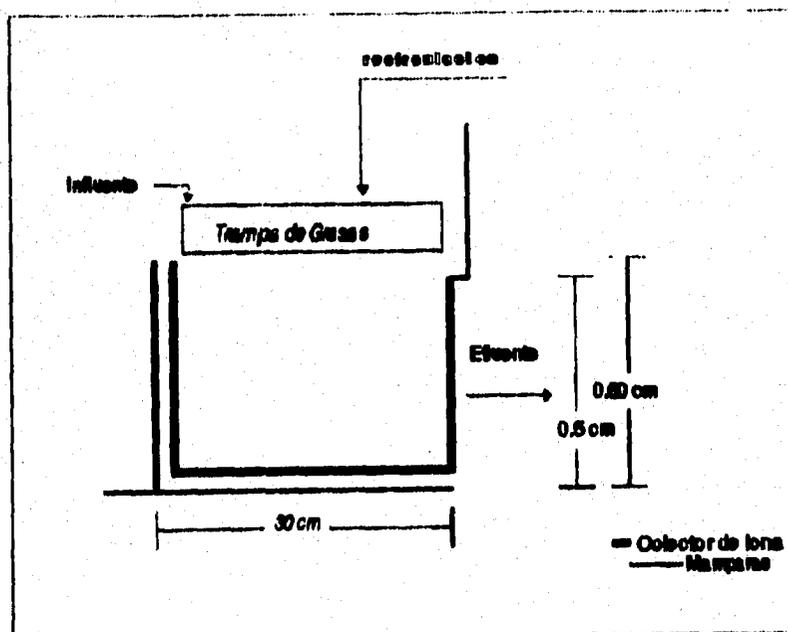


Figura 4.3. Filtro Secundario.

### 6.7. Sedimentador Secundario

Debido a que el filtro anterior solo retiene una parte de sólidos pequeños por tal motivo se emplea una sedimentación secundaria para sedimentar sólidos muy finos.

En esta etapa ya no existe una velocidad de sedimentación por que la velocidad de descenso varia con la profundidad.

Para poder dimensionar hay que tener en cuenta la superficie y la profundidad del mismo, (siendo esto el tiempo de residencia).

El sedimentador secundario se diseña como parte de una cisterna al cual lleva un flujo de 142 lts./hr, y las dimensiones para retener los pequeños sólidos es de 1.0X0.20X0.25, siendo el área efectiva de sedimentación de 0.25 m<sup>2</sup> teniendo una mampara para depositar sólidos con una altura de 0.20m ( no siendo muy profunda para una rápida sedimentación).

En esta etapa se pretende:

- Disminuir en un 70 a un 90 % los sólidos sedimentables totales quedando un efluente con una concentración de 40 mg/l
- Disminuir en un 80 a un 90 % la DBO teniendo un efluente de 33.7 mg/l.
- Disminuir en un 65 a un 99 % el DQO teniendo un efluente con una concentración de 16.5 mg/l.

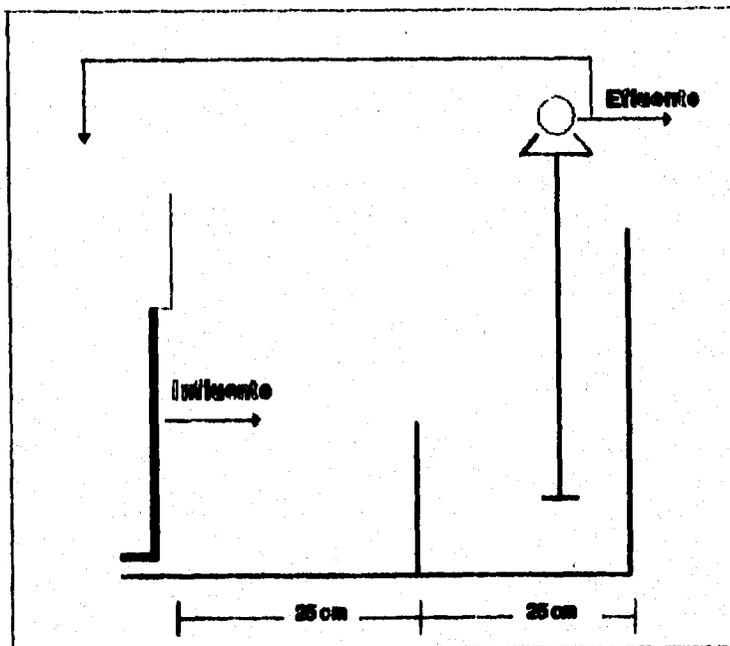


Figura 4.4. Sedimentador Secundario

#### 6.8. Filtro de Arenas

Las pruebas a escala en plantas piloto junto con las mejoras de coagulación, la vigilancia continua del efluente y la sedimentación produce el fundamento y la productividad de los filtros rápidos, siendo poco probable que se fijen dimensiones de estas unidades.

Un filtro de arenas se diseño de manera que contenga lo siguiente:

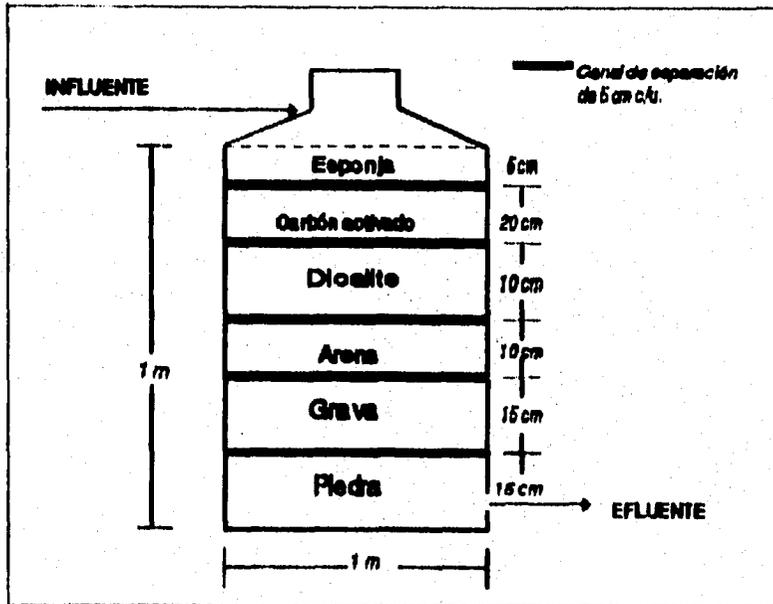


Figura 4.5. Filtro de Arenas

a) Distribución. Este se emplea con la finalidad de alimentar de manera uniforme a la superficie del lecho. En este caso en particular se emplea una franja de esponja con 5 cm. de espesor para este propósito.

b) Medios Filtrantes. Este debe ser un material que posea una elevada área superficial por unidad de volumen, económico, duradero y que no se obstruya fácilmente. Además debe ser; homogéneo, limpio, duro, sin polvo e insoluble de los constituyentes de aguas residuales.

El medio filtrante sirve para el doble propósito de proporcionar una gran superficie sobre la cual pueden formarse bacterias y que queden suficientes huecos que permitan circular el aire por todo el filtro.

En nuestro caso se emplea como medio filtrante:

- Carbón activado. Para poder eliminar olor y color del agua residual, con una altura de 20 cm.

- Una capa de dicálice. Para la filtración de sólidos finos, con una altura de 10 cm de alto.

- Una capa de Arena de granos finos, para poder filtrar sólidos finos que no se sedimentaron (esta capa debe de ser de poca altura para evitar velocidades bajas de filtrado), con una altura de 10 cm.

- Una capa de grava. Siendo este material más aconsejable para evitar estancamientos, con una altura de 15 cm.

c) Sistema de recogida. Recibe el agua ya filtrada y tiene por objeto que el agua fluya de manera rápida y evitar inundaciones en el filtro. Este sistema esta constituido por una capa de piedra de suelo, con una altura de 15 cm.

Para llevar a cabo el relleno del filtro se recomienda que el material a utilizar no tenga una altura mayor de 25 cm, cada capa con una separación entre capas de 5 cm y teniendo un arreglo de acuredo a su forma, densidad y composición química. El arreglo empleado en este proyecto se presenta mejor en la figura del filtro.

Con lo que se pretende :

- Disminuir en un 99 % los sólidos sedimentables totales quedando un efluente con una concentración de 0.40 mg/l.

- Disminuir en un 95 % la DBO quedando una concentración en el efluente con una concentración de 0.2 mg/l.

- Disminuir en un 95 % la concentración de DQO quedando una concentración de 0.9 mg/l.

## 7.0. DESARROLLO DEL PROCESO.

El proceso óptimo para llegar a las características necesarias a cumplir con las normas técnicas ecológicas en la descarga de aguas residuales es el siguiente:

El agua proveniente del proceso ingresa a un filtro (tipo rejilla) con un ángulo de corte que tiene como finalidad retener los sólidos gruesos entre los que se encuentran la pluma y la gallinaza, este filtro consta de una bolsa de fibra reforzada con malla con una abertura de 0.5 cm y una esponja de 5 cm. de ancho para ayudar a la distribución del proceso de filtración.

Quando sale del filtro lo hace através de un ángulo de corte y llega a la sección de sedimentación primaria en el cual se depositan los sólidos finos suspendidos. Este sedimentador consta de una mampara de madera de 60 cm. de altura que tiene perforaciones a unos 10 cm. para maniobras de desasolve; también consta de una bolsa colectora de sólidos de fibra reforzada con malla de 0.5 cm de abertura. Cabe mencionar que en esta sección se lleva otra operación unitaria, siendo esta la cloración del agua, la cual nos sirve para eliminar el olor desagradable y los coliformes que puedan estar presentes en las aguas residuales.

Quando el agua abandona la sección de sedimentación cae directamente a la sección de filtración, en donde se encuentra un filtro de fibra reforzado con malla 60 serie Tyler de 25 mm de abertura, con un área efectiva de filtración de 0.5 m<sup>2</sup>, en esta sección también se encuentra la trampa de grasas la cual es un dispositivo flotante.

Después de la zona de filtración se llega a una segunda zona de sedimentación que consta de una mampara de 20 cm. para evitar remolinos y que los sólidos finos depositados se vuelvan a suspender. El agua sale de esta sección y se recircula por medio de una bomba durante 30 minutos a la sección de filtración con la finalidad de retener las grasas mediante un desarenador colocado a la misma altura que el agua y manualmente se quitan estas natas de grasa y una malla 20 serie Tyler con abertura de 0.84 mm.

Después de transcurrir el tiempo de recirculación (30 minutos) el agua pasa hacia la última etapa, un filtro que consta de diferentes materiales, que tiene como finalidad eliminar el color y el olor del agua tratada previamente.

El esquema global se representa en la siguiente figura en donde se pueden observar mejor algunos detalles de ubicación y de distribución.

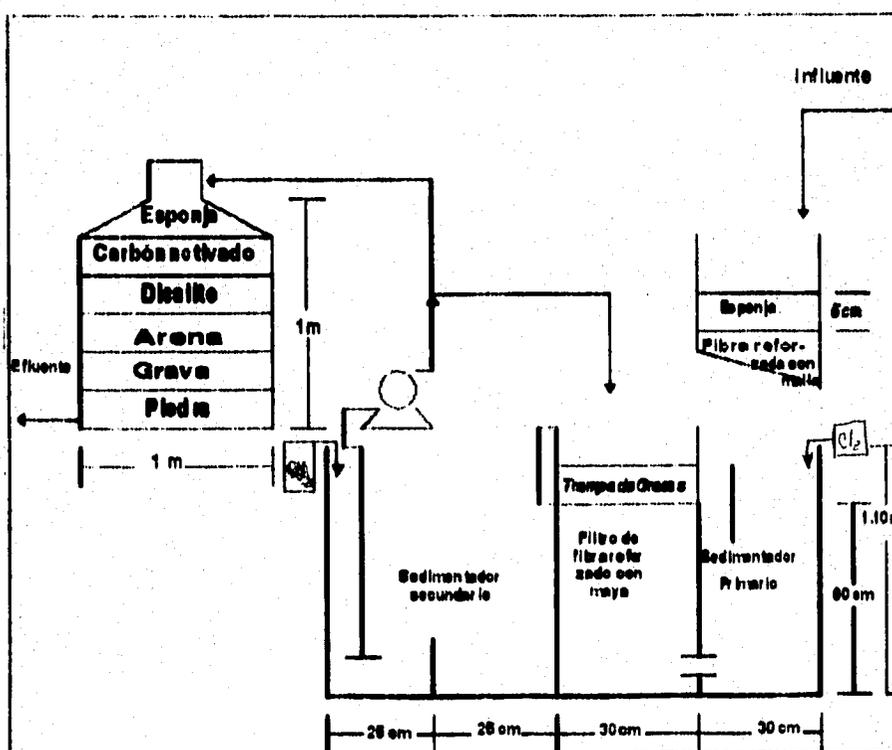


Figura 4.6 Diseño de la planta de tratamiento de agua residual.

## 8.0. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

RESULTADOS ANALITICOS DE LA DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES				
PARAMETRO	LIMITE MAXIMO	RESULTADO	CUMPLE CON LAS NORMAS	NOM-CCA
pH Unidades	6-9	7	Si	022
Temperatura °C	40	26	Si	031
Grasas y aceites mg/l	30	10.74	Si	022
Demanda Química de Oxígeno		0.828	Si	022
Demanda Bioquímica de Oxígeno	300	0.168	Si	Art 281
Sólidos suspendidos totales mg/l	125	0.405	Si	022
Límites máximos permisibles de la NOM-CCA-022 ECOL/93 y NOM-CCA-031 ECOL/93.				

Los contaminantes presentes en las aguas residuales que el objetivo básico del control de la contaminación de estas es reducir la concentración de contaminantes a niveles que no pongan en peligro tanto al medio ambiente como a los individuos.

El objetivo principal de esta tesis fue el poder descargar al drenaje las aguas residuales provenientes de un rastro de pollos, para poder así cumplir con la normatividad en Materis de descarga de aguas residuales, siendo esta una garantía para la conservación del agua.

De los resultados que se obtuvieron con la metodología utilizada podemos observar que los parámetros críticos para nuestro caso en particular están dentro de los límites permisibles, siendo estos como ya se mencionaron. Un efluente con un pH de 7, una temperatura de 26 ° C, una concentración de grasas y aceites de 10.74 mg/l, una Demanda Bioquímica de Oxígeno de 168 mg/l y una Demanda Química de Oxígeno de 0.82 mg/l, así como también una concentración de sólidos suspendidos totales de 0.405 mg/l. Los resultados anteriormente mencionados solo son aplicables a nuestro caso específico del influente que tiene cierto rastro de pollos.

Con lo que se concluye que el objetivo de este trabajo se cumple con el conjunto de operaciones propuestas, así como también para el cumplimiento de la normatividad para la descarga de aguas residuales.

## BIBLIOGRAFIA

- Gordón Maskew Fair. "Abastecimiento de Aguas y Remoción de Aguas Residuales". Editorial Limusa. México 1980.
- "Manual de Tratamiento de Aguas Negras". Ed. Limusa. México 1990.
- Hernández Muñoz Aurelio. "Depuración de Aguas Residuales". Ed. Paraninfo. Madrid 1987.
- Gaceta Ecológica Vol.1 No. 2 Agosto de 1989.
- "Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente". Marzo de 1988.
- "Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente". 23 de Noviembre de 1988.
- Metcalf and Eddy Boston. "Wastewater Engineering". Ed. Mc Graw Hill Nueva York 1972.
- R.S. Ramalho. "Tratamiento de Aguas Residuales". Quebec Canada.
- Weber J. Walter. "Control de la Calidad del Agua, Procesos Fisicoquímicos". Ed. Reverte. España 1979.
- Michael A. Winkler. "Tratamiento Biológico de Aguas de Derecho". Ed. Limusa. México 1986.
- "Manual de Aguas A.S.T.M.". 3a. Edición. Ed. Limusa México 1982.
- Diario Oficial de la Federación.

- Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales.
- Ley de Aguas Nacionales.
- Ley Federal de Derechos en Materia de Agua.