

**COMISION NACIONAL DEL AGUA**  
**INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA**

**CURSO - TALLER**

**OPERACION Y MANTENIMIENTO DE**  
**PLANTAS DE TRATAMIENTO DE**  
**LODOS ACTIVADOS**

**ELABORADO POR**  
**ENRA, S A CONSORTER**  
**PALENQUE 879 TEL 699-4342 FAX 699-0843**  
**COL LETRAN- VALLE**  
**MEXICO, D F C P 03050**

**Este manual está dirigido al personal relacionado con la operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales por el proceso de lodos activados y es un compendio de diversas fuentes bibliográficas y experiencias, elaborado por la empresa Inra, S A consultores para la Comisión Nacional del Agua a través del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, dentro del proyecto de Capacitación en Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.**

**AUTORES:**

**Manuel Alberto Huidobro García**

**Alfonso Morcos Flores**

**Sergio Ramírez López**

**David Roberto Pérez Vantine**

**REVISION TECNICA:**

**Gabriela Moeller Chávez**

**SUPERVISION DE EDICION:**

**Roberto Llanas Fernández**

**SUPERVISION POR EL IMTA:**

**Antonio Ramírez González**

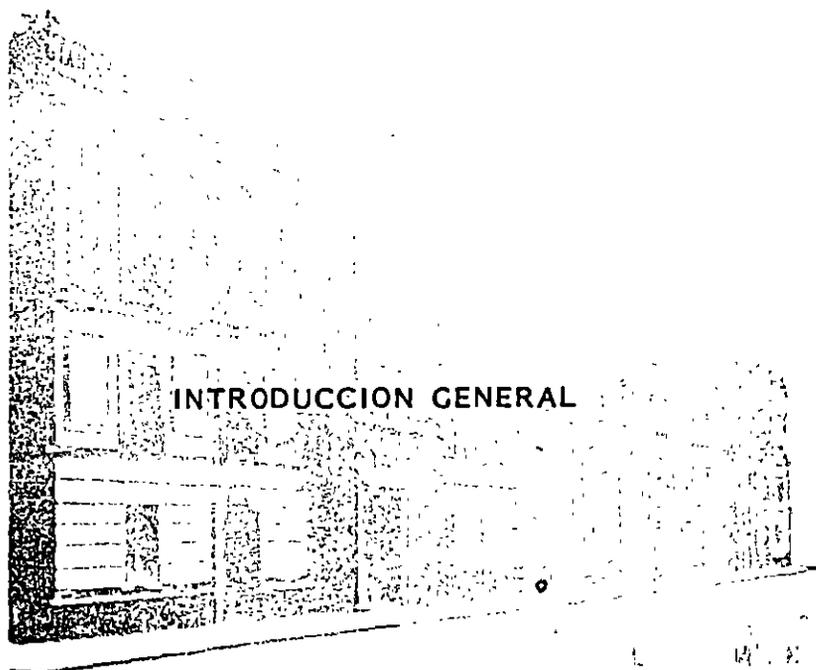
**Noviembre de 1993**



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSOS ABIERTOS**

**OPERACION Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS  
DE TRATAMIENTO DE LODOS ACTIVADOS**



**INTRODUCCION GENERAL**

**1 9 9 6 .**

1000  
1000  
1000

1000

1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000

# **INDICE**

## **INTRODUCCION GENERAL**

- Introducción al curso
- Objetivo general
- Objetivo del curso
- Objetivos particulares
- Programa general del curso
- Evaluación inicial

## **1. INTRODUCCION AL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR EL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS**

- Historia del proceso de lodos activados
- Lodos activados en México

## **2. MICROORGANISMOS Y FACTORES AMBIENTALES**

### **2.1 Tipo de microorganismos**

- Bacterias
- Protozoarios
- Virus
- Hongos
- Rotíferos
- Nemátodos
- Metabolismo y nutrición

### **2.2 Dinámica de la población**

### **2.3 Uso del microscopio. Reconocimiento de los diferentes tipos de organismos**

### **3. CONCEPTOS BASICOS Y VARIANTES AL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS**

#### **3.1 Descripción del proceso**

- Componentes del sistema de lodos activados
- Objetivos del tratamiento

#### **3.2 Variantes del proceso**

- Flujo pistón
- Convencional (mezcla completa)
- Aeración extendida
- Zanjas de oxidación
- Estabilización / contacto
- Aeración reducida
- Alimentación escalonada
- Oxígeno puro en tanques cerrados

#### **3.3 Factores relacionados al proceso**

- Carga orgánica
- Nutrientes
- Oxígeno disuelto
- Tiempo de retención
- pH
- Toxicidad
- Temperatura
- Mezcla
- Hidráulica
- Sólidos

## **4. DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS DE PROCESO**

### **4.1 Equipos en sedimentadores**

- Primarios
- Secundarios
- Rectangulares
- Circulares

### **4.2 Sistemas de aeración**

- Aeradores mecánicos
- Aeración por difusión

## **5. FUNDAMENTOS Y CONTROL DE LA OPERACION**

### **5.1 Monitoreo del proceso**

- Indicadores visuales
- Indicadores analíticos

### **5.2 Control de la operación**

- Control del O D
- Control de la recirculación
- Control de la purga
- Control de F/M
- Control de SSVLM
- Índice volumétrico de los lodos

### **5.3 Taller (cálculos de parámetros e índices)**

- Cálculo de carga orgánica y de sólidos

- Cálculo de F/M
- Cálculo de TMRC o edad de los lodos
- Cálculo de la purga de los lodos
- Cálculo de la relación de recirculación
- Cálculo del índice volumétrico de los lodos

#### **5.4 Problemas comunes y acciones correctivas**

- Problemas operacionales típicos
- Matrices

#### **5.5 Arranque de la planta**

- Preparativos para el arranque
- Parámetros de control
- Problemas típicos en el arranque

### **6. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO**

- Objetivos del mantenimiento
- Planeación y programación del mantenimiento
- Control de inventarios
- Mantenimiento preventivo
- Coordinación entre operación y mantenimiento
- Evaluación del mantenimiento

### **7. SEGURIDAD E HIGIENE**

- Programas
- Medidas de higiene
- Sustancias peligrosas
- Espacios confinados

- Medidas de protección

## **8. GLOSARIO**

## **9. BIBLIOGRAFIA**

- Consultada
- Recomendada



CONTENIDO	NOTAS
-----------	-------

## INTRODUCCION GENERAL

Las reuniones y congresos realizados eventualmente, como apoyo a las acciones tendientes a conservar el medio ambiente a nivel mundial, no han sido la excepción en el país.

En los últimos diez años se ha tenido un gran avance en programas para el saneamiento de los principales cuerpos de agua. Una de estas acciones es la construcción de obras de saneamiento, entre ellas las plantas de tratamiento de aguas residuales.

En el marco de los procesos biológicos de tratamiento de aguas residuales, uno de los más eficientes, con funcionamiento del proceso generalmente estable, costo elevado y personal con mayor capacitación entre otras cosas, es el conocido como **LODOS ACTIVADOS**.

Para el funcionamiento adecuado de un sistema de tratamiento a base de lodos activados, se requiere personal con alto grado de capacitación. Esto es, para que cumpla con las condiciones particulares de descarga bajo las cuales se diseñó el tratamiento.

La falta de personal, la improvisación y la aplicación de controles y programas de mantenimiento con poca eficiencia, hizo pensar en cursos-taller donde la capacitación se realiza directamente con el personal involucrado en las plantas de tratamiento de aguas residuales por el proceso de lodos activados.

<b>CONTENIDO</b>	<b>NOTAS</b>
<p>Otra razón importante para la aplicación de estos programas de capacitación es la búsqueda de consolidación de los organismos operadores de agua del país, los cuales requieren urgentemente capacitar a su personal y aumentar la eficiencia de sus instalaciones.</p> <p><b>INTRODUCCION AL CURSO-TALLER</b></p> <p>El curso-taller de operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de lodos activados ha sido diseñado para la formación del personal involucrado en este tipo de proceso.</p> <p>Pretende proporcionar las herramientas básicas del proceso de tratamiento mediante la presentación del texto con ayudas didácticas y audiovisuales, y visitas de campo que proporcionen un marco completo del proceso enseñanza-aprendizaje.</p> <p>La presentación de videos, diapositivas, acetatos, diagramas, matrices, resúmenes e inclusive catálogos de equipos de proceso darán al curso-taller la fuerza requerida para mantener despierto el interés del participante.</p> <p>Se estructuró de tal manera que primero se presenten los antecedentes del proceso de lodos activados, cómo surgieron y dónde se aplican, un resumen de su aparición en México, y su vigencia.</p> <p>Después de la presentación del proceso se darán las</p>	

CONTENIDO	NOTAS
<p>bases biológicas del tratamiento; esto es, la descripción de los microorganismos responsables de la degradación de la materia orgánica y demás que conviven en el sistema, así como la dinámica de esta población.</p> <p>Se presentará el tema de lodos activados con la descripción del proceso, las unidades previas requeridas, los componentes básicos del sistema y su interrelación. Enseguida se abordará el tema de modificaciones al proceso, el cual resulta interesante por presentarse de manera sencilla y clara, con diagramas del funcionamiento de cada modificación.</p> <p>Una vez conocidos los principios básicos del proceso, se mostrarán los equipos para el sistema, como son los de sedimentación y los equipos para proporcionar el oxígeno demandado por los microorganismos.</p> <p>La responsabilidad del buen funcionamiento de la planta generalmente recae en el operador; por esto, la parte más importante del curso es la referida a los fundamentos y control de la operación, y a los programas de mantenimiento. En la primera parte se darán las herramientas para el control del proceso, así como la práctica directa del cálculo de parámetros e índices de este control mediante un taller de cálculos donde se realizarán operaciones sencillas, pero de suma importancia para el operador.</p> <p>Se ejemplificarán los problemas típicos del proceso y su acción correctiva mediante el uso de matrices que son de gran ayuda práctica, y que se proporcionarán en este</p>	

## INTRODUCCION GENERAL

CONTENIDO	NOTAS
-----------	-------

manual.

Se darán las bases para el arranque de una planta de tratamiento de lodos activados, con todas las implicaciones que presenta: prueba a unidades, equipos, inoculación, arranque, control del proceso durante los primeros días, problemas que se pueden presentar, etc.

El programa de mantenimiento es de importancia en este tipo de instalaciones, por lo que se presentará de una manera clara con sus principales componentes, hasta llegar a una evaluación del mantenimiento.

Finalmente, entre los temas del curso-taller estará el referente a higiene y seguridad dentro de la planta; un tema que requiere mucha atención, pues pocas instalaciones en el país observan esas normas.

El material incluye un glosario para quienes no estén familiarizados con el lenguaje común en las plantas de tratamiento de lodos activados, una bibliografía amplia y actualizada con publicaciones recientes especializadas en la operación y mantenimiento de lodos activados, así como bibliografía de temas que se observan de manera poco profunda para los que requieran mayor conocimiento de algunos temas.

Se espera que este curso-taller cumpla con sus objetivos generales y particulares con los que fue concebido, y que sea de utilidad para todo el personal que de una u otra manera intervienen en trabajos relacionados con plantas de tratamiento de lodos activados.

CONTENIDO	NOTAS
-----------	-------

## OBJETIVO GENERAL

Es el desarrollo integral de los organismos operadores, instituciones y de todos los organismos relacionados con plantas de tratamiento de aguas residuales mediante el proceso biológico de lodos activados, a través de capacitar al personal directamente involucrado en la operación y mantenimiento de estos sistemas.

La capacitación se logrará mediante la aplicación de técnicas didácticas durante la presentación del material de enseñanza, así como con la intervención activa de los participantes en esta modalidad de curso-taller.

## OBJETIVOS DEL CURSO

Son los de proporcionar herramientas teóricas y prácticas para la correcta operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de lodos activados, para que a su vez cumplan con los estándares de calidad de agua tratada a la salida de la planta.

Otros objetivos generales de este curso son: el conocimiento detallado del proceso; sus fundamentos y controles de operación; conocimiento, descripción y operación de equipos; conocimiento y aplicación de programas de mantenimiento, así como de seguridad e higiene.

CONTENIDO	NOTAS
<p><b>OBJETIVOS PARTICULARES</b></p> <p>Al terminar el curso-taller, el participante podrá:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Comentar acerca de cómo inició el proceso de lodos activados.</li> <li>-Describir la aplicación del proceso de lodos activados en el país.</li> <li>-Conocer e identificar los tipos de microorganismos que intervienen en el proceso de tratamiento biológico de biomasa suspendida, y saber la dinámica de esta población.</li> <li>-Utilizar el microscopio para observar lodos activados, y emitir opiniones al respecto.</li> <li>-Mencionar la necesidad de pretratamiento y tratamiento primario previos al proceso de lodos activados.</li> <li>-Representar los componentes del sistema de lodos activados y sus principales funciones.</li> <li>-Saber los objetivos del tratamiento biológico a base del sistema de lodos activados, así como calcular las eficiencias de remoción de contaminantes.</li> <li>-Explicar las diversas modificaciones al proceso de lodos activados, como son aeración extendida, zanjas de oxidación, estabilización-contacto, etc.</li> </ul>	

CONTENIDO	NOTAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Diferenciar los equipos en sedimentadores, ya sean rectangulares o circulares, primarios o secundarios.</li> <li>-Distinguir los diversos tipos de equipos de aeración, tanto mecánicos como por difusión de aire, sus componentes, su aplicación y su control.</li> <li>-Monitorear el proceso de lodos activados mediante el conocimiento de indicadores visuales, sabiéndolos interpretar, así como definir la determinación de indicadores analíticos para inferir posibles problemas en el proceso de tratamiento.</li> <li>-Reconocer los factores relacionados al proceso y su interpretación, tales como la carga orgánica, nutrientes, oxígeno disuelto, tiempo de retención, pH, toxicidad, etc.</li> <li>-Aplicar métodos de control del proceso, seleccionando el que considere conveniente para su planta.</li> <li>-Calcular parámetros e índices para control del proceso y eficiencia de funcionamiento de la planta; podrá calcular carga orgánica, carga de sólidos, microorganismos, relación F/M, recirculación, purga de lodos y tiempo medio de retención celular.</li> <li>-Identificar problemas comunes en la operación; determinar las causas que originan los problemas y aplicar acciones correctivas para mejorar el funcionamiento del proceso.</li> </ul>	

CONTENIDO	NOTAS
<p>-Interpretar las matrices de problemas comunes y acciones correctivas para la aplicación mencionada en el inciso anterior.</p> <p>-Realizar un programa para definir preparativos previos al arranque de la planta, precisando las acciones necesarias.</p> <p>-Arrancar una planta de tratamiento de lodos activados mediante los parámetros de control del proceso y atacando los problemas típicos que pudieran presentarse durante esta etapa. Reconocer cuándo finaliza el arranque y cuándo inicia una operación normal de la planta.</p> <p>-Aplicar un programa de mantenimiento a través de la planeación y programación, control de inventarios, y aplicación de mantenimiento preventivo, coordinando con el área de operación y evaluando el programa.</p> <p>-Implantar un sistema de seguridad e higiene adecuado para la protección física y de la salud del personal que labora en la planta, así como de los visitantes.</p> <p>-Reconocer los términos técnicos propios del lenguaje del tratamiento de las aguas residuales y del sistema de lodos activados.</p> <p>-Consultar la bibliografía recomendada cuando lo requiera para investigar o estudiar algún tema que sea de su interés, ampliando los conocimientos de temas no desarrollados totalmente en el curso.</p>	

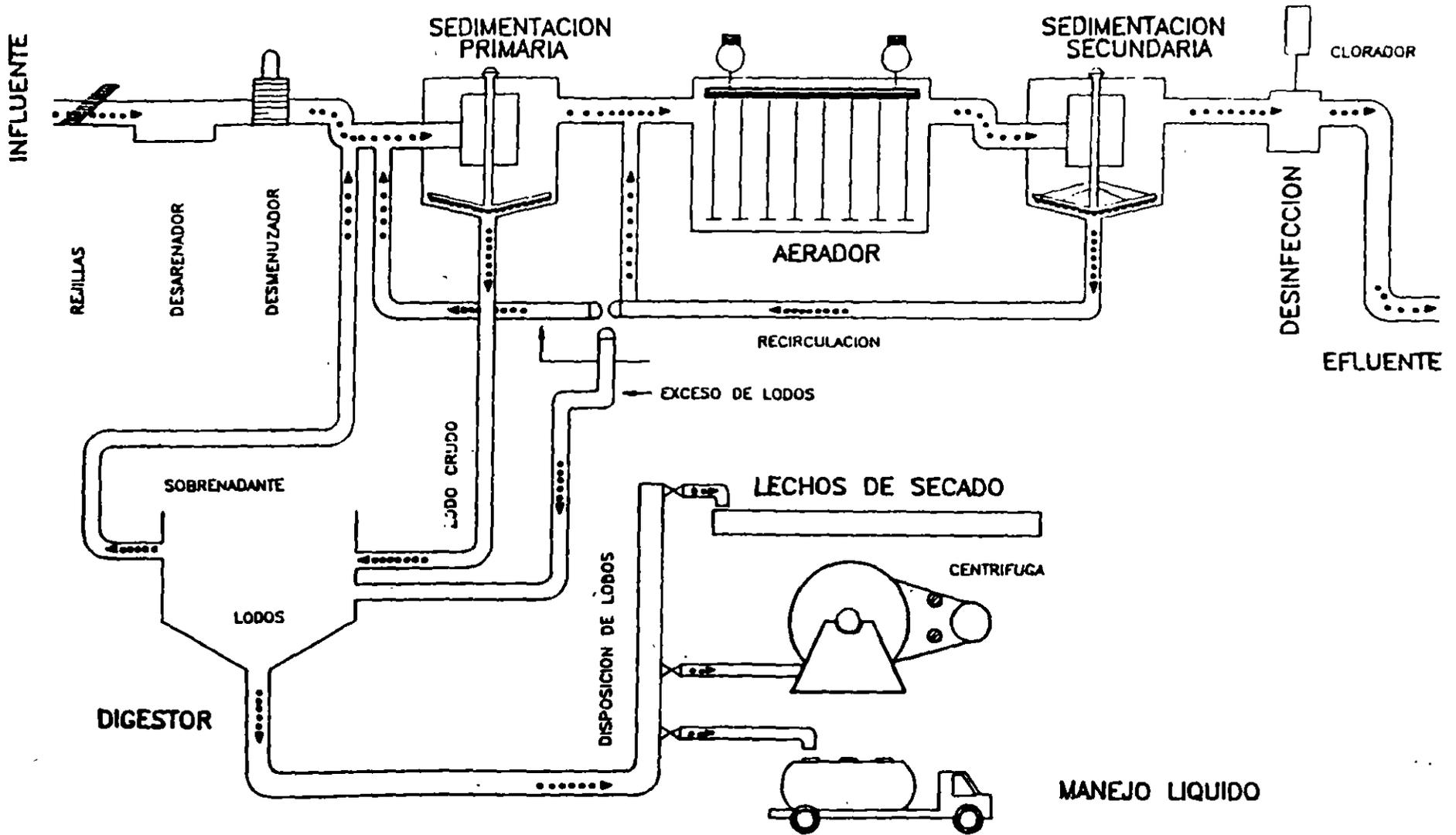
CONTENIDO	NOTAS
<p>-Comunicarse posteriormente con los participantes provenientes de diferentes partes del país para intercambiar información, experiencias, etc.</p> <p><b>PROGRAMA GENERAL DEL CURSO</b></p> <p>La impartición de este curso-taller requiere tiempo suficiente para cubrir los temas de mayor importancia en la operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales por lodos activados, por tal razón se diseñó para que en 40 horas, se incluyan: exposición de temas, práctica de observación al microscopio, visita a una o dos plantas de tratamiento similares y realización del taller de cálculos; así como la proyección de videos, diapositivas, revisión de catálogos de fabricantes y aplicación de dinámicas de grupo.</p> <p>El programa día a día durante el desarrollo del curso con horario detallado, exposición de temas y actividades más importantes, se presenta a continuación.</p>	

## INTRODUCCION AL TRATAMIENTO POR EL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

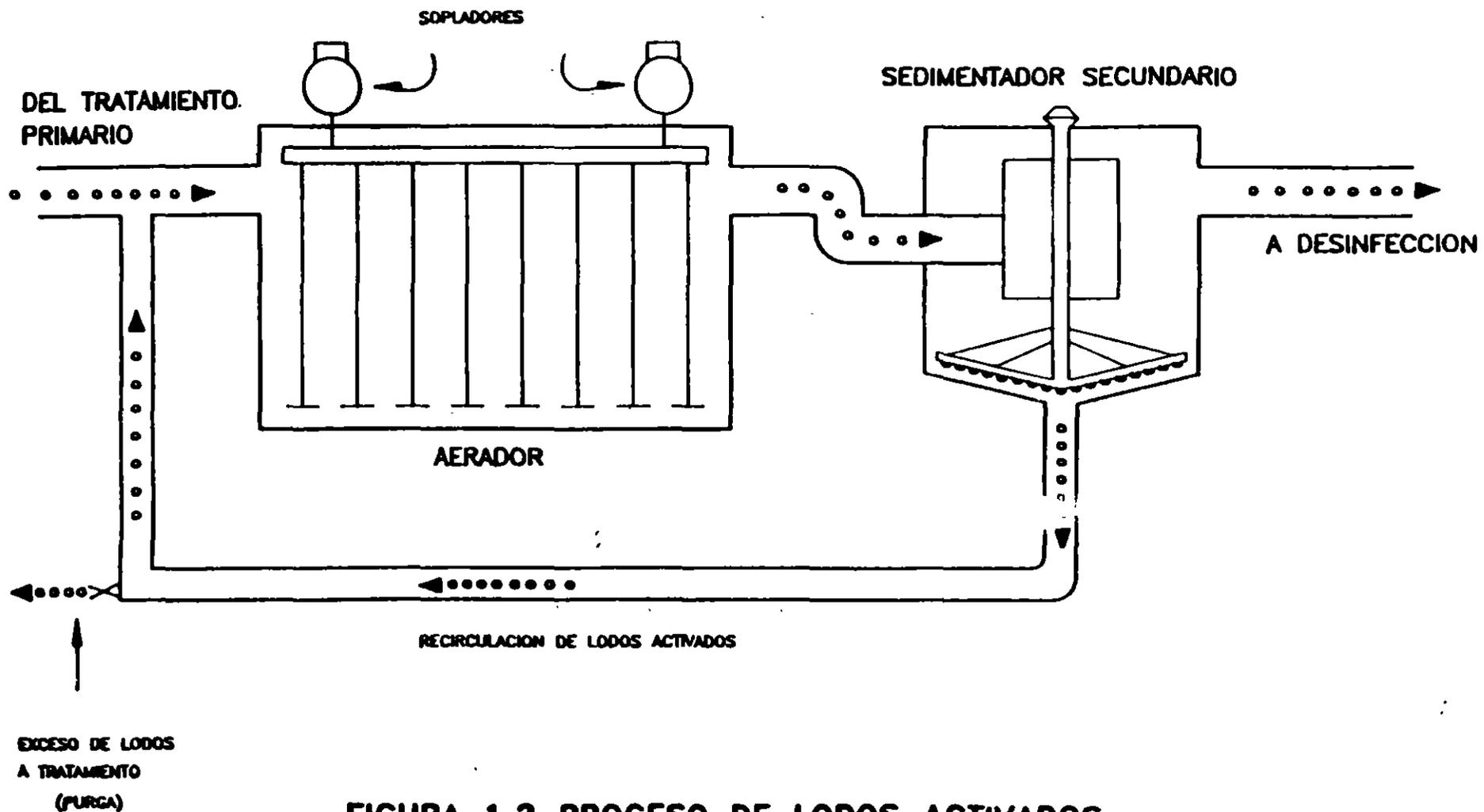
CONTENIDO	NOTAS
<p data-bbox="212 474 1073 594"><b>1. INTRODUCCION AL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR EL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS</b></p> <p data-bbox="212 640 1073 804">El marco general de los procesos de tratamiento de aguas residuales es muy amplio; existen diversas clasificaciones, sin embargo, la más común es la que divide el tratamiento de las aguas residuales en:</p> <ul data-bbox="212 850 997 1129" style="list-style-type: none"><li>- PRETRATAMIENTO</li><li>- TRATAMIENTO PRIMARIO</li><li>- TRATAMIENTO SECUNDARIO</li><li>- TRATAMIENTO TERCIARIO O AVANZADO</li></ul> <p data-bbox="212 1176 1073 1295">El desglose de esta clasificación es muy amplio, pues solamente en tratamiento secundario hay una gran variedad de procesos, como:</p> <ul data-bbox="212 1341 948 1705" style="list-style-type: none"><li>- LODOS ACTIVADOS Y SUS VARIANTES</li><li>- FILTROS ROCIADORES</li><li>- BIODISCOS</li><li>- SISTEMAS LAGUNARES</li><li>- SISTEMAS ANAEROBIOS</li></ul>	

## INTRODUCCION AL TRATAMIENTO POR EL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

CONTENIDO	NOTAS
<p data-bbox="190 432 667 468"><b>- SISTEMAS COMBINADOS</b></p> <p data-bbox="190 516 1055 636">La descripción de las alternativas de tratamiento, y de análisis detallado de esta clasificación quedan fuera del alcance del curso-taller, siendo motivo de otros cursos.</p> <p data-bbox="190 684 1055 1136">Como se observó, el proceso de lodos activados es un proceso biológico de tratamiento ubicado en lo que se conoce como <b>TRATAMIENTO SECUNDARIO</b>; las unidades anteriores y posteriores a lo que es básicamente el proceso de lodos activados no serán vistas en este curso (pretratamiento, tratamiento primario, desinfección, tratamiento de lodos, tratamiento avanzado). La figura 1.1 es un diagrama de flujo de una planta de tratamiento de aguas residuales completa, mediante lodos activados. La figura 1.2 es solamente el proceso de lodos activados.</p> <p data-bbox="204 1220 1016 1297"><b>1.1 HISTORIA DEL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS</b></p> <p data-bbox="204 1346 1065 1507">El proceso de lodos activados como tratamiento de aguas residuales fue desarrollado inicialmente en Manchester, Inglaterra, por Fowler, Arden, Munford y Lockett, en 1914.</p> <p data-bbox="204 1556 1065 1755">Ya para 1920 varias instalaciones iniciaban su operación en Estados Unidos de Norteamérica, sin embargo el uso extensivo de este sistema se dió hasta 1940. Los primeros investigadores notaron que la cantidad de materia biodegradable que entraba al</p>	



**FIGURA 1.1 PLANTA DE TRATAMIENTO DE LODOS ACTIVADOS**



**FIGURA 1.2 PROCESO DE LODOS ACTIVADOS**

## INTRODUCCION AL TRATAMIENTO POR EL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

CONTENIDO	NOTAS
<p>sistema afectaba la tasa del metabolismo. Los diseños en esa época fueron totalmente empíricos y el tiempo de retención del tanque de aeración fue uno de los primeros parámetros de diseño. Generalmente se seleccionaban cortos tiempos de retención para cargas orgánicas bajas, y altos tiempos de retención para cargas orgánicas altas.</p>	
<p>Posteriormente surgieron criterios de diseño relacionados con la carga orgánica y los microorganismos del sistema, llegando a la relación conocida como F/M.</p>	
<p>Hace 40 años se desarrollaron las ecuaciones derivadas de los conceptos de crecimiento cinético y los balances de masas; en años recientes se han diseñado modelos sofisticados por computadora.</p>	
<p>La solución de ecuaciones de diseño y los modelos computarizados requieren el conocimiento de la cinética y metabolismo microbianos.</p>	
<p>A pesar de ser uno de los procesos biológicos de tratamiento de mayor costo de inversión, operación y mantenimiento, los lodos activados no pierden adeptos, ya que es un proceso altamente estable y sus eficiencias de remoción son de las mayores comparadas con otros procesos. Las modificaciones al proceso convencional son muy atractivas por su flexibilidad, sobre todo en la adaptación de cargas orgánicas variables, en especial para el tratamiento de aguas residuales municipales.</p>	

## INTRODUCCION AL TRATAMIENTO POR EL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

CONTENIDO	NOTAS
-----------	-------

Actualmente se sigue construyendo un gran número de plantas con base en este sistema; la tabla 1.1 muestra que los lodos activados es el proceso de tratamiento más utilizado, y del que se van a construir mayor número de plantas y capacidad, en los Estados Unidos de Norteamérica.

### 1.2                    **LODOS ACTIVADOS EN MEXICO**

El sistema de lodos activados en México se inició en los años cincuenta; las plantas de tratamiento de aguas residuales de esa época eran concebidas para el reúso de las aguas tratadas para riego de áreas verdes, llenado de lagos y enfriamiento en la industria. Así fue como se construyeron las primeras plantas de este tipo en Monterrey, N.L., y en la Cd. de México.

En el Distrito Federal se localiza la planta del Cerro de la Estrella que es la más grande del país, con una capacidad de 2000 l/s. Actualmente se ha concursado la construcción de una planta de tratamiento para las aguas residuales de Monterrey; será una modificación al proceso de lodos activados que funcionará con oxígeno puro, la capacidad en su primera etapa es para 5000 l/s.

El proceso de lodos activados como tratamiento de aguas residuales en México es muy antiguo y sigue vigente; según cifras de la Comisión Nacional del Agua, más del 30% de las plantas del país son de lodos activados, Tabla 1.2

**TABLA 1.1 RESUMEN DE LAS PRINCIPALES UNIDADES DE PROCESOBIOLOGICO UTILIZADAS EN EUA**

TIPO DE PROCESO	EN USO		POR CONSTRUIR	
	No.	Q(m <sup>3</sup> /s)	No.	Q(m <sup>3</sup> /s)
LAGUNAS DE ESTABILIZACION	5298	138	2738	5.2
LAGUNAS AERADAS	1368	67	1494	6.5
FILTROS ROCIADORES	2463	279	107	18.0
BIODISCOS	347	41	276	19.0
LODOS ACTIVADOS	5690	1201	2585	119.4

FUENTE: *Design of Municipal Wastewater Treatment Plants, Water Environment Federation, p. 518.*

**TABLA 1.2 INVENTARIO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES EN MEXICO, 10/04/92**

<b>PLANTAS YA CONSTRUIDAS</b>		
<b>PROCESO</b>	<b>NUMERO DE PLANTAS</b>	<b>GASTO EN I/s</b>
<b>AERACION EXTENDIDA</b>	<b>2</b>	<b>30</b>
<b>DISCOS BIOLOGICOS</b>	<b>2</b>	<b>4</b>
<b>FILTROS ROCIADORES</b>	<b>11</b>	<b>2246</b>
<b>LODOS ACTIVADOS</b>	<b>130</b>	<b>10941</b>
<b>LAGUNAS AERADAS</b>	<b>12</b>	<b>2405</b>
<b>LAGUNAS DE ESTABILIZACION</b>	<b>243</b>	<b>7749</b>
<b>ZANJAS DE OXIDACION</b>	<b>13</b>	<b>488</b>
<b>OTROS</b>	<b>45</b>	<b>3014</b>
<b>TOTALES</b>	<b>458</b>	<b>26877</b>

Fuente: *Gerencia de potabilización y tratamiento de agua, SGIHUI-CNA*

# INTRODUCCION AL TRATAMIENTO POR EL PROCESO DE LODOS ACT

CONTENIDO	NOTAS
<p data-bbox="431 388 1292 714">La alta eficiencia del proceso, así como la posibilidad de ampliar la planta de lodos activados ya sea para la remoción de nutrientes o para remover mayor cantidad de sólidos mediante tratamiento avanzado, hacen de este proceso un atractivo para descargas que requieren bajas concentraciones de nutrientes o para reúso, por ejemplo, la del Club de Golf Chapultepec, en la Cd. de México.</p> <p data-bbox="431 766 1292 966">La capacitación de personal involucrado con plantas de tratamiento a base de lodos activados es una necesidad en el país; muchas de las plantas existentes requieren un mejor control del proceso, y programas de mantenimiento funcionales y adecuados.</p> <p data-bbox="431 1050 885 1087"><b>VIDEO INTRODUCCION.</b></p>	



FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

CURSOS ABIERTOS

OPERACION Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS  
DE TRATAMIENTO DE LODOS ACTIVADOS

MICROORGANISMOS Y FACTORES AMBIENTALES

CONTENIDO	NOTAS
-----------	-------

## 2. MICROORGANISMOS Y FACTORES AMBIENTALES

Con excepción de ciertos desechos industriales y de servicios, las aguas residuales son un medio de cultivo ideal para el crecimiento de un gran número de microorganismos, los cuales juegan un papel importante en todas las etapas del tratamiento biológico de las aguas residuales.

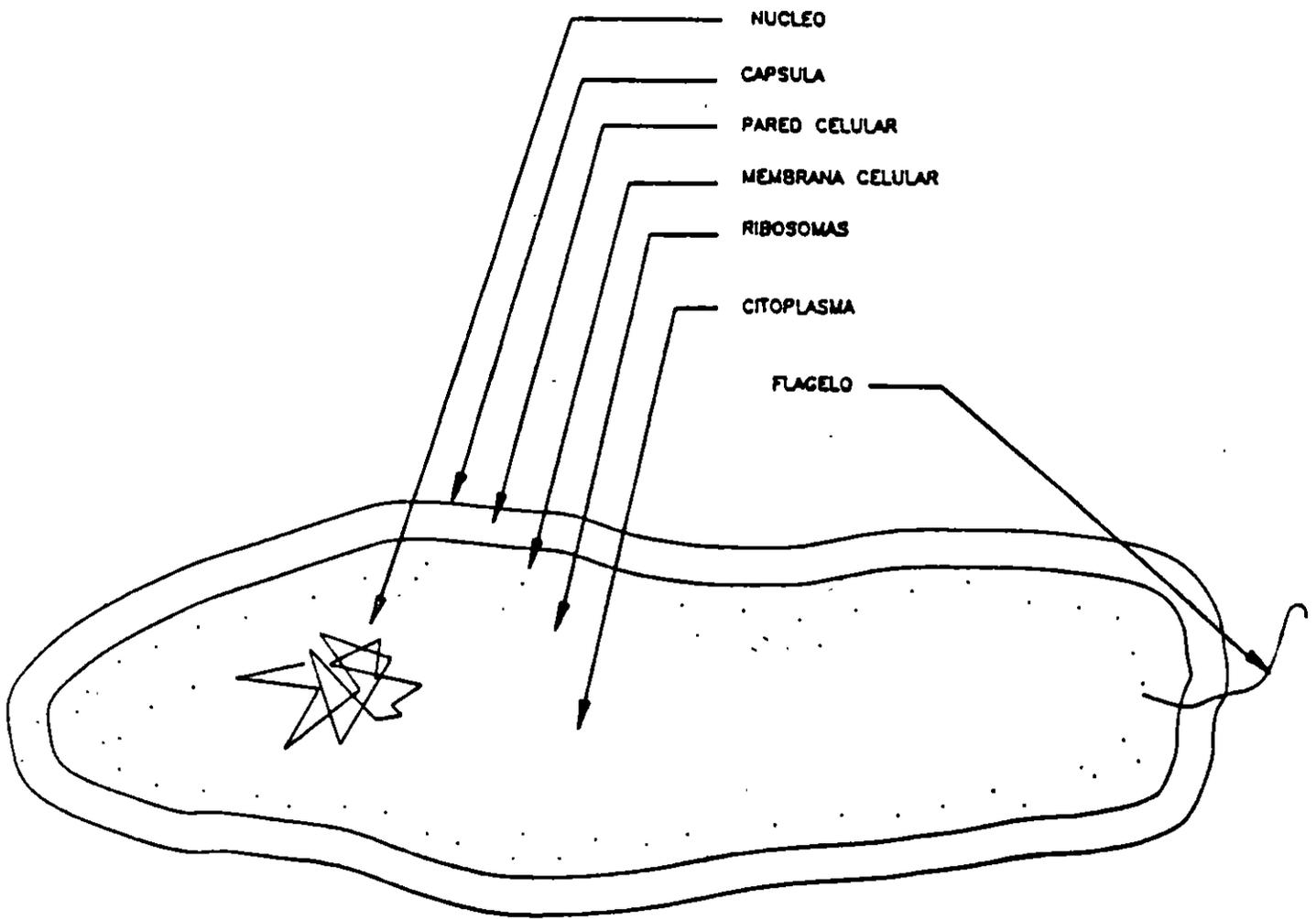
Ningún organismo simple es capaz de utilizar la amplia variedad de compuestos orgánicos e inorgánicos encontrados en las aguas residuales; consecuentemente, se desarrollará un ecosistema que se alimenta directamente con el agua residual que entra al proceso, y con la predación de organismos que se reproducen en el sistema.

La composición exacta de esta comunidad depende del resultado de la competencia por el alimento, limitado o variado por la influencia de factores ambientales, tales como el pH y la temperatura. El propósito del diseño y operación de una planta de tratamiento de aguas residuales por lodos activados es crear condiciones favorables, de tal manera que los microorganismos proliferen y efectúen el proceso de tratamiento.

Los organismos vivos fueron clasificados originalmente en dos reinos: plantas y animales; esta clasificación tan simple no podía sostenerse. Los microorganismos

## MICROORGANISMOS Y FACTORES AMBIENTALES

CONTENIDO	NOTAS
<p>incluyen ciertos grupos que tienen propiedades como las plantas (algas) y algunos como los animales (protozoarios) y algunos más con otras características (hongos). De esta manera, se reconoció otro reino, el <b>PROTISTA</b>, el cual no cae naturalmente en ninguno de los reinos mencionados; este es el de mayor interés para la ingeniería sanitaria, ya que contiene a las bacterias, protozoarios y algas que son los microorganismos más importantes involucrados en el tratamiento de las aguas residuales.</p>	
<p>La clasificación de Whittaker, divide a los seres vivos en cinco reinos: <b>Monera, Protista, Hongos, Vegetales y Animales</b>; se basa en la complejidad celular y la forma de nutrición.</p>	
<h3>DIFERENTES TIPOS DE CELULA</h3>	
<p>La célula bacteriana contiene sólo protoplasma, limitado por una membrana semipermeable llamada citoplasma, cubierto por una membrana celular porosa (figura 2.1). El citoplasma contiene el material nuclear. Además no existen membranas internas que aislen estructuras organizadas. Los organismos que poseen estas características son conocidos como procarióticos.</p>	
<h3>2.1 TIPO DE MICROORGANISMOS</h3>	
<h4>- BACTERIAS</h4>	
<p>Las bacterias son el mayor componente de la</p>	



**FIGURA 2.1 UNA TIPICA CELULA BACTERIANA**

## MICROORGANISMOS Y FACTORES AMBIENTALES

CONTENIDO	NOTAS
<p>comunidad microbiana en todos los procesos biológicos de tratamiento de aguas residuales. Normalmente se encuentran valores de <math>10^6</math> bacterias/ml o mayores en aguas crudas. Debido a su gran número y tamaño pequeño, se han desarrollado técnicas especializadas que permiten estudiar estos organismos en su habitat natural, para inferir información que pueda ser utilizada por los ingenieros involucrados en el diseño y operación de plantas.</p>	
<p>Debido al tamaño de las bacterias, entre 0.2 y 1.5 <math>\mu\text{m}</math>, su identificación es imposible por medios visuales simples. Utilizando un microscopio de alta resolución es factible observar sus diferentes formas y tamaños, así como al utilizar técnicas específicas de sus finos apéndices y algunos organelos internos. Este hecho facilita reconocer la morfología de las bacterias, siendo un paso importante en la identificación bacteriana.</p>	
<h3>MORFOLOGIA BACTERIANA</h3>	
<p>Las bacterias se limitan a cuatro formas básicas: de esfera, bastón recto, bastón curvo, espiral y algunas formas filamentosas. Las bacterias esféricas son conocidas como cocos y sus diámetros son de 0.2 a 4 <math>\mu\text{m}</math>. Los cocos pueden ser agrupados de acuerdo con su arreglo espacial, el cual se determina por su modo de división. El coco se divide por fisión; cuando la bacteria se incrementa en tamaño, se contrae y finalmente se parte en dos. Si un organismo no se parte en dos después de la fisión y permanece como un par, se conoce como diplococo. Si se continúa</p>	

## MICROORGANISMOS Y FACTORES AMBIENTALES

CONTENIDO	NOTAS
<p>dividiendo a lo largo del mismo plano sin separarse formando una cadena, toma el nombre de estreptococo; un indicador bacterial estreptococo fecal es de este tipo. Finalmente, si la división toma lugar en tres dimensiones, formando un cubo de ocho cocos se le conoce como sarcina.</p>	
<p>Los bastones rectos representan la morfología más común de las bacterias tanto en el ambiente natural como en las aguas residuales de plantas de tratamiento. Esto incluye muchas de las bacterias encontradas comunmente, tales como las <i>Pseudomonas</i>, <i>Zooglea</i>, <i>Escherichia</i> y <i>Salmonella</i>.</p>	
<p>Los bastones curvos forman una simple curva parecida a la letra C; son conocidos como Vibrios; en este grupo se incluyen la bacteria causante del cólera, el <i>Vibrio cholera</i>, y un organismo capaz de reducir sulfatos a sulfuros, conocido como Desulfovibrio.</p>	
<p>Finalmente, otra forma de las bacterias es la de tornillo o espiral, conocidas como <i>Spirillum</i>. Estas bacterias se observan casi exclusivamente en muestras de agua y rutinariamente en muestras tomadas de digestores anaerobios.</p>	
<p>Para hacer que las bacterias sean visibles bajo la luz del microscopio, se emplea una variedad de técnicas de teñido para colorear a la bacteria por entero, la estructura interna o la externa. Una de estas técnicas fue desarrollada por Christian Gram en 1884. Después de teñir una población mezclada de bacterias y</p>	

## MICROORGANISMOS Y FACTORES AMBIENTALES

CONTENIDO	NOTAS
<p>examinarlas bajo el microscopio, las bacterias que aparecen moradas se llaman Gram positivos y las que aparecen rojas Gram negativos. Es normal referirse a poblaciones bacterianas en términos de bacilos de Gram negativos y cocos Gram positivos.</p> <p>Un flagelo es una estructura en forma de látigo que sirve de medio de locomoción o movilidad a las bacterias. La presencia o ausencia de flagelo, el número y la distribución espacial alrededor de la bacteria son características de la especie. La mayoría de las bacterias flageladas son de forma de bastón; se distinguen tres formas de flagelo, un simple flagelo situado en uno o en ambos extremos de la bacteria, un copete de flagelos en uno o en ambos extremos y un gran número de ellos alrededor de toda la bacteria.</p> <p>Además del flagelo, muchas bacterias Gram negativos tienen una fina cubierta de pelos cortos que pueden observarse en el microscopio electrónico. Estos pelos, menores de 1 <math>\mu\text{m}</math> de largo y 0.01 <math>\mu\text{m}</math> de diámetro, son conocidos como fibrinas o pili. Este pelo confiere a la bacteria la habilidad de adherirse una con otra, siendo muy importante para la formación de lodo activado floculante.</p> <p>Algunas bacterias están rodeadas de una cubierta denominada material extracelular o cápsula, predominantemente compuesta por polisacáridos. La presencia de bacterias con esta característica es importante en el proceso de lodos activados; este material polisacárido se involucra en el mecanismo de</p>	

CONTENIDO	NOTAS
-----------	-------

floculación del proceso. El polisacárido actúa como una red que envuelve a otros microorganismos. Este tipo de bacterias tienen ventajas de sobrevivencia, como es la resistencia a la desecación y al ataque de bacteriófagos. También en periodos de depredación, son capaces de degradar su propio material. Tales ventajas son utilizadas en los sistemas de tratamiento de aguas, donde las condiciones de depredación de nutrientes son comunes, por ejemplo, en el sedimentador secundario del proceso de lodos activados.

Las bacterias poseen algunas estructuras intracelulares, que sirven de indicador de su estado nutricional, dando información de la composición del influente a la planta o de condiciones de operación de la misma. La estructura intracelular comúnmente encontrada en bacterias de aguas residuales está compuesta de material de reserva.

Como resultado de cambios en las condiciones ambientales, tales como depredación de nutrientes (carbono, nitrógeno y fósforo principalmente) o desecación, muchas bacterias son capaces de iniciar cambios fisiológicos y morfológicos formando estructuras en estado latente. Una de estas estructuras es conocida como espora y es una adaptación para sobrevivir por tiempos prolongados bajo condiciones adversas como calor, congelamiento, tóxicos químicos y radiaciones.

Las esporas se forman en el centro o en un extremo de la bacteria y son altamente refráctiles, generalmente

## MICROORGANISMOS Y FACTORES AMBIENTALES

CONTENIDO	NOTAS
<p>tiñen con dificultad, por lo que requieren tintes poderosos. La célula madre donde se origina la espora, conocida como esporangio, desaparece una vez que se forma la espora; las preparaciones de tñido muestran diferentes etapas del proceso de esporulación.</p> <p>Otra estructura latente similar a la espora es el quiste; la diferencia radica en que la bacteria se envuelve a sí misma con una capa protectora.</p> <p><b>- PROTOZOARIOS</b></p> <p>Los protozoarios son organismos eucarióticos, con amplia variedad en forma y modo de vida. Generalmente son unicelulares, móviles y se clasifican de acuerdo con su morfología, particularmente por su modo de locomoción. Muchos protozoarios requieren de un huésped para poder vivir y completar su ciclo de vida. No todos los protozoarios se asocian con procesos de tratamiento de aguas residuales. Debido a su gran tamaño, los protozoarios se identifican fácilmente por observación en un microscopio con luz.</p> <p>Se definen tres grupos importantes en lo que se refiere a procesos de tratamiento de aguas residuales.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Flagelados</li><li>- Sarcodina</li><li>- Ciliados</li></ul>	

CONTENIDO	NOTAS
-----------	-------

## PROTOZOARIOS FLAGELADOS

Poseen uno o más flagelos, que son utilizados para locomoción y alimentación.

## SARCODINA

Posee seudópodos que utiliza para moverse y para alimentarse por medio de flujo protoplasmático. Tienen una gran diversidad; algunas carecen de estructura esquelética (amibas), mientras que otras han desarrollado conchas formadas con materiales de proteínas, silicatos y carbón.

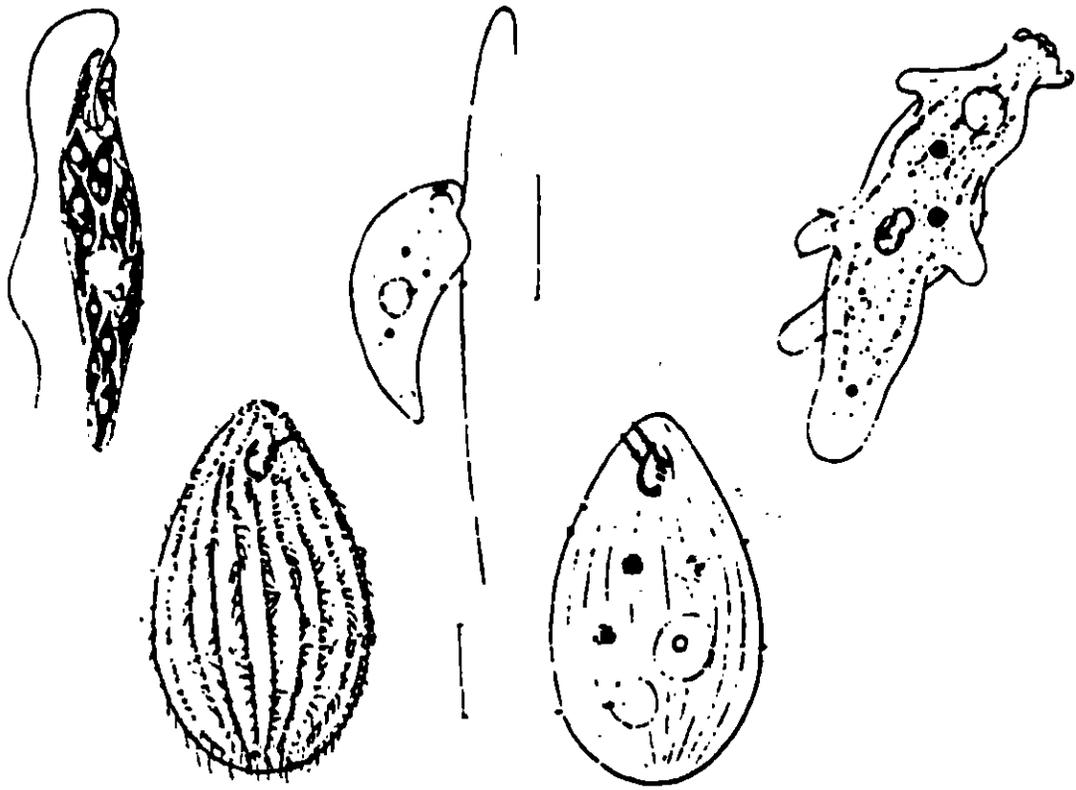
## CILIADOS

Son los mayores en términos de número de especies, con más de 7000. Por esto dan gran diversidad a los lodos activados. Se caracterizan por los cilios que aparecen sobre la superficie de la célula que les sirven de locomoción. Además, los cilios se distribuyen alrededor de lo equivalente a una boca llamada citosoma. De este modo se autoayudan formando corrientes con los flagelos para introducir el alimento por el citosoma. Se dividen en cuatro grandes grupos:

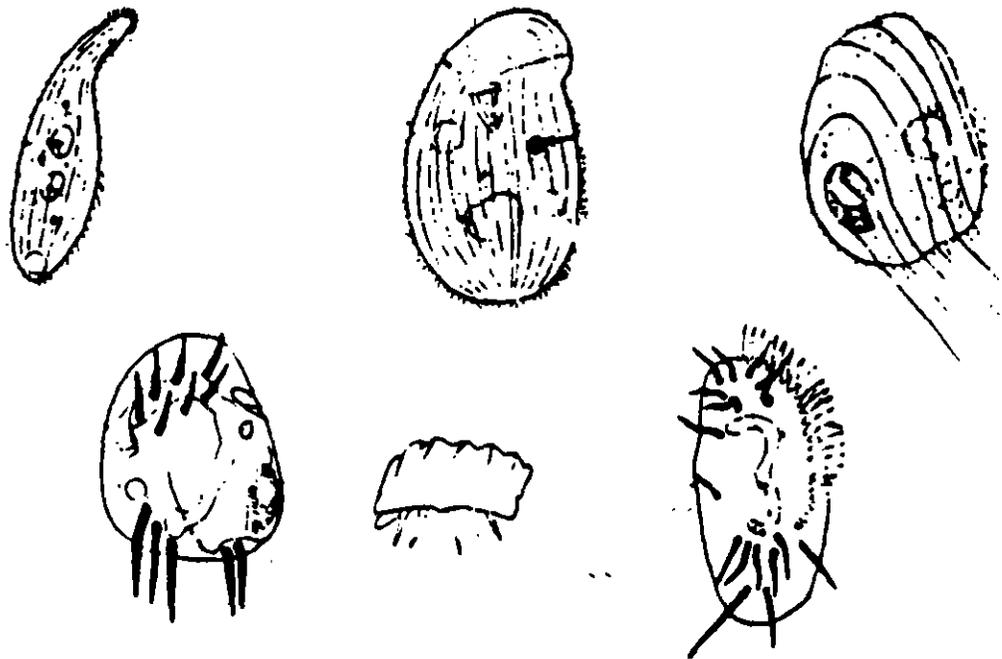
- HOLOTRICHIA (cilios uniformes de nado libre)
- ESPINOTRICHIA (cuerpo aplanado, cilios locomotores)
- PERITRICHIA (ciliados fijos en forma de campana)

## MICROORGANISMOS Y FACTORES AMBIENTALES

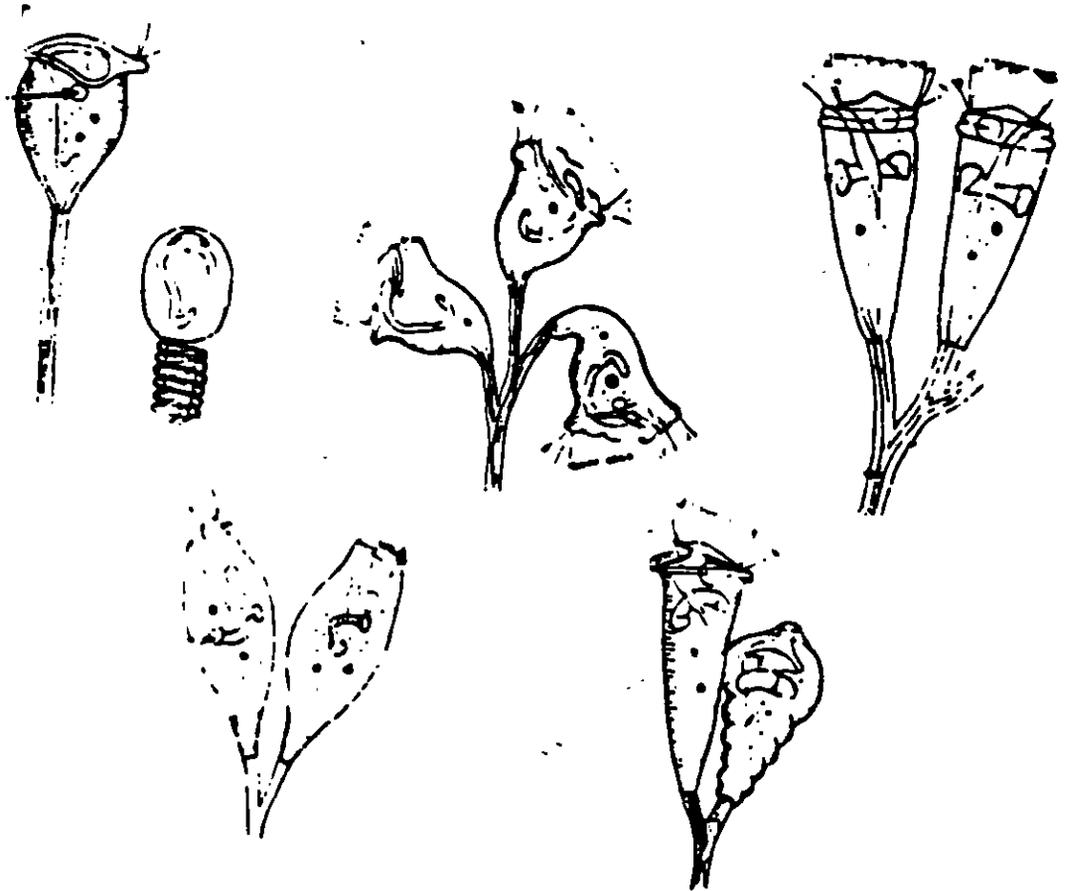
CONTENIDO	NOTAS
<p>- SUCTORIOS ( ciliados a temprana edad)</p> <p>Los primeros se refieren a protozoarios de nado libre, los cuales poseen cilios uniformes en sus cuerpos.</p> <p>Los segundos tienen un cuerpo aplanado con cilios locomotores encontrados por debajo del cuerpo; el cilio también les sirve para alimentarse, provocando corrientes hacia el citosoma.</p> <p>El tercer grupo se reconoce inmediatamente por su cuerpo en forma de campana invertida que está montado en un tallo. El otro extremo del tallo se fija a un material particulado, tal como un floc de lodos, y sirve para anclar al protozoario. En ciertas especies este tallo es contráctil. El amplio final de la campana sirve como una apertura oral donde se tienen cilios que ayudan a atrapar alimento. Los ejemplos típicos de este grupo son <i>el Vorticella</i> y <i>el Opercularia</i>, ampliamente conocidos en el proceso de lodos activados.</p> <p>Finalmente el cuarto grupo se refiere a protozoarios que solo son ciliados a temprana edad, donde los cilios sirven para dispersarse de sus congéneres. Poco después se pierden los cilios y se desarrollan un tallo y tentáculos para alimentarse. El tallo no es contráctil y atrapa materia particulada, mientras que los tentáculos son capaces de capturar el alimento, desmenuzándolo y succionándolo para formar vacuolas.</p> <p>Las figuras 2.2 a 2.6 muestran protozoarios y la figura 2.7 una forma de alimentación de los protozoarios.</p>	



**FIGURA 2.2 PRINCIPALES FORMAS DE PROTOZOARIOS EN PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**



**FIGURA 2.3 CILIADOS COMUNES EN PROCESOS AEROBIOS DE TRATAMIENTO**



**FIGURA 2.4 CILIADOS "PERITRICH" EN PROCESOS AEROBIOS DE TRATAMIENTO**



**FIGURA 2.5 MICROFOTOGRAFIAS DE CILIADOS (VORTICELLA Y SUCTORIA)**



**FIGURA 2.6 MICROFOTOGRAFIA DE CILIADOS FIJOS**

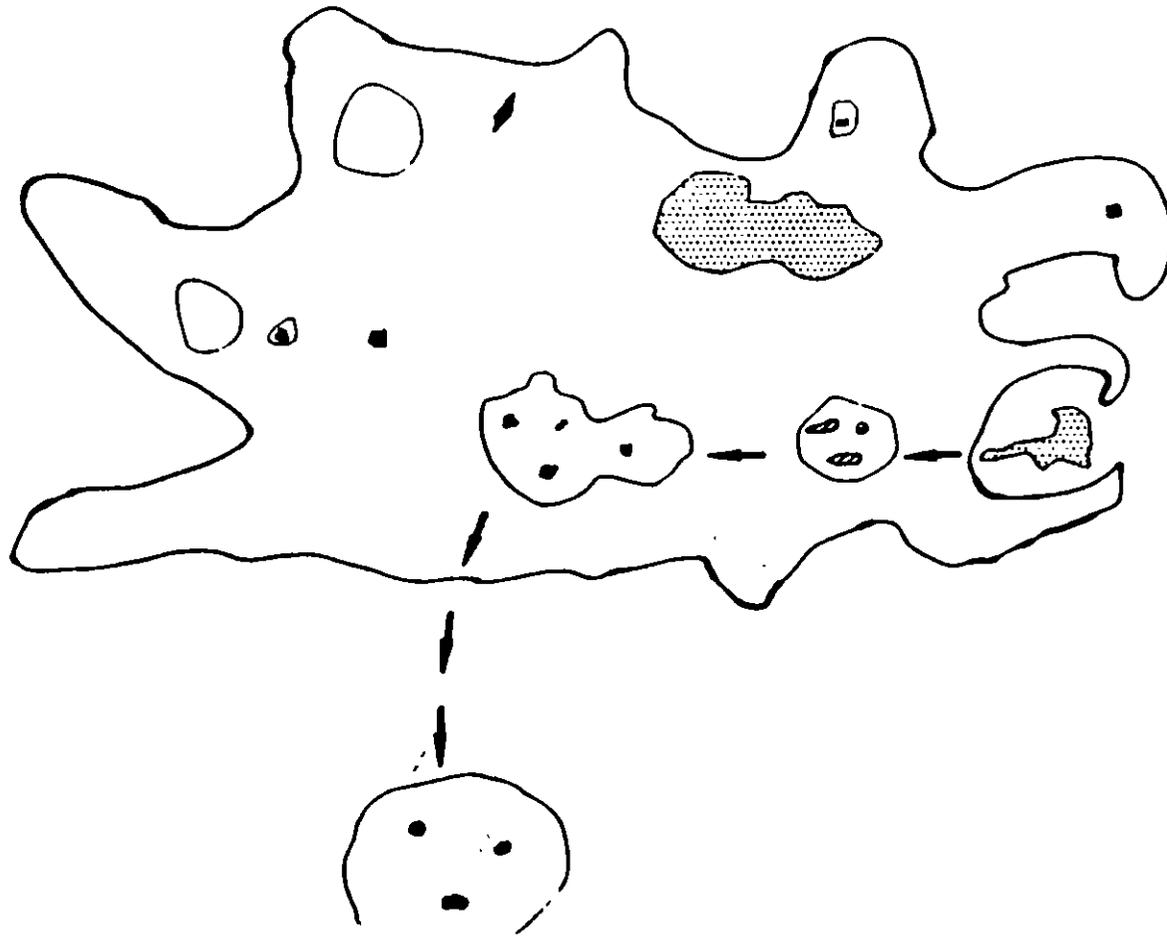


FIGURA 2.7 ALIMENTACION DE PROTOZOARIOS (FAGOCITOSIS)

CONTENIDO	NOTAS
-----------	-------

**- VIRUS**

Los virus no intervienen en los procesos de tratamiento; su importancia es solamente sanitaria.

Los Enterovirus son encontrados comúnmente en los influentes y efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales. Dentro de los virus que causan enfermedades y pueden ser transmitidos por el agua están los siguientes:

El Poliovirus es asociado con la poliomielitis y afecta el sistema nervioso central; es uno de los virus más estables y puede ser capaz de causar enfermedad por relativamente largos periodos en agua y alimento contaminados. La principal forma de transmisión es la ingestión de agua contaminada; las moscas son mecanismos vectores de esta enfermedad. La vacuna contra este virus ha reducido la incidencia de la poliomielitis y el reporte de casos ha disminuido. Las epidemias ocurren solo en sectores de población donde no se ha aplicado la inmunización.

El virus causante del resfriado común, meningitis aséptica y conjuntivitis es el Coxsackie A, mientras que el Coxsackie B provoca diferentes enfermedades, incluyendo algunas del corazón. El principal modo de transmisión es la inhalación e ingestión de fuentes contaminadas.

El adenovirus se asocia con enfermedades del tracto respiratorio y conjuntivitis. Los virus de este tipo que

## MICROORGANISMOS Y FACTORES AMBIENTALES

CONTENIDO	NOTAS
<p>han podido ser aislados de las aguas residuales y lodos, son causantes de fiebre relacionada con enfermedades de la faringe y ojos (conjuntivitis). Los adenovirus entéricos causan diarrea aguda y son asociados a excreciones fecales de infantes con gastroenteritis viral.</p> <p>El causante común de gastroenteritis aguda viral, en todos los grupos de edades, normalmente es el Rotavirus. Las epidemias de estas enfermedades han sido asociadas con fuentes de agua contaminada. En agua cruda y en los efluentes de agua clorada de plantas de tratamiento de lodos activados se han encontrado altas concentraciones de este virus.</p> <p>El agente causal de la hepatitis infecciosa es el virus de Hepatitis A; enfermedad sistémica que afecta al hígado; se transmite en forma oral a través de aguas residuales contaminadas y posee la habilidad de sobrevivir a bajos niveles de cloro residual. Las epidemias han surgido de abastecimientos municipales contaminados. El personal de plantas de tratamiento de aguas residuales tiene una incidencia alta de exposición a este virus debido a su contacto diario con aguas residuales.</p> <p><b>- HONGOS</b></p> <p>Tienen poca importancia en los procesos de tratamiento de aguas residuales por lodos activados, sin embargo son causantes de enfermedades, por lo que su interés es sanitario.</p> <p>La mayor parte de los hongos aislados de las aguas</p>	

CONTENIDO	NOTAS
-----------	-------

residuales son asociados con enfermedades de personas con baja resistencia a las infecciones. Poco menos de 50 especies de todos los hongos conocidos son capaces de causar enfermedades al hombre. La mayor parte de los hongos patógenos afectan solamente la piel, pelo y uñas (superficialmente); algunos pueden infectar cualquier parte del cuerpo (micosis sistémica).

La aspergilosis la causa el *Aspergillus fumigatus*; afecta al oído, conductos nasales, pulmones y piel; la infección puede clínicamente referirse como tuberculosis. El composteo de lodos es la mayor fuente de infección potencial para el personal de aguas residuales.

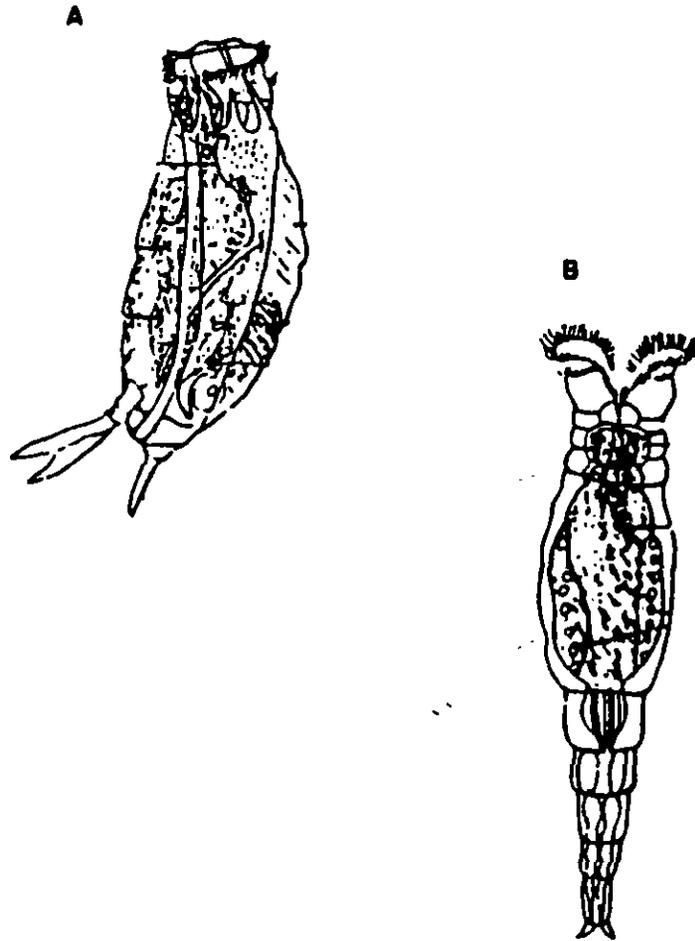
La *Candida albicans*, una levadura, produce infecciones pulmonares, bronquitis, vaginitis, uretritis e infecciones superficiales de la piel y uñas. También involucra las infecciones de membranas mucosas de la boca. La adecuada higiene personal reduce el riesgo de adquirir este patógeno.

### - ROTIFEROS

Realizan importantes funciones benéficas en la estabilización de desechos orgánicos. Estimulan la actividad y descomposición de la microflora, ayudan a la penetración de oxígeno y a la recirculación de nutrientes minerales. Son diferentes a los protozoarios; se encuentran pocas veces en gran número en procesos de tratamiento de agua. Solamente en sistemas de aeración extendida son la forma animal predominante.

## MICROORGANISMOS Y FACTORES AMBIENTALES

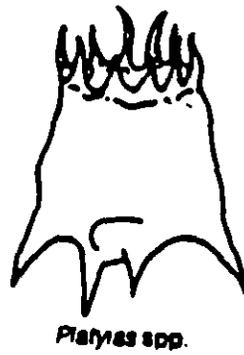
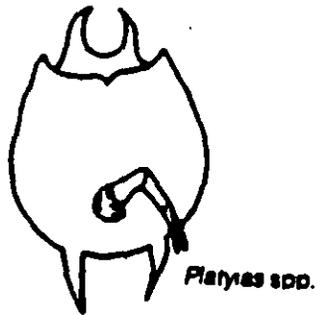
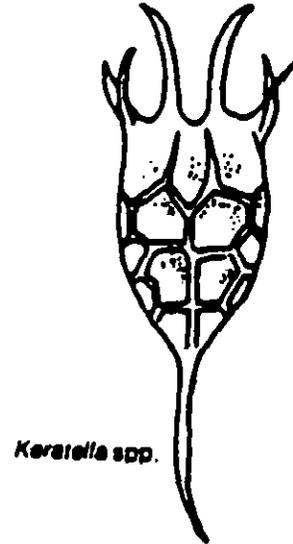
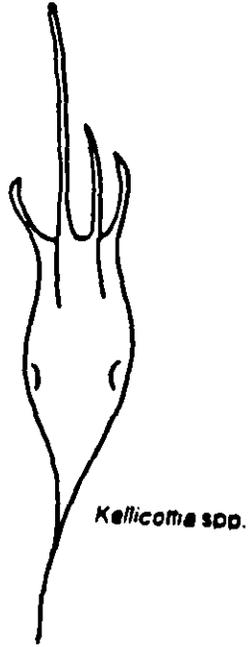
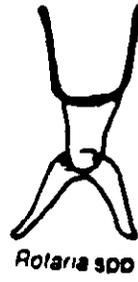
CONTENIDO	NOTAS
<p>Los rotíferos usan mayores cantidades de flocs de lodos activados que los protozoarios y pueden sobrevivir aun después de que las bacterias de nado libre han sido depredadas por los protozoarios.</p>	
<p>Se encuentran en todos los habitats acuáticos y son la forma más simple y más pequeña de los macro invertebrados. Son un pequeño grupo de organismos con cerca de 2000 especies identificadas.</p>	
<p>La vibración de sus cilios semejan ruedas que giran, de ahí su nombre, rotíferos.</p>	
<p>Se dividen en dos clases; los que poseen una gónoda son monogónodos, y los que tienen dos, los digónodos ( Figura 2.8 ); su tamaño varía de 40 a 500 <math>\mu\text{m}</math>; su vida promedio es de 6 a 45 días. La mayor parte de los rotíferos son incoloros aunque cuando ingieren alimento dan la impresión de tener color. Poseen tres distintas regiones del cuerpo: la cabeza, el tronco y los pies.</p>	
<p>Algunos rotíferos se alimentan de bacterias, detritus y protozoarios; otros de fitoplancton o algas. Las variaciones en concentración y características del agua cruda se reflejan en el número y tipo de rotíferos en el proceso de tratamiento de aguas residuales.</p>	
<p>La mayoría de los digónodos nadan por la acción de las corrientes creadas por los cilios; los miembros más antiguos se desplazan lentamente, esto es observado frecuentemente en sistemas de lodos activados. En este</p>	



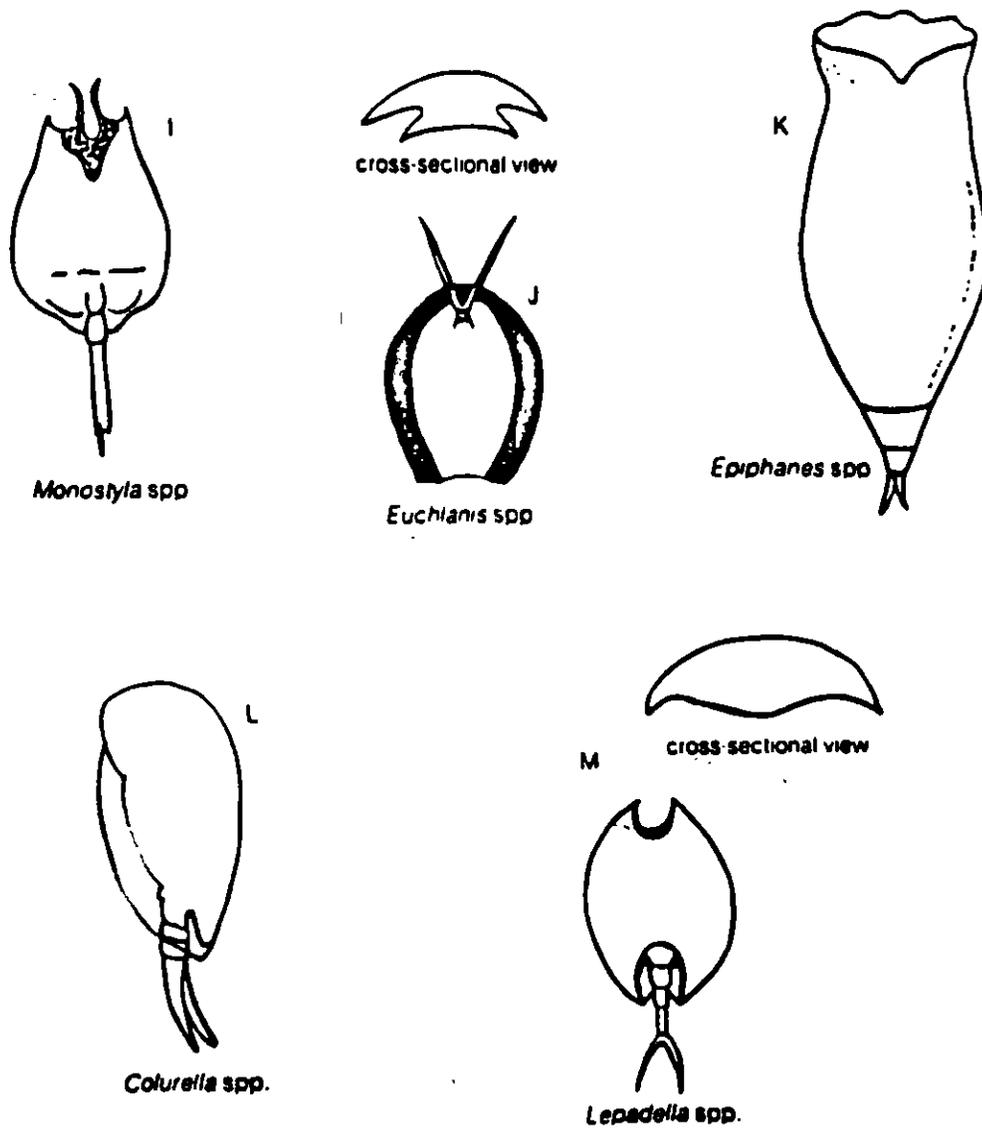
**FIGURA 2.8 ROTIFEROS TIPICOS  
MONOGONADA (A) Y DIGONADA (B)**

## MICROORGANISMOS Y FACTORES AMBIENTALES

CONTENIDO	NOTAS
<p>proceso, consumen grandes cantidades de bacterias, ayudando a esta población a mantenerse saludable y activa. Además, ayudan a disminuir la turbidez del efluente al alimentarse de bacterias que no forman flocs.</p> <p>Los rotíferos ayudan a la formación de flocs, mediante su forma de alimentarse, pues dejan huecos por donde puede existir mejor transferencia de oxígeno; además en procesos aerobios, el gran consumo de bacterias y sólidos ayuda a disminuir la DBO. También viven en las paredes de los tanques de aeración, evitando el excesivo crecimiento de la película biológica que se forma en las paredes.</p> <p>Una planta de lodos activados bien operada normalmente tiene predominio de uno de los tipos de rotíferos. Cada modificación al proceso también tendrá su propio grupo de rotíferos, así el operador posee un medio rápido de saber si la operación es correcta; esto se logra mediante la práctica en la observación microscópica.</p> <p>Los rotíferos son estrictamente aerobios y se encuentran normalmente en ambientes con poca contaminación y con al menos 2 mg/l de oxígeno; algunos rotíferos como el género <i>Brachionus</i> puede encontrarse solamente en ambientes de agua limpia; otros toleran ambientes semi/limpios y pocos toleran alta contaminación. Las figuras 2.9 y 2.10 muestran algunos rotíferos.</p>	



**FIGURA 2.9 ROTIFEROS COMUNES EN TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**



**FIGURA 2.10 ROTIFEROS COMUNES EN TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

CONTENIDO	NOTAS
-----------	-------

**- NEMATODOS**

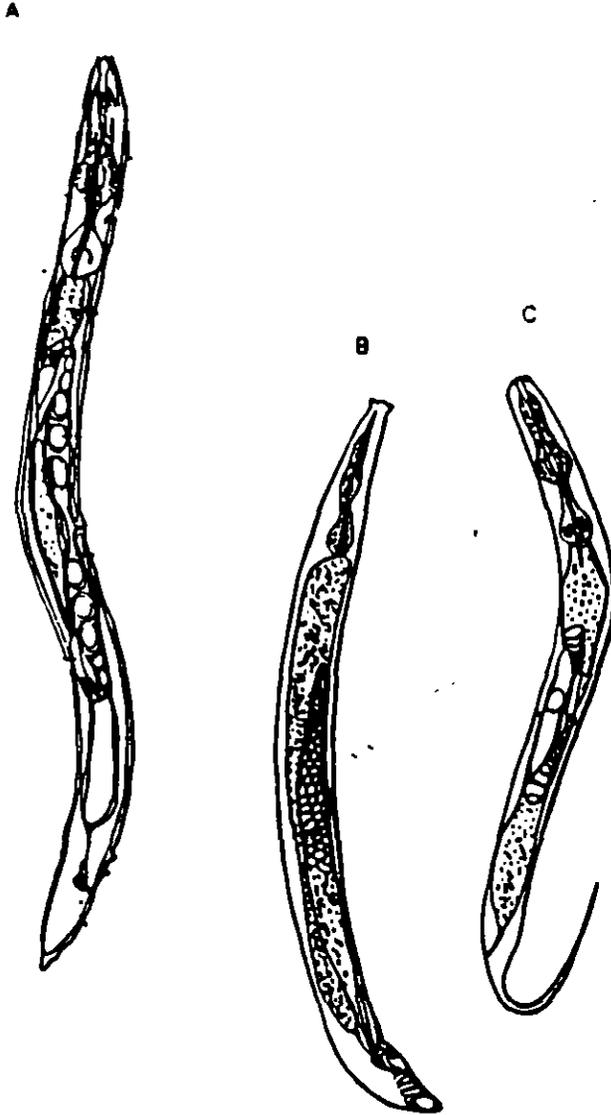
Los nemátodos de vida libre son macroinvertebrados terrestres (animales sin columna vertebral ni huesos), son capaces de vivir en habitats de agua limpia. Debido a que los suelos están infestados con nemátodos, estos macroinvertebrados pueden introducirse fácilmente a las plantas de tratamiento de aguas residuales y estar presentes en procesos aerobios en gran número y con alta diversidad.

Incluyen una gran variedad de gusanos; son microscópicos y su tamaño varía de 0.5 a 3.00 mm de longitud, por 0.02 a 0.05 mm de ancho. La mayoría de las especies son similares en apariencia.

Los nemátodos son gusanos no segmentados, aunque aparentemente poseen segmentos debido al espesor de la cutícula de la epidermis. Tienen cuerpo cilíndrico que se adelgaza en los extremos; la boca y labios se localizan en el extremo anterior y poseen esófago y tracto digestivo, así como sistemas muscular, nervioso y reproductivo.

La presencia de nemátodos en aguas o aguas residuales se origina en las corrientes superficiales que llegan a los cuerpos de agua y alcantarillados. Viven en ambientes aerobios donde existe abundancia de alimento. Su dieta se integra de algas, plantas acuáticas, bacterias, materia orgánica en descomposición, protozoarios, rotíferos y otros nemátodos. La boca es especializada, es capaz de morder, triturar, rasgar y despedazar las partículas de

CONTENIDO	NOTAS
<p>alimento.</p> <p>Los nemátodos encontrados en plantas de tratamiento de aguas residuales se clasifican en dos grandes familias: Diplogasteroidea y Rhabditoidea; las diferencias físicas que se pueden observar en la figura 2.10-A son básicamente la forma de la boca, esófago y labios, así como los extremos (grueso o delgado).</p> <p>La identificación de nemátodos se basa en reconocer sus características anatómicas, como la forma de la boca, labios, cutícula y extremos; la identificación se hace por medio de comparaciones con ilustraciones en libros especializados.</p> <p>Los efluentes de las plantas muestran una gran cantidad de nemátodos, particularmente los de proceso de lodos activados debido a su movilidad y resistencia a la cloración; generalmente el número de nemátodos encontrado en lodos activados es mucho menor comparado con el de filtros rociadores.</p> <p>Los nemátodos encontrados en lodos activados, generalmente están adheridos al floc; su número es pequeño, el ambiente turbulento del proceso de lodos activados no da facilidades para la reproducción sexual; también el ciclo de vida de la mayoría de los nemátodos de vida libre es mayor que la edad de lodos de casi todos los procesos de lodos activados; esto impide en muchos casos que las hembras desoven para que los huevecillos puedan ser recirculados.</p>	



**FIGURA 2.10A ESTRUCTURA DE NEMATODOS (A) Y DIFERENCIA ENTRE LAS DOS FAMILIAS PRINCIPALES DE NEMATODOS (B Y C)**

CONTENIDO	NOTAS
-----------	-------

Los factores que afectan la población de nemátodos incluyen: concentración de oxígeno disuelto, temperatura, concentración de DBO, hongos, etc.

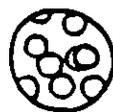
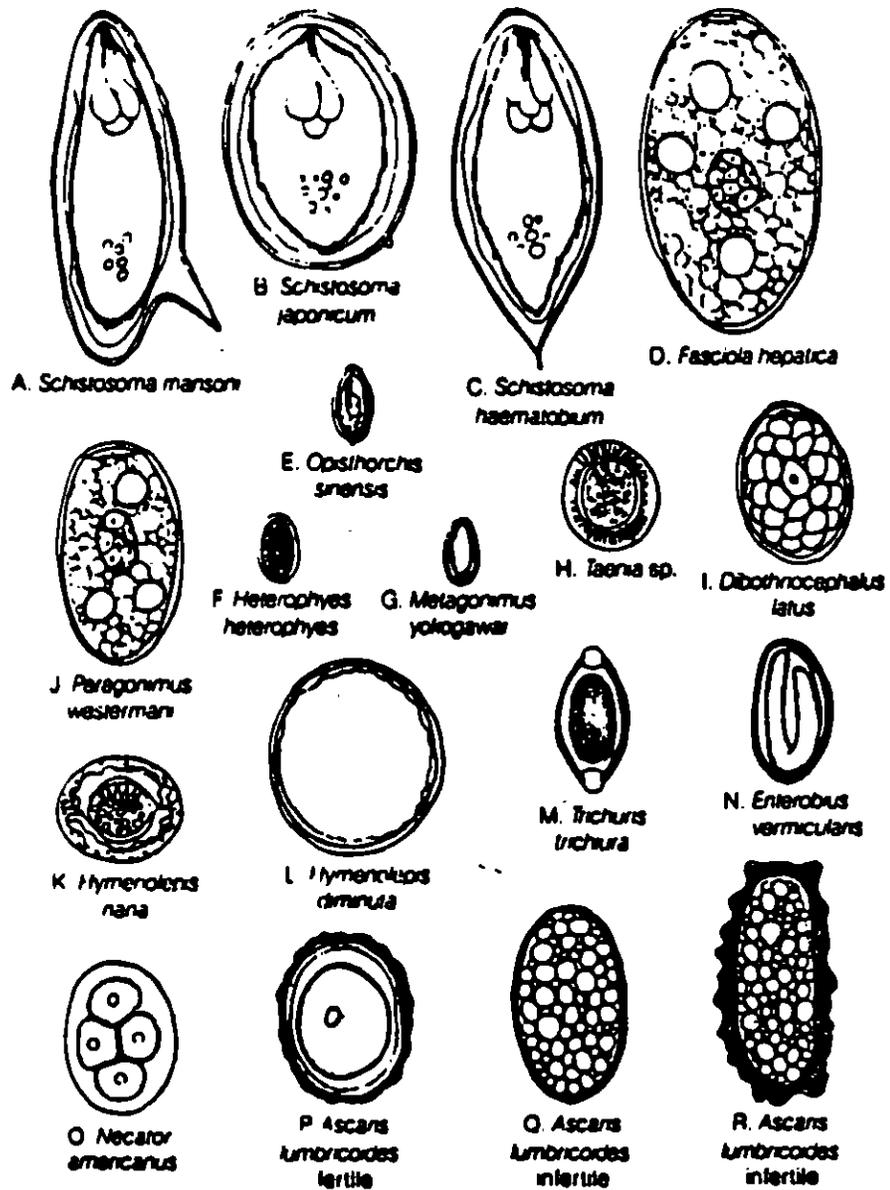
La figura 2.11 muestra la similitud de huevos de helmintos.

## 2.2 DINAMICA DE LA POBLACION

El contenido de un reactor de lodos activados se integra de una masa o flocs aerados, rodeada del agua residual influente o licor mezclado. Los flocs de lodos activados están formados por microorganismos, materia coloidal orgánica e inorgánica, y partículas mayores, que se mantienen juntas en una masa orgánica compleja.

Un gran número de protozoarios se fija al floc con sus tallos; los ciliados libres y flagelados se encuentran en el licor mezclado o en la masa orgánica. Algunos hongos son observados ocasionalmente y son de poca importancia en el proceso de tratamiento. Los bacteriófagos se identifican en grandes cantidades (tan altas como  $2 \times 10^4$  ml<sup>-1</sup>) y comúnmente su único papel es la remoción de bacterias, incluyendo un gran número de especies patógenas.

La población microbiana en un reactor de lodos activados es altamente especializada con baja diversidad de especies, de los cuales las bacterias dominantes son bacilos Gram-negativo. Todas ellas son organismos



RED BLOOD CELLS  
AT SAME MAGNIFICATION AS OVA  
FOR SIZE COMPARISON

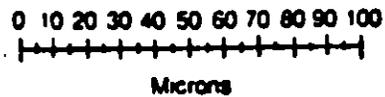
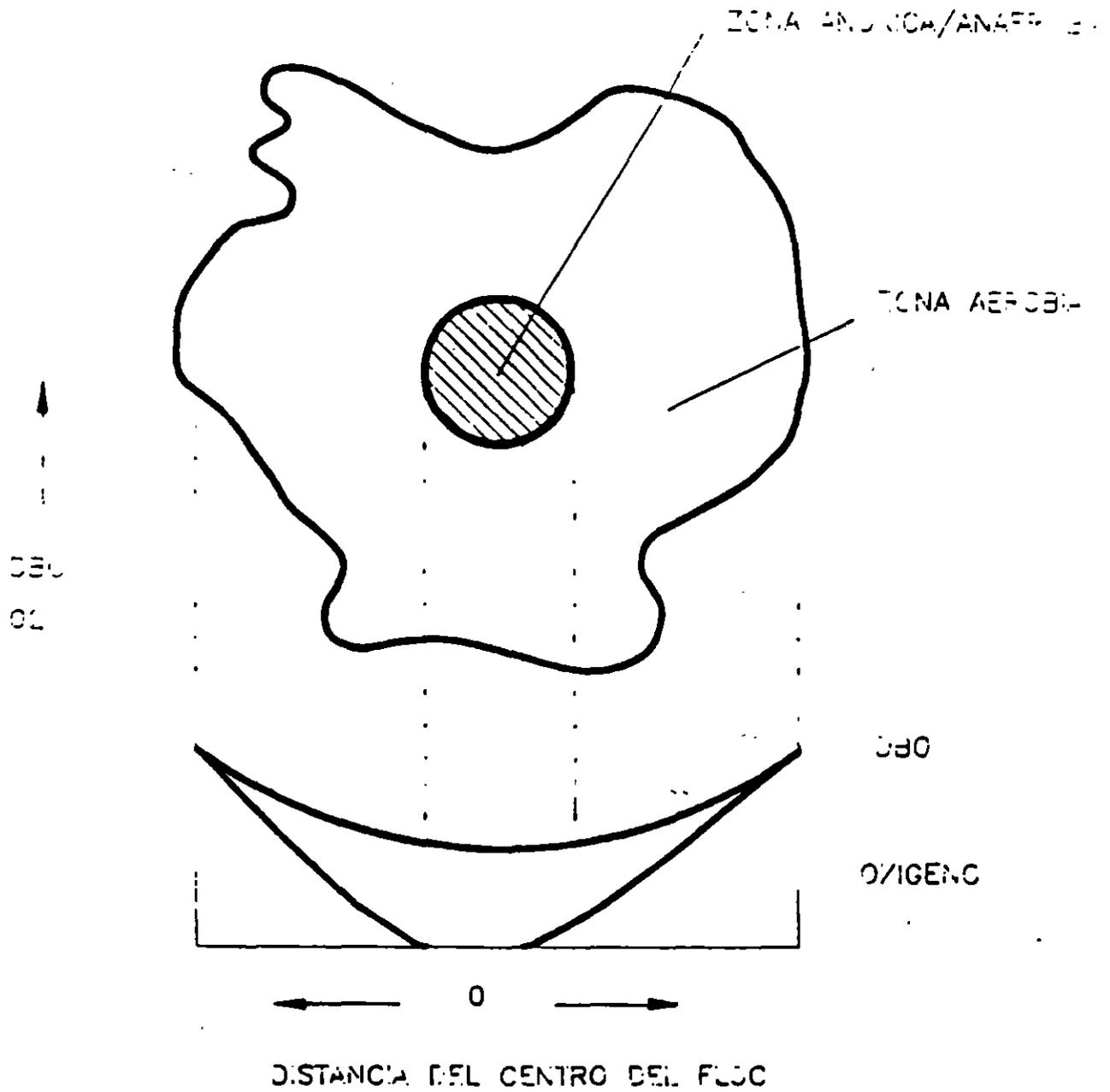


FIGURA 2.11 HUEVECILLOS DE HELMINTIOS

CONTENIDO	NOTAS
<p>heterótrofos con la excepción de las bacterias autótrofas del nitrógeno.</p>	
<p>Los organismos heterótrofos son aquellos que requieren para su crecimiento un aporte continuo de compuestos orgánicos para la mayoría de las reacciones biosintéticas. Por otro lado, los autótrofos son capaces de obtener el carbono que requieren para las reacciones biosintéticas a partir de dióxido de carbono.</p>	
<p>El objetivo principal de una planta de lodos activados de operación convencional es la remoción de DBO; esto lo realizan casi exclusivamente las bacterias heterótrofas; sin embargo, muchos protozoarios son capaces de alimentarse saprófitamente. Las comunidades de población protozoaria reducida muestran remoción baja de DBO. Tabla 2.1</p>	
<p>Las bacterias heterótrofas y los protozoarios saprófitos forman el nivel trófico inferior de la cadena alimenticia, y son fuente de alimento de otros protozoarios y rotíferos. El papel más importante de los protozoarios es que actúan como agente limpiador al alimentarse de bacterias de nado libre. Esta acción da como resultado un efluente con baja DBO y sólidos suspendidos; también ayudan a remover patógenos.</p>	
<p>Como el diámetro del floc biológico varía de 50 a 500 <math>\mu\text{m}</math>, existe un gradiente de concentración de DBO y de oxígeno del exterior del floc donde serán mayores, al interior del floc, donde tal vez no exista DBO residual ni oxígeno (figura 2.12) . Consecuentemente a medida</p>	

**Tabla 2.1 EFICIENCIAS DE TRATAMIENTO CON O SIN CILIADOS (PROTOZOARIOS)**

<b>PARAMETRO ANALIZADO</b>	<b>SIN CILIADOS</b>	<b>CON CILIADOS</b>
<b>DBO<sub>5</sub> mg/l</b>	<b>53 - 70</b>	<b>7 - 24</b>
<b>DQO mg/l</b>	<b>198 - 250</b>	<b>124 - 142</b>
<b>NITROGENO ORGANICO mg/l</b>	<b>14 - 21</b>	<b>7 - 10</b>
<b>SS mg/l</b>	<b>86 - 118</b>	<b>26 - 34</b>
<b>CUENTA DE BACTERIAS VIABLES 10<sup>6</sup>/ml</b>	<b>106 - 160</b>	<b>1 - 9</b>



**FIGURA 2.12 GRADIENTE DE OXIGENO EN FLOCS DE LODOS ACTIVADOS**

CONTENIDO	NOTAS
<p>que las bacterias se acercan al centro del floc, son depredadas como fuente de nutrientes.</p> <p>Además de su papel para remover la DBO, los flocs juegan otro importante papel al promover la sedimentación en los tanques de sedimentación secundaria. Bajo las condiciones de tranquilidad del sedimentador, se forman grandes y compactos flóculos que sedimentan rápidamente y permiten alta concentración de sólidos en el fondo. Es importante purgar el sistema para reducir el manto de lodos en el sedimentador y permitir la recirculación con alta concentración.</p> <p>El por qué flocculan los microorganismos y el mecanismo exacto de este fenómeno es desconocido; muchos modelos de diferente complejidad han sido propuestos; uno de los más atractivos es el modelo del esqueleto de filamentos, el cual supone que en el reactor, las bacterias filamentosas forman una red o esqueleto al que se fijan las bacterias que forman flocs. Los protozoarios se fijan y colonizan el floc; existen evidencias que también ellos excretan una mucosa pegajosa que ayuda a formar un floc más fuerte( figura 2.13).</p> <p>La operación de plantas de lodos activados involucra la recirculación del lodo sedimentado; los microorganismos que sedimentan rápido y bien en el sedimentador, son regresados al aerador, permitiendo el rompimiento relativo del floc. Los que no sedimentan bien, son devorados por los protozoarios o descargados</p>	

## MICROORGANISMOS Y FACTORES AMBIENTALES

CONTENIDO	NOTAS
<p>en el efluente de la planta. Esto significa que existe una presión selectiva para las bacterias floculantes; las bacterias de nado libre requieren tasas de crecimiento muy altas para que su población permanezca estable.</p> <p>La figura 2.14 muestra la Diversidad de especies en un proceso de lodos activados y su relación con el funcionamiento del sistema.</p>	

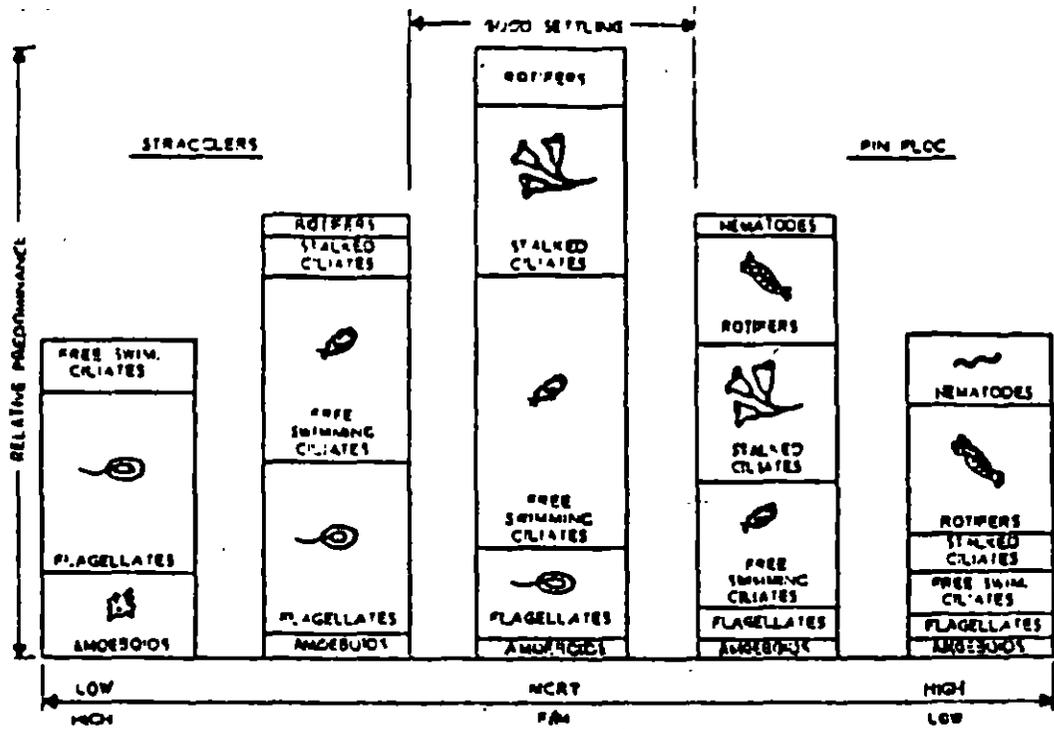


FIGURA 2.14 DIVERSIDAD DE ESPECIES Y PARAMETROS EN LODOS ACTIVADOS

CONTENIDO	NOTAS
-----------	-------

### 2.3 USO DEL MICROSCOPIO

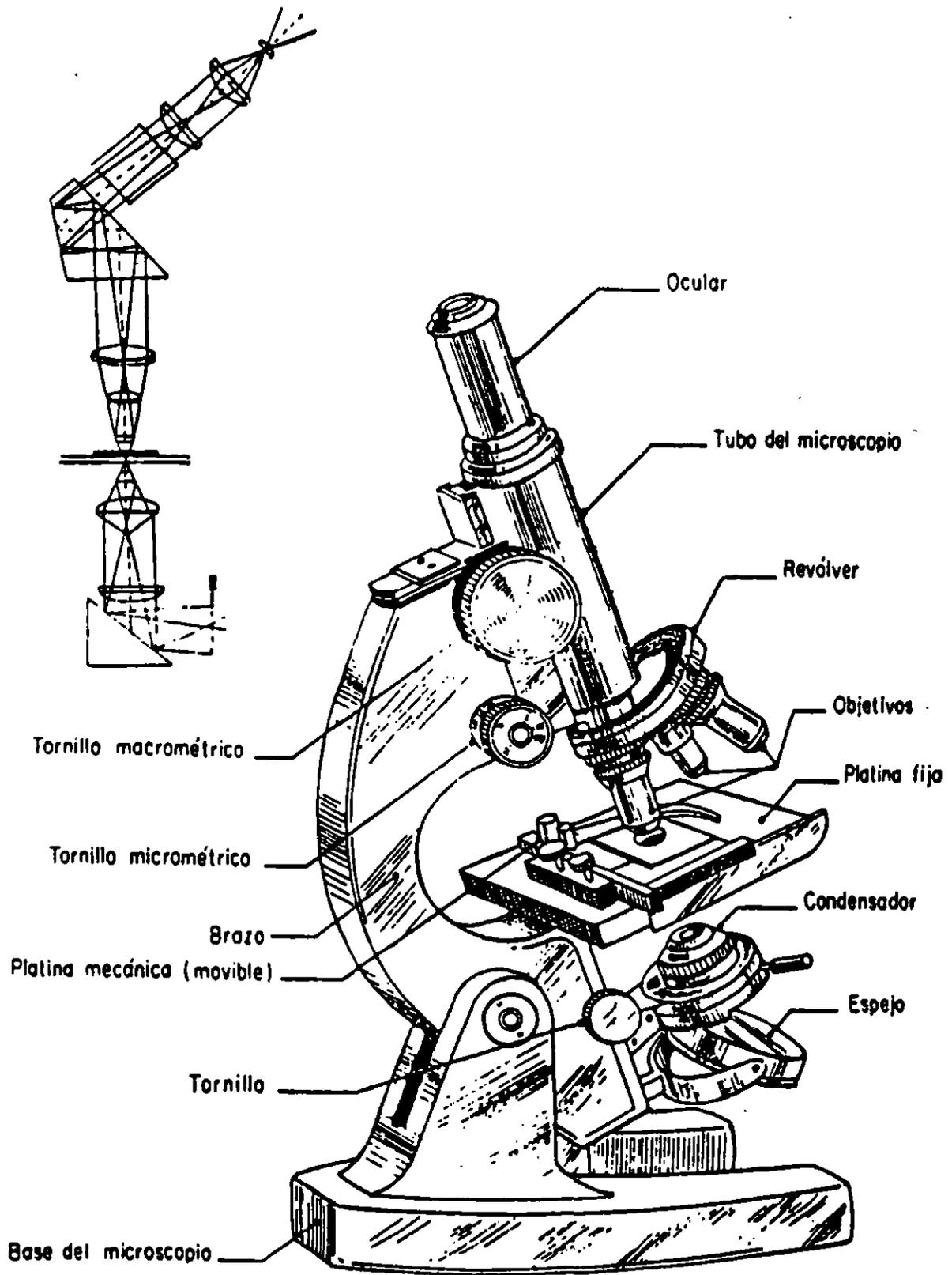
El microscopio se usa rutinariamente para identificar y enumerar diferentes tipos de microorganismos presentes en las aguas residuales. Generalmente se emplean dos tipos de microscopios: el de alta capacidad de ampliación, compuesto de un sistema simple de lentes y el estereoscópico binocular con un sistema de lentes doble para alcanzar una imagen con capacidad de ampliación bastante menor (figuras 2.16 y 2.17).

El término microscopio compuesto, se aplica a microscopios con alta capacidad de ampliación cuyos valores son de 40x a 1000x. Tradicionalmente tienen un lente ocular llamado monocular. Actualmente se fabrican microscopios binoculares, o sea de dos lentes oculares, que ayudan a mejorar la visión, pero no son estereoscópicos.

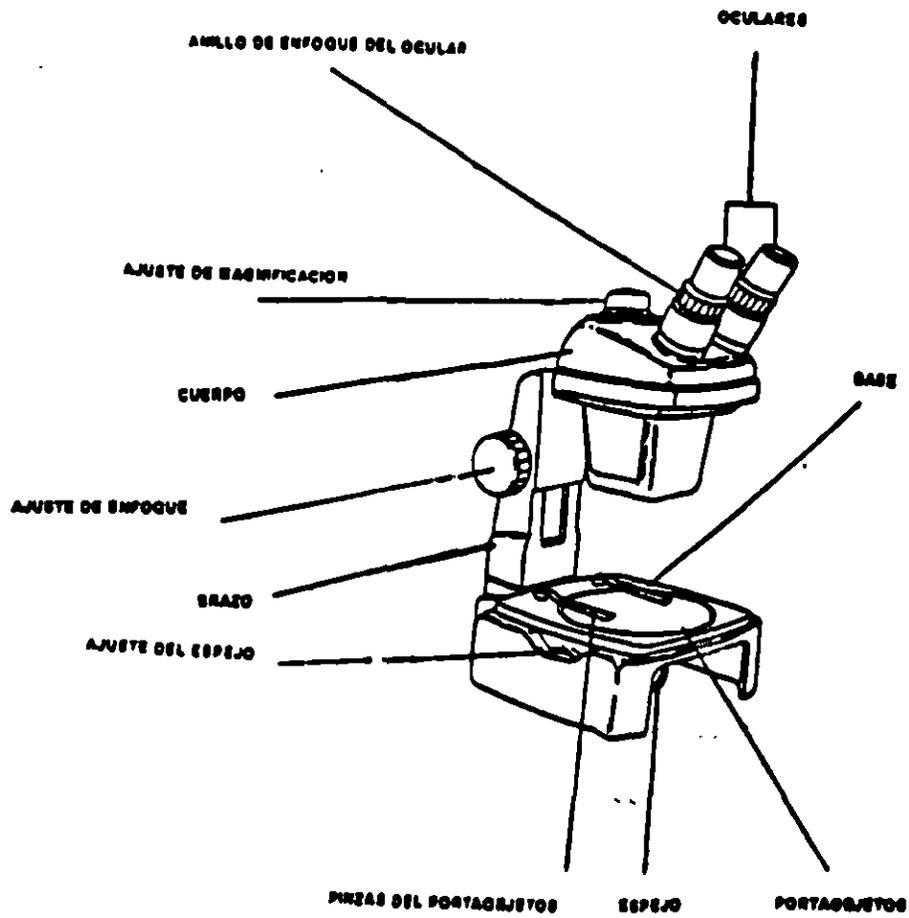
El estereoscopio binocular da una baja capacidad de ampliación, de 8x a 40x. Debido a que se componen de dos sistemas de lentes, permiten que el usuario realmente tenga visión estereoscópica.

#### MICROSCOPIO COMPUESTO

Todos los microscopios compuestos funcionan con un sistema de lentes que consiste en un lente objetivo reproductor de imagen, usualmente ampliada del objeto observado y un lente ocular que amplifica la imagen.



**FIGURA 2.16 TIPOS DE MICROSCOPIOS**



**FIGURA 2.17 TIPOS DE MICROSCOPIO**

CONTENIDO	NOTAS
-----------	-------

Los lentes objetivo y ocular se sitúan en los extremos opuestos del cuerpo del microscopio. La ampliación total del sistema es el producto de la capacidad del lente ocular (generalmente 10x) y la capacidad del lente objetivo (que puede variar).

El número de lentes objetivos de un microscopio va desde uno hasta cuatro, colocados en un sistema giratorio que permite cambiarlos según las necesidades. Una combinación típica de ampliación con cuatro lentes objetivos incluye 4x, 10x, 40x y 100x. Los valores están anotados a un costado del propio lente. La tabla 2.2 muestra los tamaños de microorganismos y los lentes recomendados para su observación.

Las imágenes son enfocadas moviendo el sistema de lentes (el cuerpo del microscopio) con respecto a la muestra, aunque en algunos sistemas lo que se mueve es la platina, y los lentes son fijos. Después de hacer un enfoque rápido, se tiene una perilla de ajuste fino que mueve lentamente el sistema. Las figuras 2.18, 2.19, 2.20 y 2.21 son microorganismos observados al microscopio.

### **PROCEDIMIENTOS PARA EL USO DEL MICROSCOPIO**

Estos procedimientos son generales para microscopios compuestos; para un microscopio en particular habrá que consultar los manuales correspondientes.

1. Limpie el ocular, los objetivos y el espejo;

**TABLA 2.2 TAMAÑOS DE MICROORGANISMOS Y LENTES RECOMENDADOS PARA SU OBSERVACION.**

MEDIDAS	ORGANISMOS	GRUPOS TAXONOMICOS Y ELEMENTOS CONSTITUTIVOS	LENTES	MICROSCOPIOS
500	ROTIFERO	ROTIFEROS	10-20x	↑
400	NEMATODO	NEMATODOS	10-20x	
300	STYLONCHIA SP	PROTOZOARIOS	40x	MICROSCOPIO DE LUZ
200	TRACHELOCERCA SP			
170	TOKOPHYA SP			
160	EPISTYLIS SP			
150	EUPLOTES SP			
75	VOLVOX SP		40x	
65	OPERCULARIA SP		40x	
50	PANDORINA SP		40x	
40	ASPIDISCA SP		40x	
20	OIKOMONAS SP		40-100x	
10		CELULAS HEMATICAS	40-100x	↑
1	BACTERIAS	BACTERIAS	40-100x	
100		VIRUS		UV
o		MACROMOLECULAS		
1 nm		MOLECULAS		
1 Å		ATOMOS		↓



*Brachionus*, 100 x



*Philodina*, 100 x, YR



Free-living nematode



Fertilized nematode



Nematode egg

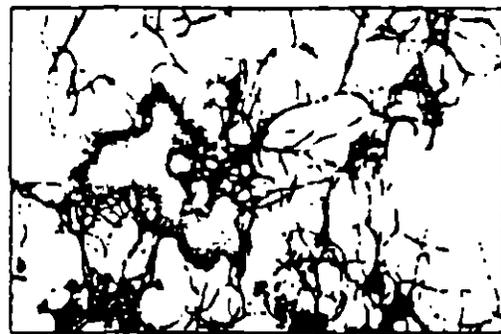


*Microthrix parvicella*, 1000 x

**FIGURA 2.18 MICROORGANISMOS VISTOS AL MICROSCOPIO (1)**



Type 021N, 1000 x



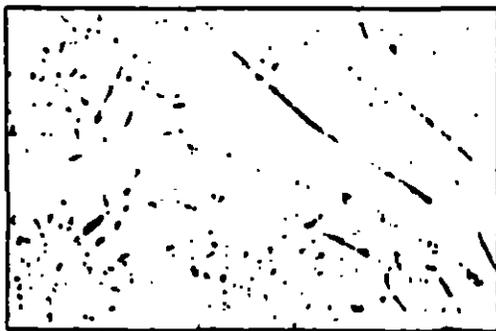
*Nocardia* sp., 1000 x



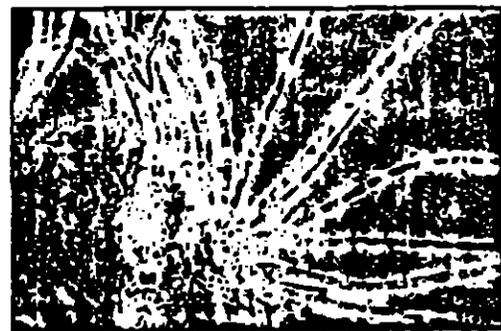
Type 0914, 1000 x



*Sphaerotilus natans*, 1000 x



Thiothrix I, 1000 x



Thiothrix II, 1000 x

**FIGURA 2.19 MICROORGANISMOS VISTOS AL MICROSCOPIO (2)**



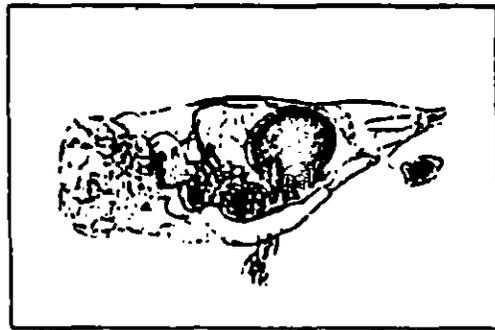
*Microthrix parvicella*, 1000 x



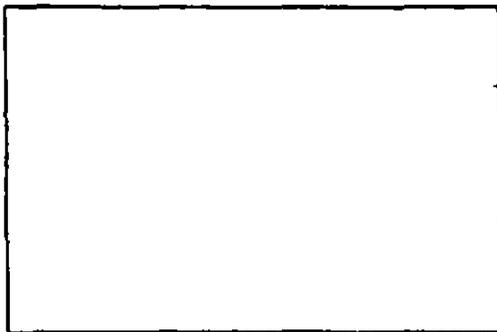
*Beggiatoa* sp., 1000 x



Fungi, 200 x



Rotifer taken with tungsten film



Wet mount filament



Stained (Gram negative) filament

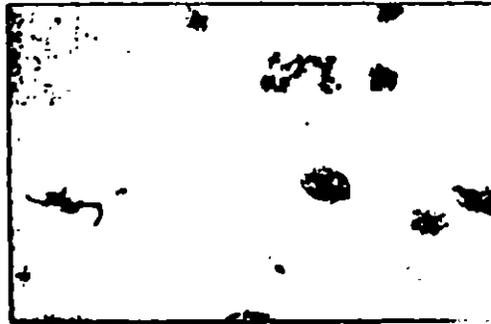
**FIGURA 2.20 MICROORGANISMOS VISTOS AL MICROSCOPIO (3)**



Too blue color, wet mount



Yellow filter, wet mount



*Euplates* (100 ×) with methylene blue added

**FIGURA 2.21 MICROORGANISMOS VISTOS AL MICROSCOPIO (4)**

## MICROORGANISMOS Y FACTORES AMBIENTALES

CONTENIDO	NOTAS
<p>use papel o trapo adecuado; otros materiales de limpieza pueden dañar los lentes o dejar fibras que obstruyan la visión.</p>	
<p>2. Gire el sistema para seleccionar el objetivo de menor capacidad (4x o 10x) y dejarlo en posición de uso; coloque el portaobjetos.</p>	
<p>3. Si el microscopio tiene condensador, súbalo lo más posible.</p>	
<p>4. Abra el diafragma totalmente y encienda la lámpara del microscopio. Si el microscopio tiene espejo y lámpara auxiliar, ajuste la lámpara y el espejo usando el lado plano hasta que se obtenga la iluminación deseada.</p>	
<p>5. Ajuste el diafragma de disco o de iris al mayor tamaño.</p>	
<p>6. Utilice la perilla de ajuste grueso para enfocar el objeto, bajando lo más cerca posible el lente al portaobjetos; observe por el ocular, y enfoque alejando el lente; una vez que aparece el espécimen utilice la perilla de ajuste fino.</p>	
<p>7. Para una mejor imagen, ajuste la iluminación con la lámpara y el espejo, o con el sistema integrado de iluminación.</p>	

## MICROORGANISMOS Y FACTORES AMBIENTALES

CONTENIDO	NOTAS
8. Algunas veces los objetos aparecen invertidos; mueva el portaobjetos de derecha a izquierda; estas inversiones son causadas por la óptica del microscopio.	
9. Para observar mayores detalles cambie a un objetivo de mayor capacidad de ampliación, pero siempre utilice el de menor capacidad primero. Después de encontrar y enfocar los objetos de interés, cambie al objetivo de mayor capacidad.	
10. Para cambiar de objetivo, gire el disco de objetivo para seleccionar el que se desea, colocándolo en posición de uso; esto se hace sin observar por el ocular. No es necesario ajustar la distancia entre el nuevo lente y el portaobjetos, ya que la mayoría de los microscopios tienen lentes parafocales, así la imagen enfocada con el objetivo de baja capacidad permanece enfocada al cambiar de lente, requiriendo solo un ajuste fino.	
11. Incremente la intensidad de la luz cuando cambie a objetivos de mayor capacidad.	

### RECOMENDACIONES PARA SU MANEJO

Algunos laboratoristas utilizan el microscopio durante largo tiempo; se recomienda colocar ambos ojos abiertos en el ocular (aún cuando se tenga un

## MICROORGANISMOS Y FACTORES AMBIENTALES

CONTENIDO	NOTAS
<p>microscopio monocular), abiertos y fijos mientras se observe el espécimen. Para un adecuado uso del microscopio se deben seguir las siguientes recomendaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>A. Limpie los lentes del microscopio antes de usarlo.</li><li>B. Coloque la muestra evitando que toque los lentes objetivos. Enfoque siempre de abajo hacia arriba para evitar el contacto.</li><li>C. Siempre vea el microscopio (no el ocular) cuando cambie de objetivo. Si no existe suficiente espacio, no fuerce el objetivo; suba el brazo (o baje la platina); entonces coloque el objetivo en su lugar; con esto evitará el daño al microscopio.</li><li>D. Desarrolle el hábito de variar los niveles de iluminación para encontrar el nivel necesario en cada caso. Esto es importante para una mejor definición de los especímenes.</li><li>E. Asegúrese de mantener la platina y los portaobjetos siempre secos y limpios. Cuando termine, regrese el objetivo de menor capacidad a posición de uso, baje el brazo totalmente y guárdelo en su estuche para colocarlo en su lugar.</li><li>F. Cuando mueva el microscopio (antes de meterlo en su estuche), sosténgalo siempre en posición vertical; use siempre ambas manos, una sosteniendo la base y otra el cuerpo del microscopio.</li></ul>	



FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

CURSOS ABIERTOS

OPERACION Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS  
DE TRATAMIENTO DE LODOS ACTIVADOS

CONCEPTOS BASICOS Y VARIANTES  
AL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

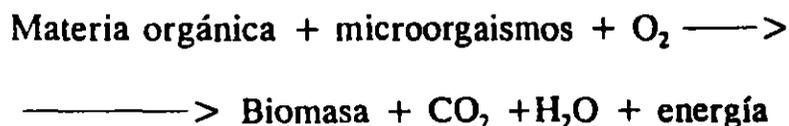
## CONCEPTOS BASICOS Y VARIANTES AL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

CONTENIDO	NOTAS
-----------	-------

### 3. CONCEPTOS BASICOS Y VARIANTES AL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

#### 3.1 DESCRIPCION DEL PROCESO

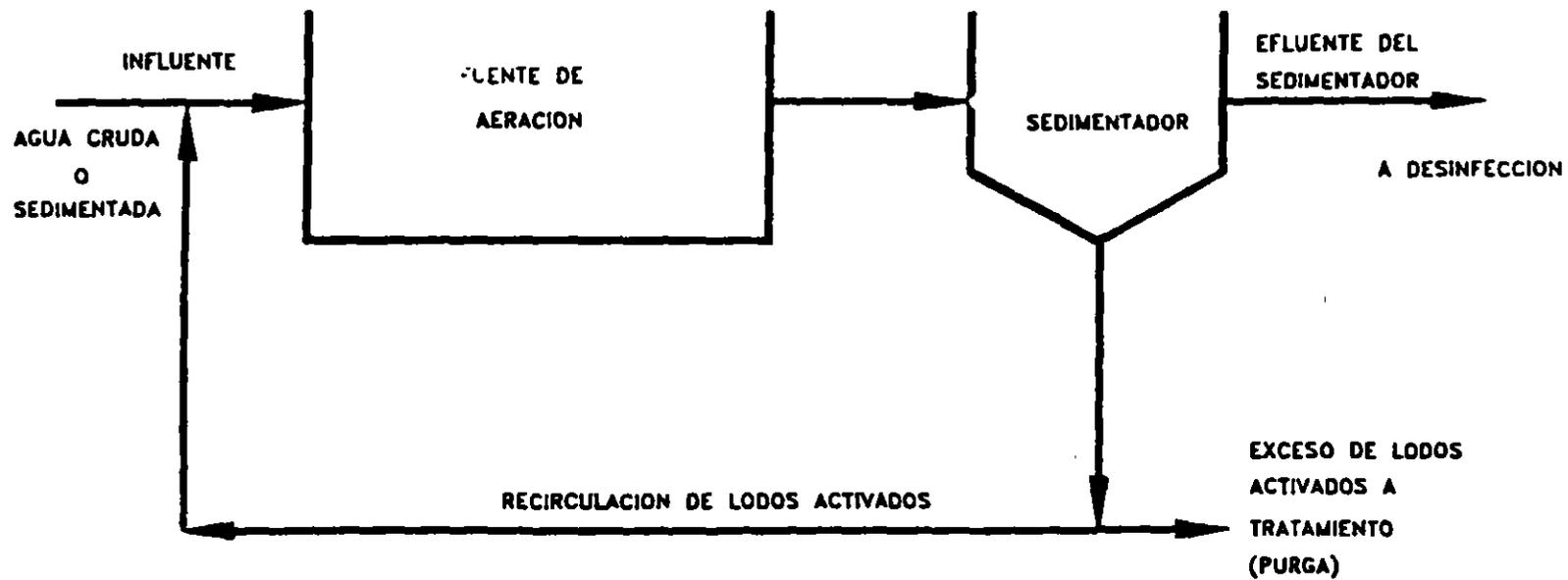
Este sistema de tratamiento biológico se desarrolla en un ambiente rico en oxígeno (aerobio), con microorganismos vivos y materia orgánica. Es similar al proceso biológico natural que se observa en las capas superiores del suelo que contiene gran variedad de microorganismos; la diferencia consiste en que el proceso de lodos activados es un proceso controlado que mantiene a los microorganismos en un ambiente líquido. El mecanismo básico del sistema se representa de una manera simplista con la siguiente reacción biológica:



Los primeros microorganismos digieren una parte de la materia orgánica absorbiéndola a través de su pared celular, produciendo ciertos productos de desecho, los que se utilizan como alimento por otros microorganismos. Este proceso de degradación acumulativa continúa hasta que la materia orgánica compleja original ha sido degradada y asimilada por la población biológica.

## CONCEPTOS BASICOS Y VARIANTES AL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

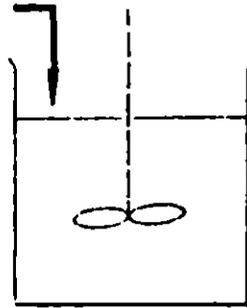
CONTENIDO	NOTAS
<p><b>COMPONENTES DEL SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS</b></p> <p>El proceso básico de lodos activados (figura 3.1) se integra de varios componentes que se interrelacionan entre sí:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Tanque de aeración (uno o varios) diseñado para un mezclado completo o trabajar como flujo pistón.</li><li>2. Fuente de aeración que permita transferir el oxígeno y proporcione la mezcla que requiere el sistema. La fuente puede ser un soplador con difusores, aeración mecánica o a través de la inyección de oxígeno puro.</li><li>3. Sedimentador (uno o varios) para separar los sólidos biológicos (lodos activados) del agua tratada.</li><li>4. Un mecanismo para recolectar los sólidos biológicos del sedimentador y recircular la mayor parte de ellos al reactor biológico o tanque de aeración, en lo que se conoce como recirculación de lodos activados.</li><li>5. Un mecanismo para desechar el exceso de sólidos biológicos del sistema, lo que se conoce como purga de lodos.</li></ol> <p>En una planta municipal típica, un proceso de lodos activados bien diseñado y operado puede alcanzar efluentes con 20 mg/l de DBO<sub>5</sub> y 20 mg/l de sólidos</p>	



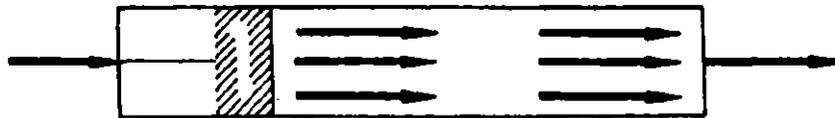
**FIGURA 3.1 PROCESO BASICO DE LODOS ACTIVADOS**

## CONCEPTOS BASICOS Y VARIANTES AL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

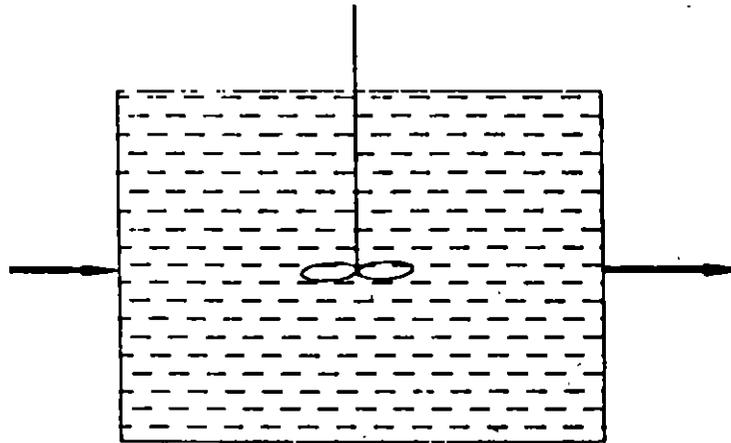
CONTENIDO	NOTAS
<p>suspendidos. El proceso tiene capacidad para mayores eficiencias hasta de 10 mg/l de DBO y 15 mg/l de SS. Para alcanzar valores menores a estos últimos, se requiere tratamiento avanzado.</p>	
<p><b>3.2 VARIANTES AL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS</b></p>	
<p><b>Existen numerosas modificaciones al proceso de lodos activados.</b></p>	
<p>Hay varias maneras de tratar el agua residual biológicamente; el proceso de lodos activados es uno de los más comunes y eficientes. Existen también algunas modificaciones al proceso convencional de lodos activados que son usadas a menudo al diseñar estos sistemas. Las modificaciones se describirán de manera sencilla; los principios de operación del curso-taller se aplican generalmente a todas las variaciones del proceso de lodos activados. La figura 3.2 muestra los diversos tipos de reactores. (batch, flujo pistón, completamente mezclado y flujo disperso).</p>	
<p><b>FLUJO PISTON</b></p>	
<p><b>Las aguas residuales pasan a través del tanque de aeración como un flujo pistón.</b></p>	
<p>En el modelo de flujo pistón, el agua residual es</p>	



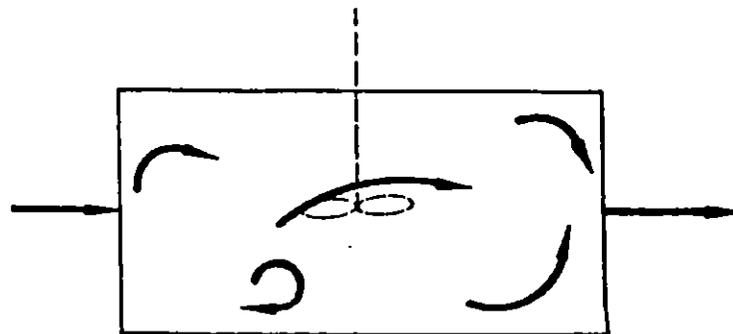
(a) BATCH



(b) FLUJO PISTON

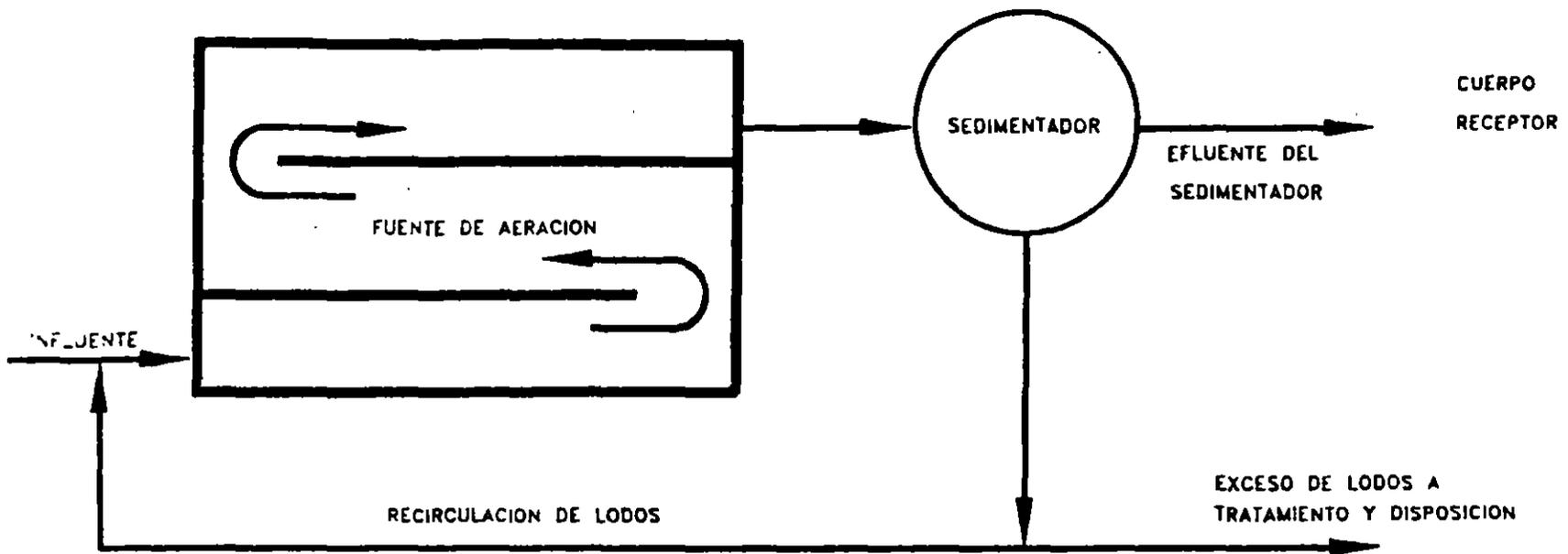


(c) COMPLETAMENTE MEZCLADO



(d) FLUJO DISPERSO

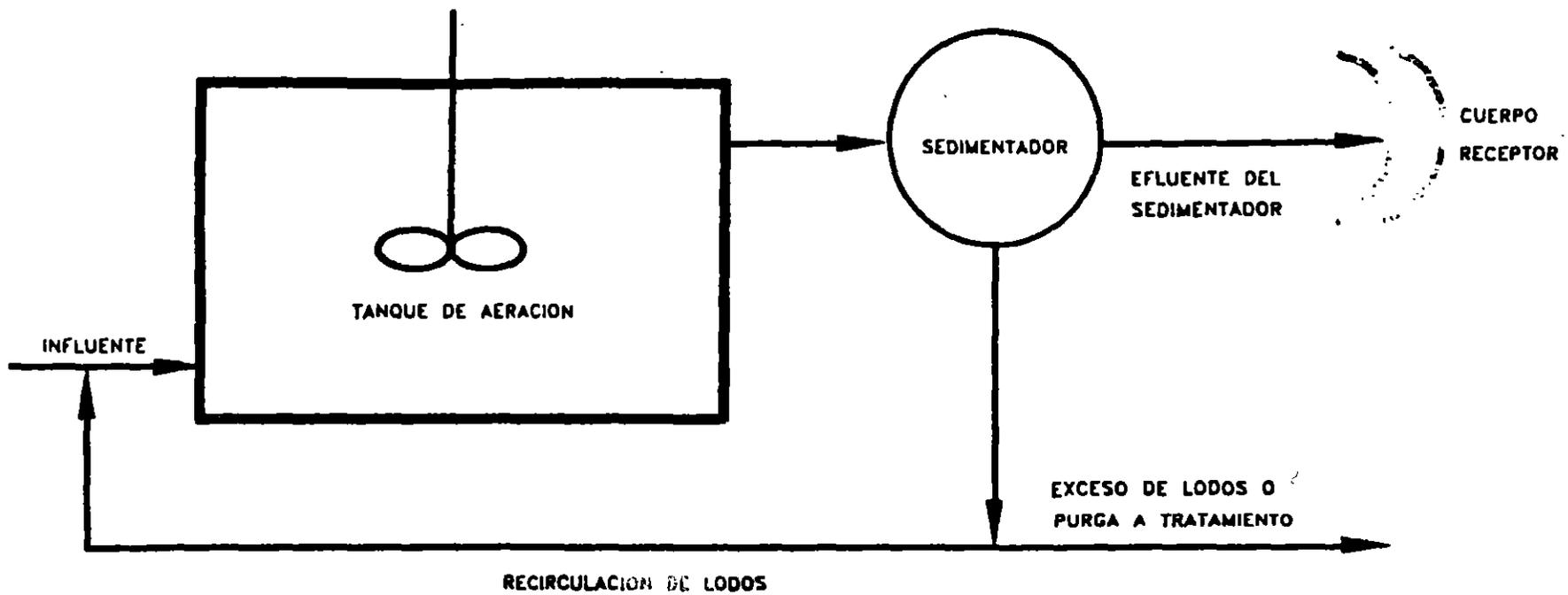
FIGURA 3.2 TIPO DE REACTORES



**FIGURA 3.3** DIAGRAMA DE FLUJO PISTON DEL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

## CONCEPTOS BASICOS Y VARIANTES AL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

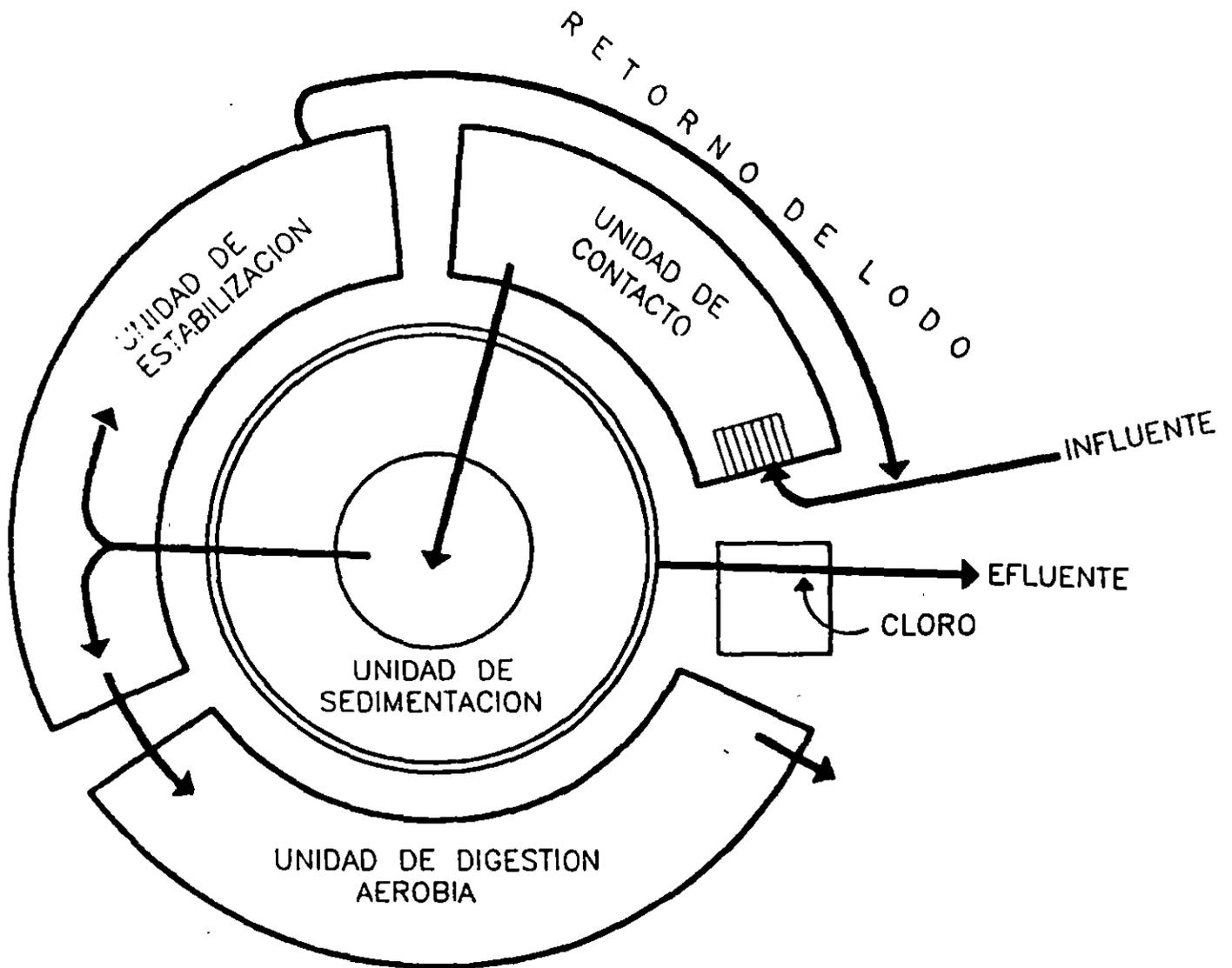
CONTENIDO	NOTAS
<p>conducida a través de una serie de canales construidos en el tanque de aeración. La figura 3.3 muestra un diagrama del esquema de flujo pistón.</p> <p>En el diagrama se observa que las aguas residuales fluyen a través del tanque de aeración como un pistón, y son tratadas al serpentear en el tanque. La concentración de materia orgánica (DBO) se reduce conforme el flujo avanza en el tanque.</p>	
<h3>COMPLETAMENTE MEZCLADO</h3>	
<p><b>Las aguas residuales están en mezclado completo en cualquier sitio dentro del tanque de aeración.</b></p>	
<p>En el modelo completamente mezclado (idealmente), toda el agua influente al tanque de aeración se mezcla instantáneamente con el oxígeno (abastecido con aire) y las bacterias (lodos activados) dentro del agua contenida en el tanque de aeración.</p>	
<p>Un diagrama de flujo para este esquema se presenta en la figura 3.4</p>	
<p>Una vez que el agua cruda está en mezclado completo con el oxígeno y las bacterias, la concentración de sólidos suspendidos volátiles y la demanda de oxígeno son homogéneos en todo el tanque. Este es el esquema más común del proceso de lodos activados.</p>	



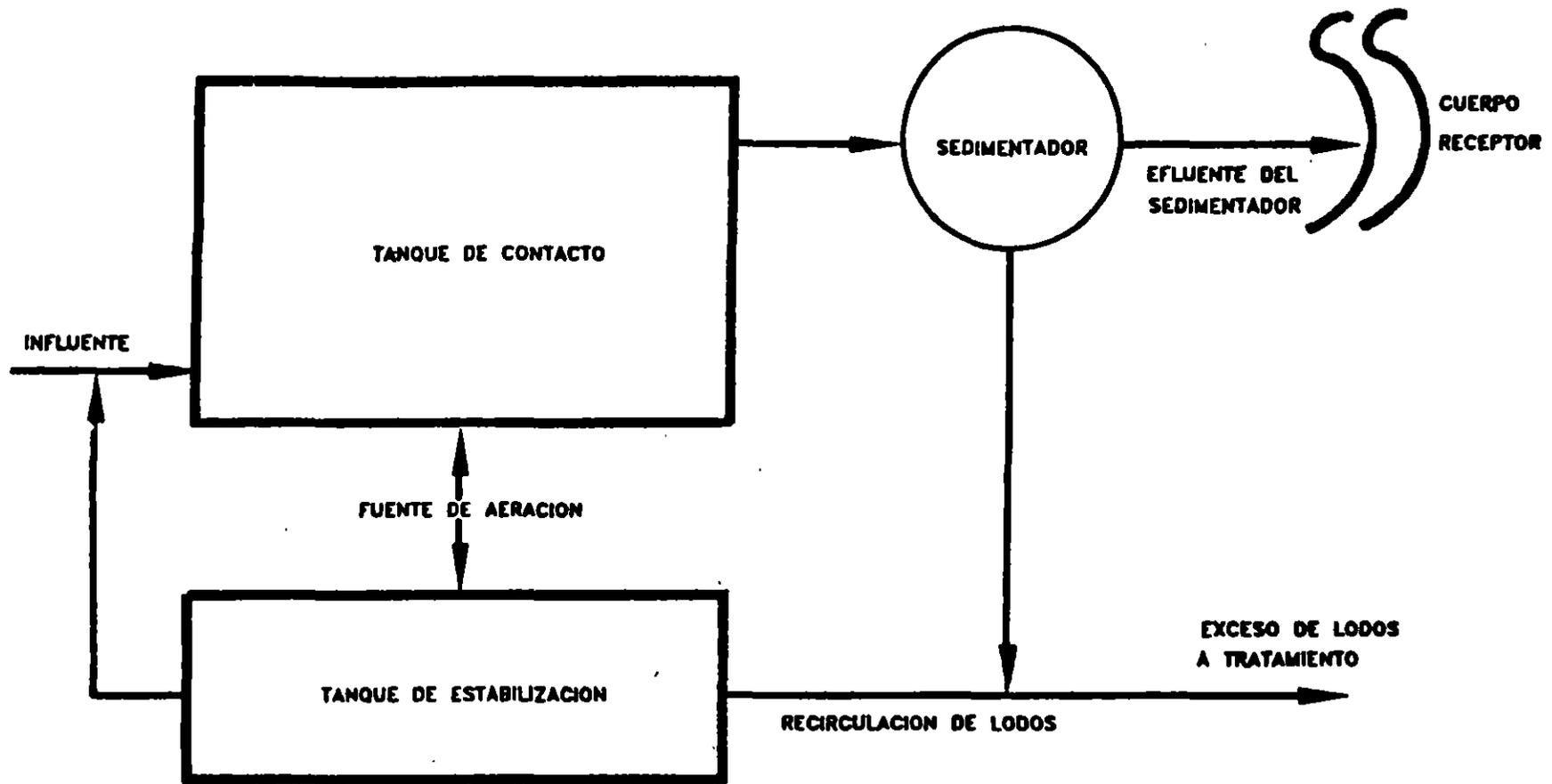
**FIGURA 3.4** DIAGRAMA DE FLUJO PARA MEZCLA COMPLETA DEL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS (PROCESO CONVENCIONAL)

## CONCEPTOS BASICOS Y VARIANTES AL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

CONTENIDO	NOTAS
<b>ESTABILIZACION - CONTACTO</b>	
<p>Otro esquema poco común en México del proceso de lodos activados, es la estabilización-contacto, la figura 3.5 muestra una planta con este proceso y la figura 3.6 un diagrama de flujo de esta modificación.</p>	
<p>Bajo este modelo de operación, el agua cruda se introduce a un tanque de contacto donde es aerada y mezclada con las bacterias; en este tanque los microorganismos entran en contacto con la materia orgánica soluble e insoluble, la que pasa a través de la membrana celular de las bacterias, y la materia orgánica sólida es atrapada por los microorganismos. Los sólidos biológicos son sedimentados posteriormente en el clarificador secundario, y después desechados del sistema o conducidos al tanque de estabilización donde los microorganismos son aerados sin recibir influente de agua cruda (digestión aerobia).</p>	
<p><b>Los microorganismos digieren la materia orgánica en el tanque de estabilización.</b></p>	
<p>En el tanque de estabilización, las bacterias digieren (estabilizan) la materia orgánica que han asimilado en el tanque de contacto. Una vez que han digerido esta materia y requieren alimento adicional, son recirculadas al tanque de contacto. Debido a que tienen que usar el alimento almacenado en su cuerpo durante el tiempo que permanecen en el tanque de estabilización al pasar al de contacto, asimilan rápidamente la materia orgánica proveniente del agua cruda, por esta razón el</p>	



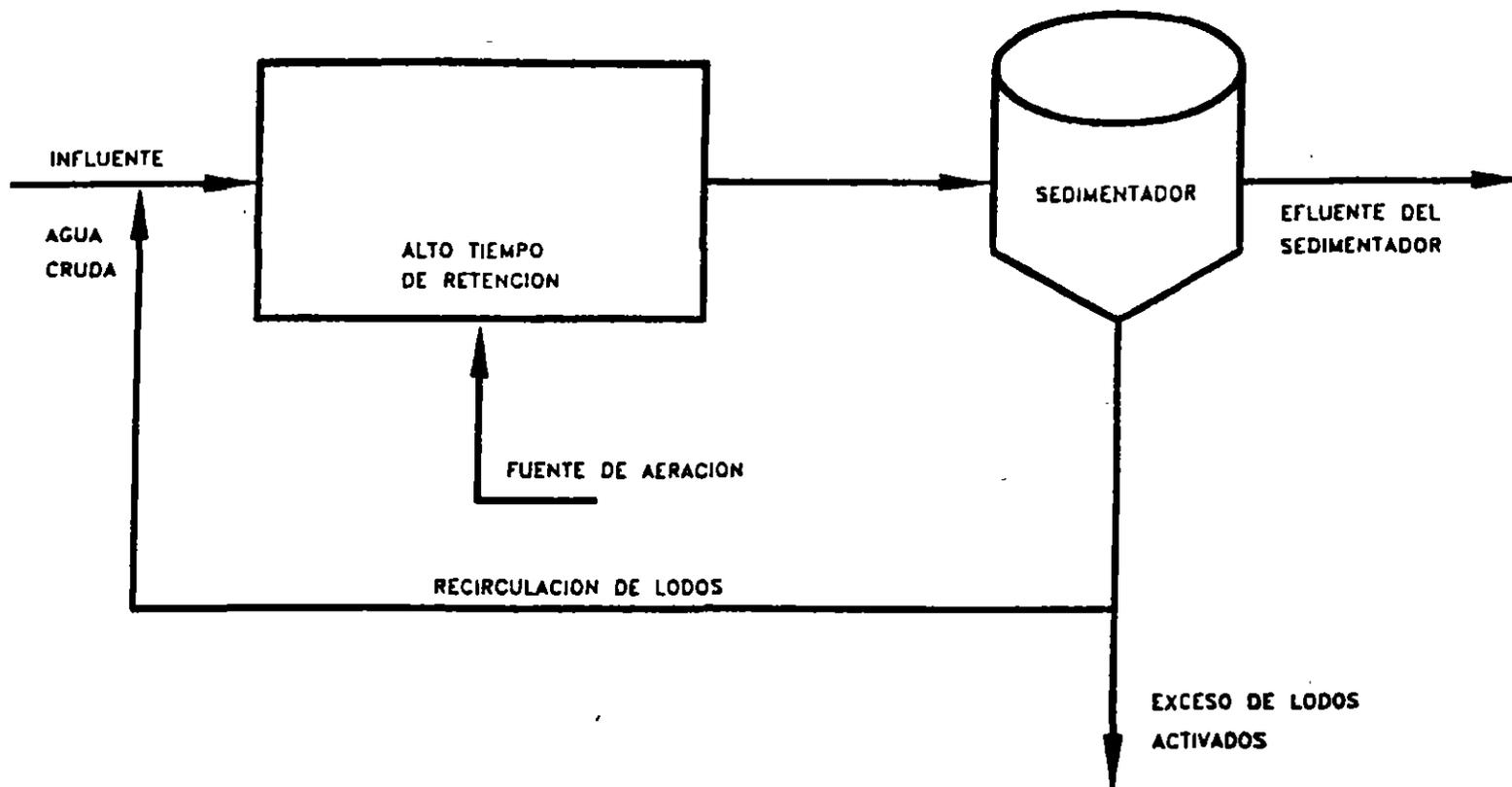
**FIGURA 3.5 PLANTA PAQUETE CON LA MODIFICACION ESTABILIZACION—CONTACTO DE LODOS ACTIVADOS**



**FIGURA 3.6** · **DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA MODALIDAD ESTABILIZACION-CONTACTO**

## CONCEPTOS BASICOS Y VARIANTES AL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

CONTENIDO	NOTAS
<p>tiempo de retención requerido se minimiza y consecuentemente, el tamaño del tanque de contacto es mucho menor que el de los tanques requeridos en otras opciones del proceso.</p> <p>El volumen para el tanque de estabilización es menor a los tanques de aeración convencionales, ya que solo recibe los lodos activados del sedimentador secundario y ningún influente de agua cruda. En el tanque de contacto, las bacterias entran hambrientas y toman la materia orgánica soluble e insoluble; esto hace que en algunos sistemas con esta modificación se omita el sedimentador primario.</p> <p><b>AERACION EXTENDIDA</b></p> <p>La aeración extendida es usada para tratar aguas residuales industriales.</p> <p>La modificación al sistema de lodos activados denominada Aeración Extendida es usada comúnmente para tratar aguas residuales de origen industrial que contienen principalmente materia orgánica soluble y las bacterias necesitan amplios tiempos de retención para desdoblar las sustancias complejas de este tipo de residuos. La figura 3.6-A muestra un diagrama de flujo.</p> <p>El modelo de esta modificación es similar al completamente mezclado, con la característica de tener altos tiempos de aeración (aeración extendida). Una</p>	



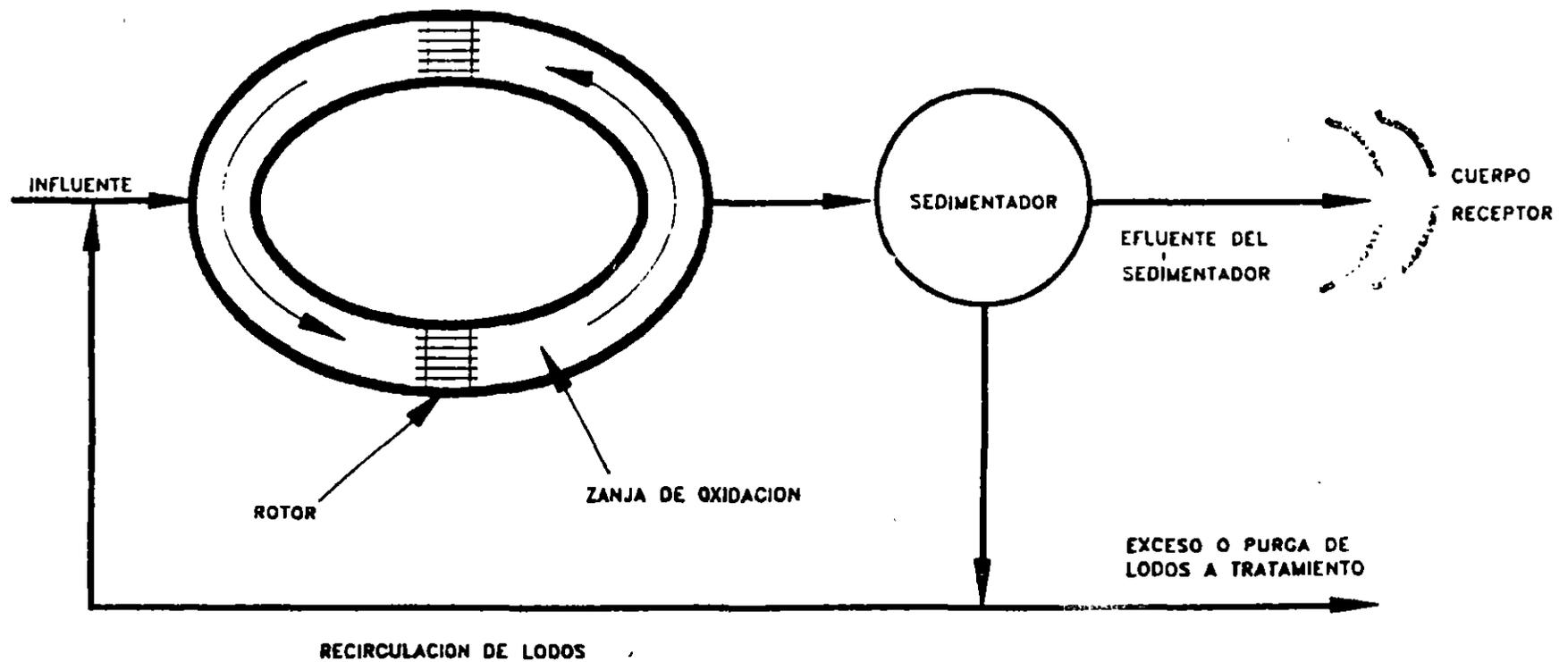
**FIGURA 3.6-A AERACION EXTENDIDA**

## CONCEPTOS BASICOS Y VARIANTES AL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

CONTENIDO	NOTAS
<p>ventaja de este proceso es que el largo tiempo de retención en el tanque de aeración proporciona una mayor homogeneización del agua cruda, aceptando el proceso cambios bruscos en cargas hidráulicas y orgánicas. Una segunda ventaja es que se producen menos lodos de desecho pues algunas bacterias son digeridas en el tanque de aeración. Ambas ventajas hacen de este sistema uno de los más simples de operación en el marco de los lodos activados.</p> <p><b>OTRAS MODIFICACIONES</b></p> <p>Otras modificaciones menos comunes del proceso de lodos activados son:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>a. Zanjas de oxidación</li><li>b. Alimentación escalonada</li><li>c. Aeración reducida</li><li>d. Oxígeno Puro</li><li>e. Proceso Kraus</li></ul> <p><b>ZANJAS DE OXIDACION</b></p> <p>Normalmente se usa un tanque de aeración circular.</p> <p>Las zanjas de oxidación son similares al modelo de flujo pistón, con la característica que el tanque de aeración es circular o elipsoidal (llamado zanja de oxidación).</p>	

## CONCEPTOS BASICOS Y VARIANTES AL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

CONTENIDO	NOTAS
<p>En estos sistemas es común utilizar "cepillos" rotatorios para transferir el oxígeno requerido al reactor, colocados a lo ancho del mismo, aunque en los últimos diseños se han llegado a colocar aeradores superficiales o del tipo Jet. El diagrama de la modificación se muestra en la figura 3.7.</p>	
<p><b>ALIMENTACION ESCALONADA (A PASOS)</b></p>	
<p><b>Los microorganismos son alimentados con materia orgánica gradualmente.</b></p>	
<p>La modificación al proceso de lodos activados denominada alimentación escalonada, se refiere a la conexión del influente al reactor ( del tipo de flujo pistón) en múltiples puntos a lo largo del tanque, en lugar de tener el influente en un solo punto, normalmente en un extremo del tanque como es el caso del proceso convencional. Un diagrama de flujo simplificado se observa en la figura 3.8.</p>	
<p>En esta modalidad, la materia orgánica se distribuye a lo largo del tanque de acuerdo con la dirección del flujo; esto permite que las bacterias digieran y asimilen algunos materiales orgánicos, los digieran y asimilen en su paso por el tanque de aeración del tipo flujo pistón.</p>	
<p>Este esquema de alimentación ayuda a mantener un balance adecuado entre el alimento y los microorganismos a todo lo largo del tanque de aeración.</p>	



**FIGURA 3.7** DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA MODALIDAD ZANJA DE OXIDACION

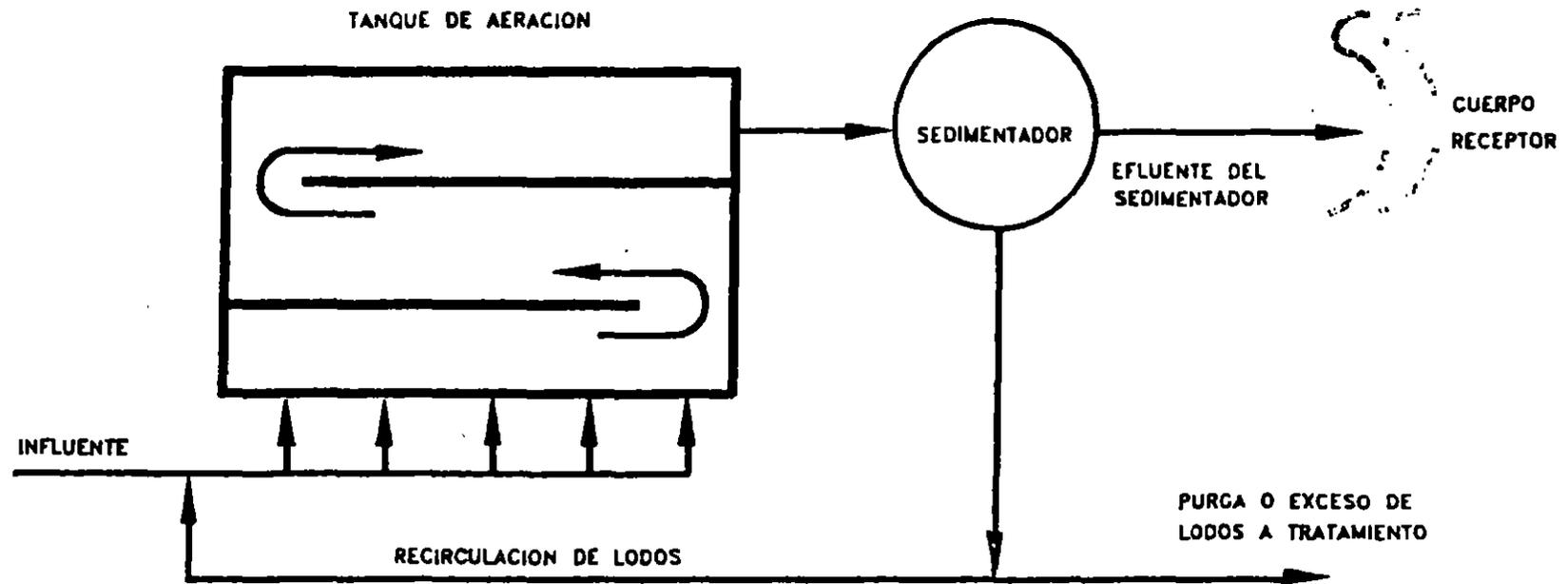
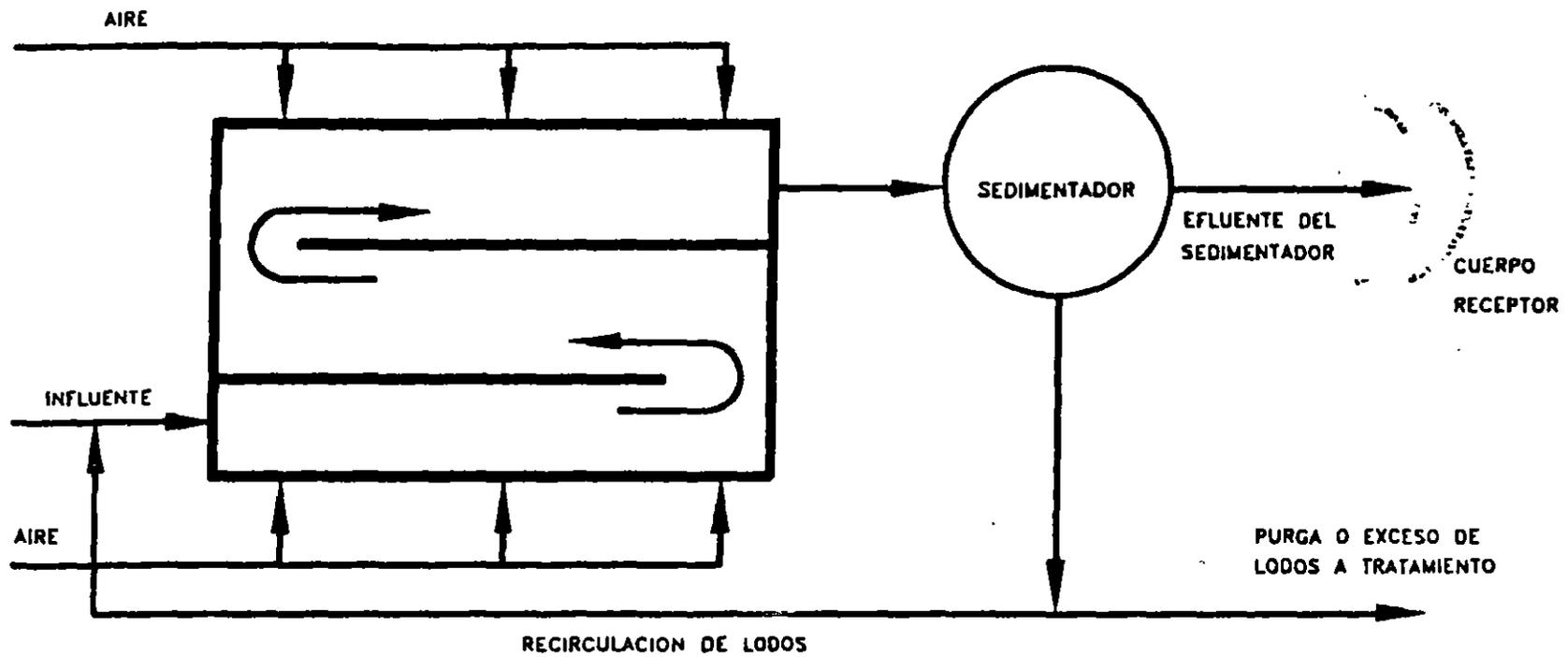


FIGURA 3.8 DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA MODALIDAD DE ALIMENTACION ESCALONADA DEL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

## CONCEPTOS BASICOS Y VARIANTES AL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

CONTENIDO	NOTAS
<p><b>AERACION REDUCIDA</b></p> <p>La cantidad de aire inyectada al tanque de aeración se va reduciendo a lo largo del tanque .</p> <p>Esta modificación utiliza el esquema de flujo pistón; el influente entra por un extremo del tanque; en este punto, la cantidad de materia orgánica es muy alta y consecuentemente la demanda de oxígeno de las bacterias conforme el agua se mueve a través del tanque de aeración, la materia orgánica es removida gradualmente por las bacterias; como la cantidad de alimento se decrementa, la demanda de oxígeno disminuye; de esta manera, el resultado es que se abastece mayor cantidad de aire en la entrada del tanque donde la demanda por los microorganismos es mayor y se va reduciendo la cantidad de aire a lo largo del tanque, del mismo modo que el alimento y los microorganismos disminuyen. El diagrama de flujo del esquema se presenta en la figura 3.9</p>	
<p><b>OXIGENO PURO</b></p> <p>La modificación al proceso de lodos activados utilizando oxígeno de alta pureza, normalmente se realiza en tanques cerrados configurados en serie. Las aguas residuales, la recirculación y el oxígeno como gas, se introducen en la primera etapa del sistema y fluyen a través de los tanques. Los tanques son cubiertos para retener el oxígeno y permitir que se</p>	



**FIGURA 3.9 DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA MODALIDAD DE AERACION REDUCIDA EN EL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS**

## DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS DE PROCESO

CONTENIDO	NOTAS
<p>intento por minimizar el consumo de energía incide directamente en los costos directos de la planta. La adecuada operación de un soplador y el sistema de aeración pueden llevar a altas eficiencias en el uso de los equipos.</p> <p>Existen dos tipos de sopladores comúnmente utilizados en plantas de tratamiento, los de desplazamiento positivo y los dinámicos. Los de desplazamiento positivo funcionan comprimiendo un volumen fijo de aire (gas) y encerrándolo para elevar la presión. Los dinámicos funcionan con impulsores que imparten velocidad y presión continua al aire (gas). Las figuras 4.23 a 4.25 muestran diferentes sistemas y sopladores.</p> <p>El operador debe aplicar algún método para regular la capacidad del soplador. Estos métodos son:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Control de la válvula de alivio o <b>by pass</b>; este método no ahorra energía y es para pequeñas instalaciones.</li><li>2. Control de válvula de entrada de aire; este método es para sopladores dinámicos; es el método más eficiente y económico para regular la capacidad del soplador. No debe usarse en sopladores de desplazamiento positivo porque si se cierra la válvula de entrada, el mecanismo se daña al trabajar en seco. Este simple método de control consiste en colocar una válvula mariposa a la entrada del soplador, reduciendo hasta un 45% la capacidad de operación normal.</li></ol>	

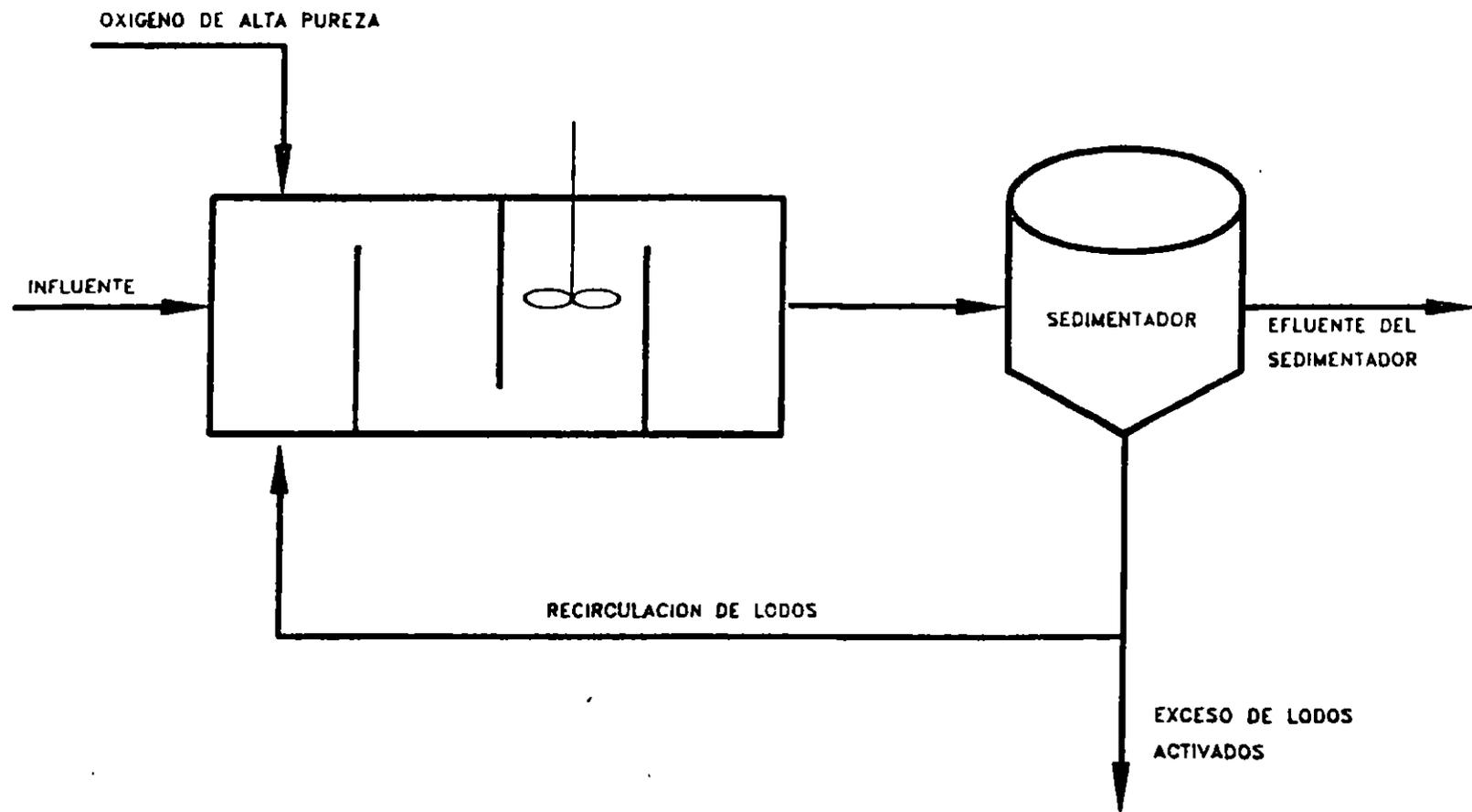


FIGURA 3.10 OXIGENO PURO

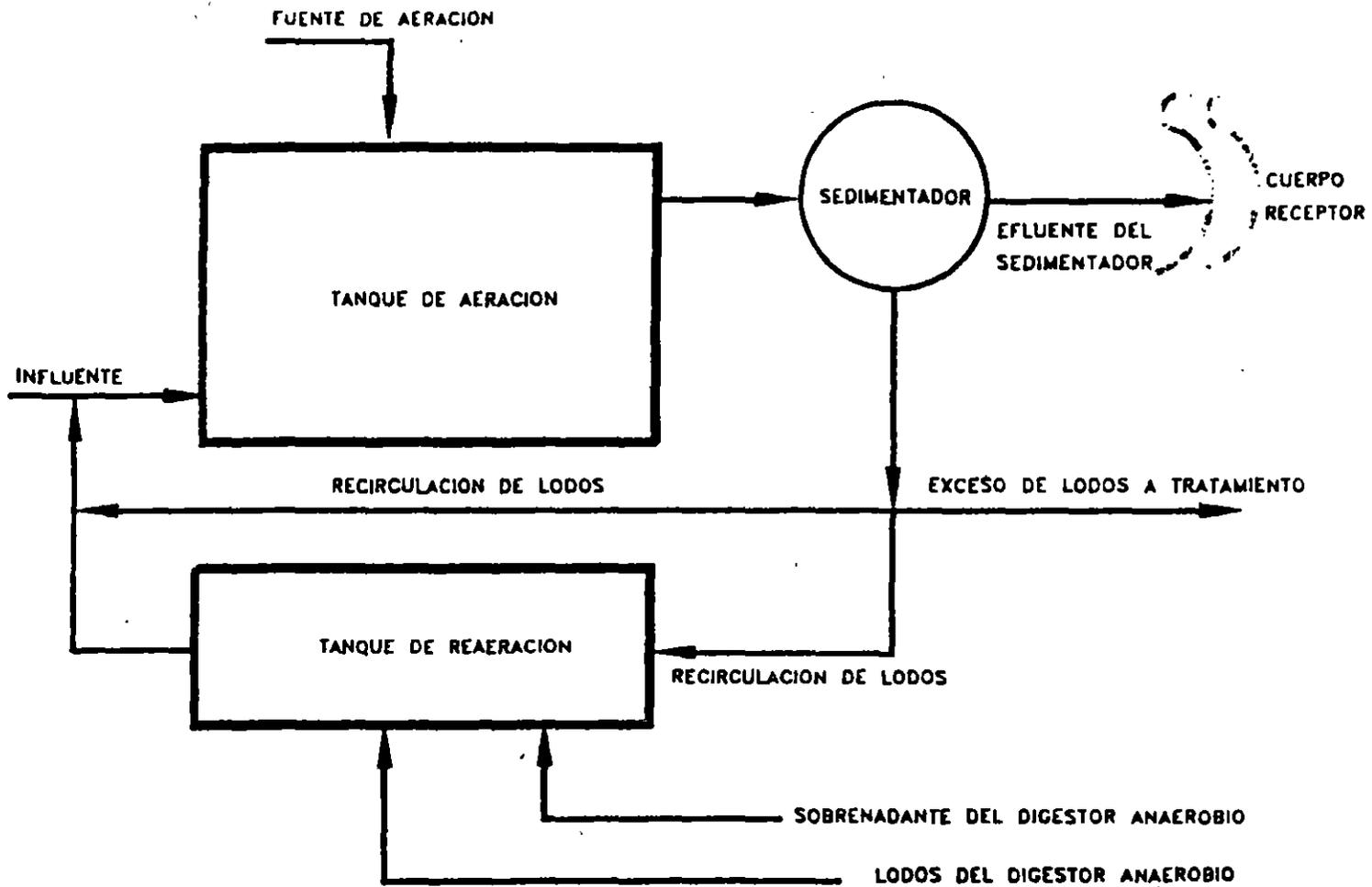


FIGURA 3.11 DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA MODALIDAD KRAUS DEL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

## CONCEPTOS BASICOS Y VARIANTES AL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

CONTENIDO	NOTAS
<p>El lodo digerido anaeróbiamente es muy denso y sedimenta rápidamente, mientras que el lodo activado es más ligero; la mezcla agrega peso a estos últimos, favoreciendo la sedimentación.</p> <p><b>3.3 FACTORES RELACIONADOS CON EL PROCESO</b></p> <p>Existen diversas condiciones para el correcto funcionamiento de las plantas; a continuación se mencionan los principales factores que afectan la operación de plantas de lodos activados.</p> <p><b>CONCENTRACION DEL AGUA CRUDA</b></p> <p><b>Variaciones en el influente afectan el proceso</b></p> <p>Cualquier cambio significativo en las características del agua cruda afectará el desarrollo de los microorganismos del sistema de tratamiento; si la carga de DBO<sub>5</sub> se incrementa significativamente, habrá demasiado alimento para los microorganismos del sistema. Este exceso podrá incrementar la tasa de reproducción y producir un lodo activado joven caracterizado por un crecimiento disperso de la población, lo que se traduce en una sedimentación secundaria pobre.</p> <p>Además no toda la DBO<sub>5</sub> (alimento) es utilizada por los microorganismos, y una parte pasará directamente al</p>	

## CONCEPTOS BASICOS Y VARIANTES AL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

CONTENIDO	NOTAS
<p>sedimentador secundario y al efluente de la planta.</p> <p>Si por el contrario, la carga orgánica (<math>DBO_5</math>) decrece, no habrá suficiente alimento para los microorganismos y disminuirán su tasa de crecimiento, por lo que la población microbiológica del sistema se reducirá; el efecto será un efluente con incremento en la concentración de sólidos suspendidos al formarse un floc de rápida sedimentación que no ayuda al arrastre de partículas finas y coloidales.</p> <p>Se debe llegar a un balance adecuado entre la cantidad de alimento y la de microorganismos en el sistema; esto se discutirá en otro capítulo del curso.</p> <p><b>NUTRIENTES</b></p> <p>Los nutrientes presentes en aguas residuales de tipo doméstico, normalmente están en cantidades suficientes para los microorganismos; sin embargo, habrá influentes como algunos de origen industrial, que requieren la adición de nutrientes para su tratamiento por medios biológicos.</p> <p>Cuando no se tiene suficiente nitrógeno se desarrolla una población dispersa o filamentosa que sedimenta <b>pobremente</b>, además de que la falta de nitrógeno inhibe la producción de nuevas células. Al agregar nutrientes al agua cruda, se debe pensar en dejar un remanente o nutrientes residuales en el efluente de la planta.</p>	

## CONCEPTOS BASICOS Y VARIANTES AL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

CONTENIDO	NOTAS
<p><b>OXIGENO DISUELTO (OD)</b></p> <p>Para mantener viva la población aerobia, se debe agregar oxígeno al tanque de aeración.</p> <p>La variación temporal de la demanda de oxígeno en el sistema hace que se tenga también una variación en la cantidad de oxígeno que se debe proporcionar, y mantener así la concentración en los valores deseados. En lugares con climas extremos (norte del país) en el verano la actividad bacteriana aumenta y se requiere mayor cantidad de oxígeno; además, como la temperatura del agua residual se incrementa, el valor de saturación del oxígeno en el agua disminuye (esto es la cantidad de oxígeno que puede ser disuelto en el agua se reduce). Ambos fenómenos pueden dar como resultado que se requiera mayor cantidad de oxígeno en el sistema durante el verano para mantener la misma concentración de oxígeno disuelto.</p> <p>Durante el invierno, las temperaturas bajas pueden causar una disminución de la actividad bacteriana y el valor de saturación un aumento, Lo que da como resultado que en los meses más fríos se reduzcan los requisitos de aire en el sistema.</p> <p><b>TIEMPO DE RETENCION</b></p> <p>Los microorganismos deben tener suficiente tiempo para proporcionar el tratamiento.</p>	

## CONCEPTOS BASICOS Y VARIANTES AL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

CONTENIDO	NOTAS
<p>El tiempo de retención hidráulica del tanque de aeración o la cantidad de tiempo que las bacterias están en contacto con el alimento de las aguas crudas, es un importante factor de operación. Se debe dar el tiempo suficiente para permitir que las bacterias asimilen la materia orgánica presente en el agua residual. Si el tiempo de retención en el tanque de aeración es muy pequeño, no toda la materia orgánica será removida, y el efluente tendrá valores altos de <math>DBO_5</math>.</p> <p>También es importante este concepto de tiempo de retención para los tanques sedimentadores; en ellos se debe permitir que los flóculos de lodos activados se sedimenten en tiempo razonable. El tiempo de retención es un parámetro donde el operador tiene poco control.</p> <p><b>pH</b></p> <p>Se debe vigilar, que el pH se mantenga en ciertos límites dentro de las unidades de proceso de la planta, principalmente en el tanque de aeración, para mantener a los microorganismos saludables y activos en el sistema. En la figura 3.12 se observa la actividad biológica de acuerdo con los valores de pH en el tanque de aeración. Las bacterias pueden sobrevivir en el rango de pH entre 5.0 y 10.0 y reproducirse entre los valores de pH de 6.5 y 8.5. Abajo de 6.5, los hongos predominan sobre las bacterias y se tendrá una baja remoción de <math>DBO_5</math> y una pobre sedimentación. A</p>	

# NIVELES DE pH Y ACTIVIDAD BIOLÓGICA

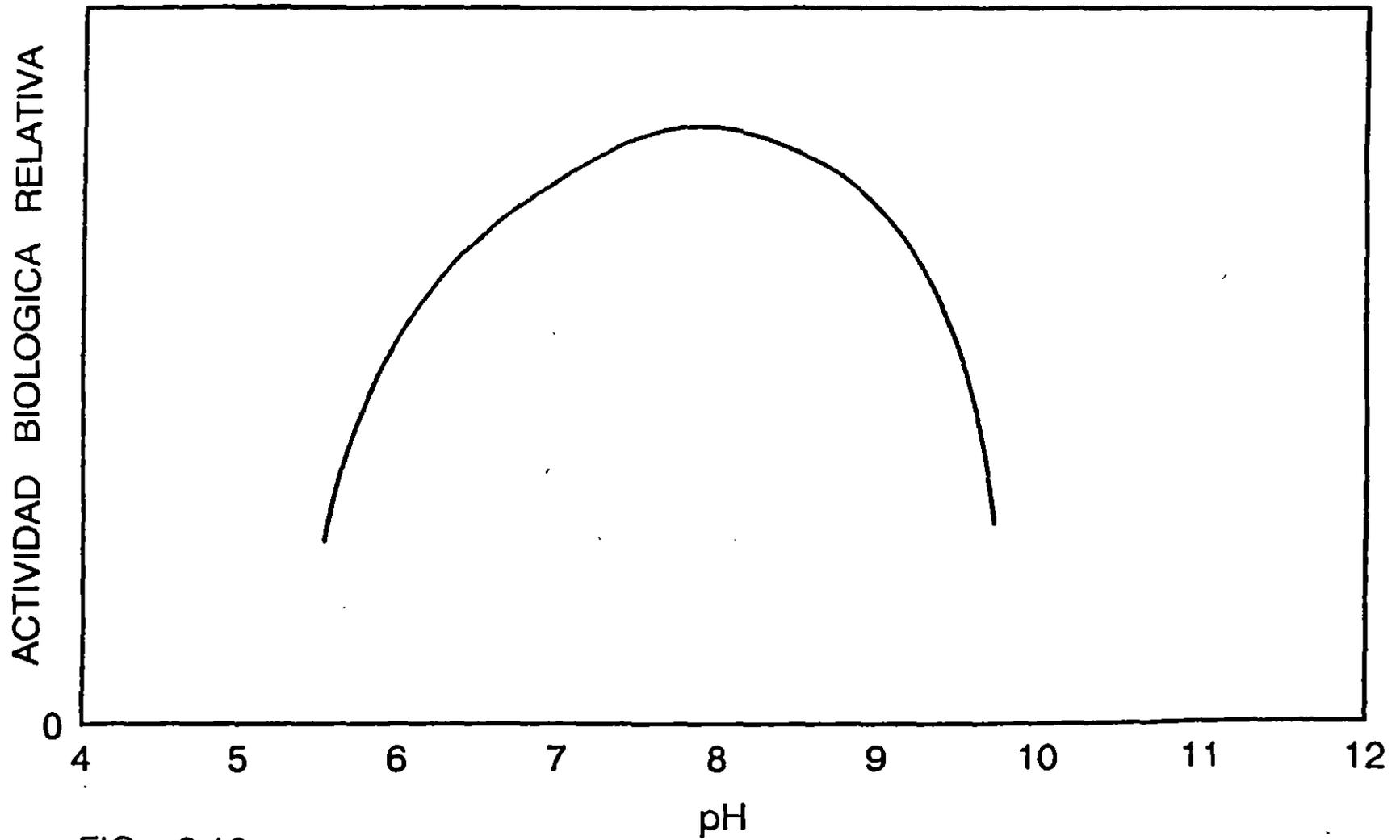


FIG. 3.12

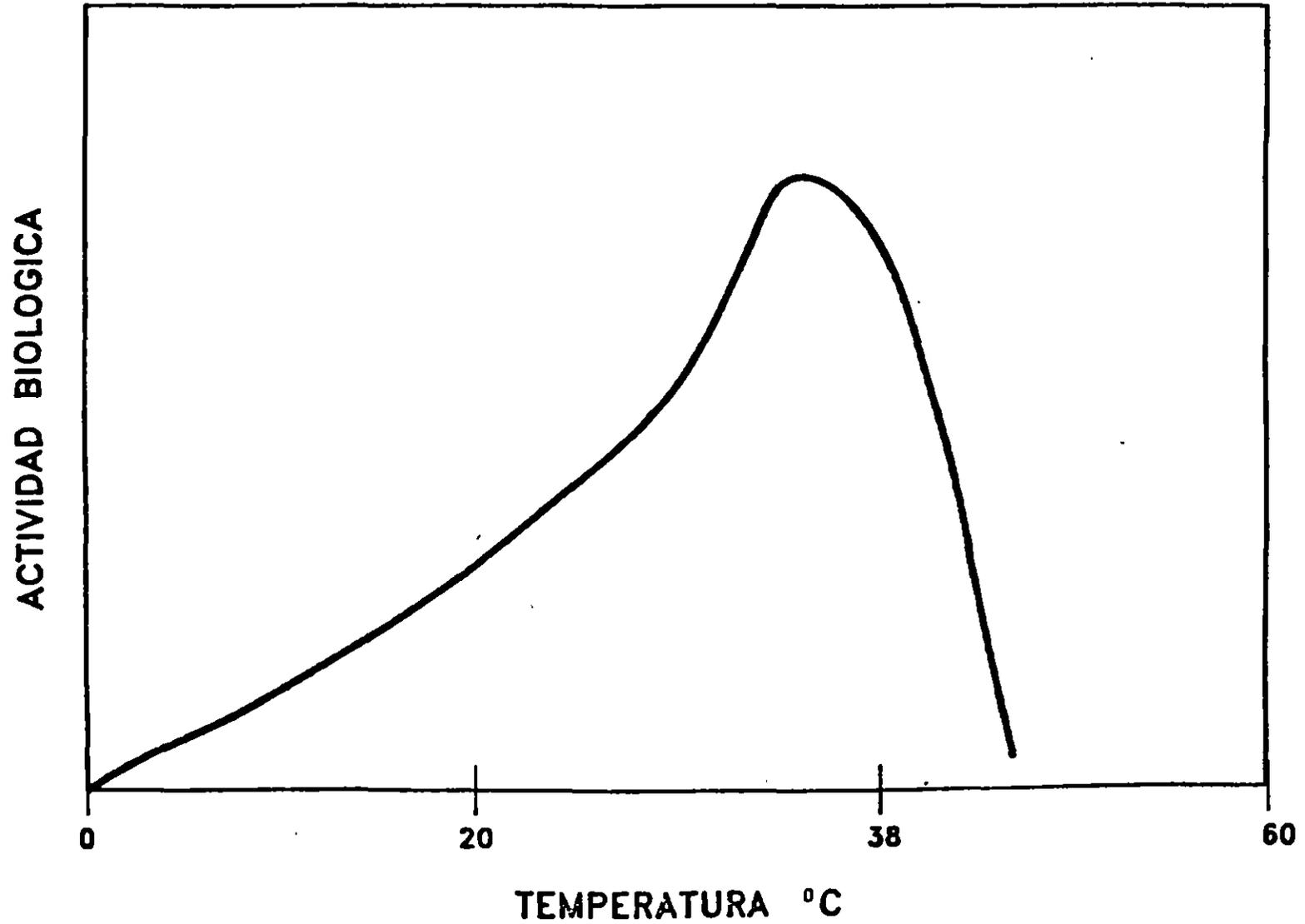
## CONCEPTOS BASICOS Y VARIANTES AL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

CONTENIDO	NOTAS
<p>valores altos de pH, los nutrientes como el fósforo empiezan a precipitar, y ya no puede ser utilizado por las bacterias; esto da como resultado una baja remoción de DBO<sub>5</sub>.</p> <p>En condiciones extremas por arriba o por abajo del rango mencionado (5.0-10.0), la población biológica de la planta morirá.</p> <p><b>TOXICIDAD</b></p> <p><b>Existen dos grados de toxicidad: aguda y crónica.</b></p> <p>La toxicidad normalmente es atribuida a altas concentraciones de metales pesados, tales como cobre, plomo, zinc, u otro tipo de compuestos.</p> <p>Se pueden presentar dos tipos de toxicidad: aguda o crónica.</p> <p><b>Aguda significa muerte rápida; crónica, muerte lenta.</b></p> <p>La toxicidad aguda puede presentarse rápidamente; en cuestión de horas, la población biológica del tanque de aeración puede morir, lo que hace que este tipo de toxicidad sea detectada rápidamente, mientras que la toxicidad crónica se presenta lentamente haciendo difícil su identificación.</p> <p>La toxicidad aguda se muestra con altas concentraciones</p>	

## CONCEPTOS BASICOS Y VARIANTES AL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

CONTENIDO	NOTAS
<p>de sustancias tóxicas, tales como cianuro o arsénico cuando son descargados al sistema de alcantarillado que llega a la planta.</p> <p>La toxicidad crónica se presenta cuando un elemento como, por ejemplo, cobre, se aumenta gradualmente dentro de las bacterias, en el periodo donde las bacterias son recirculadas una y otra vez en el sistema.</p> <p>Como la concentración del elemento tóxico se incrementa dentro de las células, el nivel tóxico es alcanzado y el nivel de actividad de los microorganismos disminuye hasta que mueren. El análisis de concentración de metales presentes en los lodos del sedimentador secundario de la planta pueden ayudar a detectar problemas potenciales por toxicidad crónica.</p>	
<b>TEMPERATURA</b>	
<b>Dentro de ciertos límites: a mayor temperatura aumenta la actividad bacteriana y viceversa.</b>	
<p>Un importante factor de operación, aunque el operador no tiene control sobre él, es la temperatura del agua residual. La temperatura afecta directamente el nivel de actividad de las bacterias en los sistemas de lodos activados. Las relaciones entre temperatura y actividad biológica se pueden observar en la figura 3.13.</p>	
<p>El rango óptimo de temperatura para la actividad</p>	

# TEMPERATURA Y ACTIVIDAD BIOLÓGICA



## CONCEPTOS BASICOS Y VARIANTES AL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

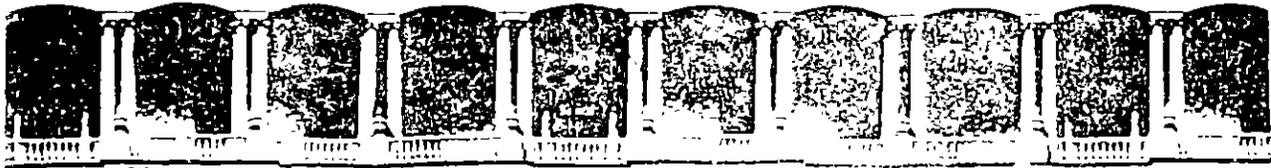
CONTENIDO	NOTAS
<p>bacteriana aerobia es entre 25 y 32 °C.</p> <p>Generalmente por cada cambio en la temperatura de 10 °C, la actividad bacteriana varía con un factor de 2. A altas temperaturas, las bacterias se vuelven más activas e inversamente a menor temperatura, menor actividad bacteriana.</p> <p><b>Para compensar los cambios de temperatura en las diferentes estaciones del año, se deben incrementar los SSVLM en invierno y disminuirlos en verano.</b></p> <p>Para compensar la variación de actividad biológica a diferentes temperaturas, la concentración de sólidos suspendidos del licor mezclado debe ajustarse.</p> <p>Durante los meses de invierno la actividad biológica baja; y los sólidos suspendidos volátiles en el tanque de aeración necesitan incrementarse en el verano por condiciones inversas; los SSVLM deben reducirse, ya que cada bacteria asimilará más de materia orgánica por su mayor actividad.</p> <p>La temperatura también afecta las características de sedimentación en el sedimentador secundario. Durante el invierno, el agua es más densa y la sedimentación será más lenta; en el verano sucede lo contrario.</p>	

## CONCEPTOS BASICOS Y VARIANTES AL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

CONTENIDO	NOTAS
<p><b>MEZCLA</b></p> <p><b>El tanque de aeración debe estar completamente mezclado.</b></p> <p>Es deseable un tanque de aeración completamente mezclado para evitar que las bacterias sedimenten; también es importante mantenerlas en movimiento para que entren en contacto con la materia orgánica de las aguas residuales (para ser utilizada como alimento); además al estar en contacto entre sí, las bacterias formarán un flóculo que sedimentará en la unidad subsecuente del sistema.</p> <p>El tanque de aeración con mezclado completo evita los cortocircuitos que podrían formarse.</p> <p><b>El tanque de aeración debe tener concentraciones uniformes de OD y SS.</b></p> <p>Existen varios indicadores de mezclado. Uno es la formación de depósitos de sólidos en las esquinas del tanque de aeración. Cualquier acumulación significativa en las esquinas puede detectarse con un palo, largo o mediante equipo para sacar muestras del fondo. Un segundo indicador es la detección de zonas con concentraciones de cero oxígeno disuelto en el tanque de aeración, mediante un oxímetro portátil. Un tercer indicador es la detección de zonas con diferencia significativa en concentración, ya sea de OD o de SS. Un tanque de aeración bien mezclado presentará uniformidad de concentraciones en todo el tanque.</p>	

## CONCEPTOS BASICOS Y VARIANTES AL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

CONTENIDO	NOTAS
<p><b>HIDRAULICA</b></p> <p>El gasto influente afecta la operación de una planta de tratamiento y se relaciona directamente con otros factores. El incremento de gasto por arriba de los valores de diseño disminuirá el tiempo de retención y, por tanto, la capacidad de tratamiento, reduciendo las eficiencias de operación. El gasto influente es un factor donde el operador tiene poco o nulo control.</p>	



FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

CURSOS ABIERTOS

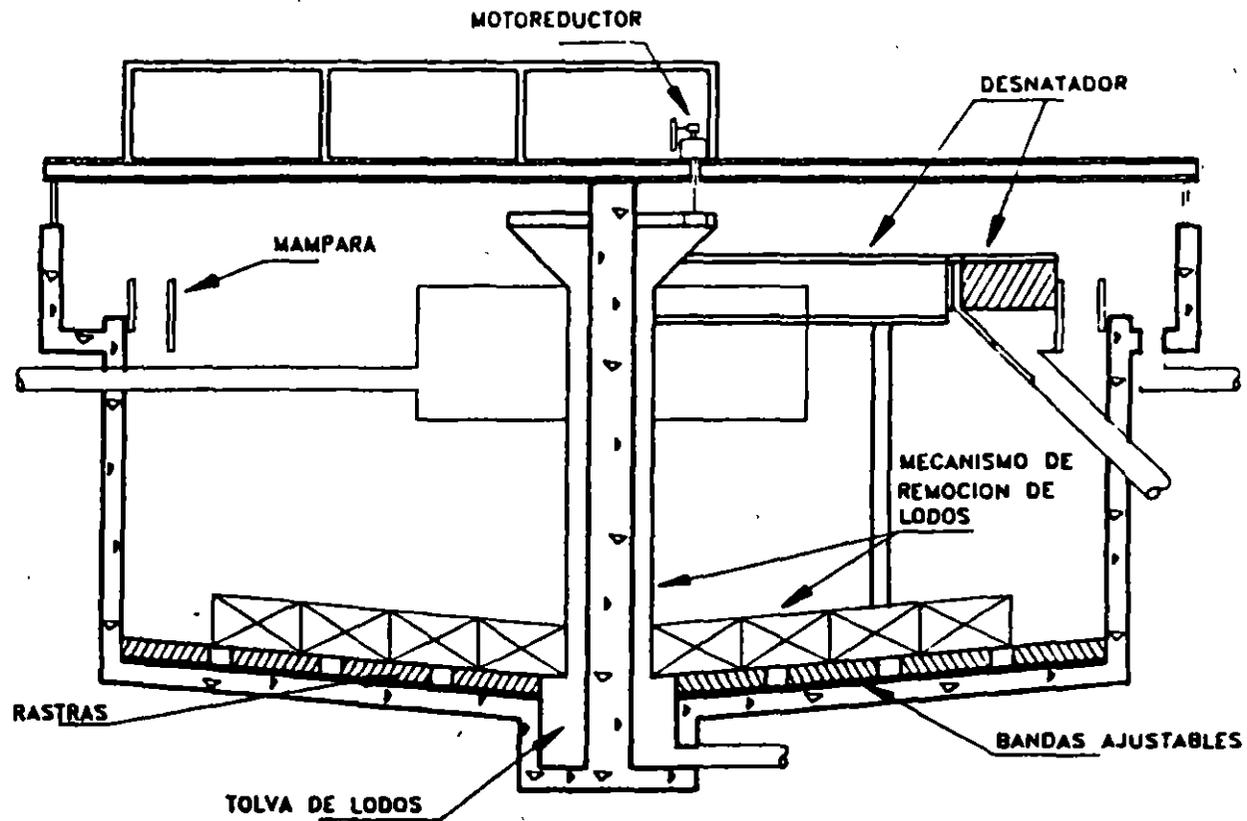
OPERACION Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS  
DE TRATAMIENTO DE LODOS ACTIVADOS

DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS  
DE PROCESO

1 9 9 6 .

## DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS DE PROCESO

CONTENIDO	NOTAS
<p data-bbox="180 457 1040 533"><b>4. DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS DE PROCESO</b></p> <p data-bbox="180 579 846 617"><b>4.1 EQUIPOS EN SEDIMENTADORES</b></p> <p data-bbox="180 663 1040 743"><b>SEDIMENTADORES PRIMARIOS Y SECUNDARIOS</b></p> <p data-bbox="180 793 1040 1037">Los sedimentadores realizan la función de remover sólidos suspendidos; si la unidad de proceso está antes del tratamiento secundario, se denominan sedimentadores primarios; si son parte del proceso de tratamiento biológico, se conocen como sedimentadores secundarios.</p> <p data-bbox="180 1041 1040 1201">Los sedimentadores se clasifican por su forma en: circulares, cuadrados, rectangulares, hexagonales, y octagonales. Los más comunes son los circulares y los rectangulares.</p> <p data-bbox="180 1289 802 1327"><b>SEDIMENTADORES CIRCULARES</b></p> <p data-bbox="180 1373 1040 1738">Los sedimentadores circulares (figuras 4.1, 4.2 y 4.5) se caracterizan por modelos de flujo radiales ya sea de entrada o salida. Son seleccionados y diseñados continuamente para tratamiento primario y secundario. Sus diámetros varían desde pocos metros (tres) hasta grandes tanques de cien metros. El lado recto para tanques primarios varía de 2.5 a 4 m, y para secundarios de 3 a 5 m o más. Existen diversos tipos de configuraciones; se clasifican por su alimentación,</p>	



**FIGURA 4.1 SEDIMENTADOR CIRCULAR CON RECOLECCION MECANICA DE LODOS**

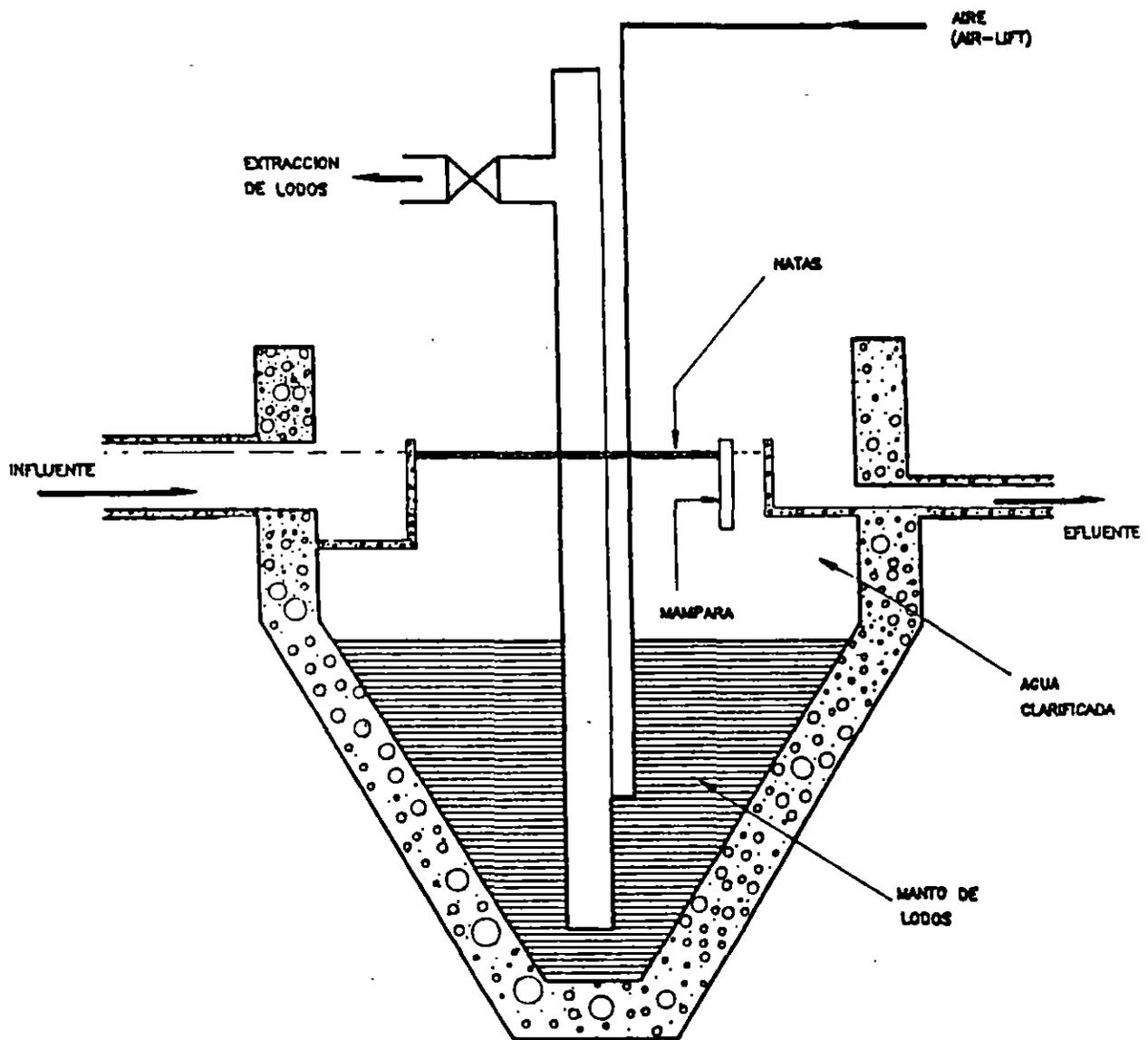


FIGURA 4.2 SEDIMENTADOR CIRCULAR CON RECOLECCION DE LODOS POR GRAVEDAD.

## DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS DE PROCESO

CONTENIDO	NOTAS
<p>en central o periférica.</p> <p>Los equipos principales en estos tanques son las rastras giratorias con puente fijo o móvil. La función principal de las rastras es empujar el lodo del fondo del sedimentador de manera concéntrica hasta alcanzar una tolva ubicada en el centro del tanque (a un lado de la columna central), de donde son extraídos en forma hidráulica o por bombeo.</p> <p>La operación es muy sencilla, generalmente son automáticos; se debe tener cuidado en el arranque del sedimentador, pues si hay lodos acumulados puede presentarse una rotura de la armadura. El desnatador trabaja con un mecanismo automático, se debe checar que el motorreductor esté funcionando normalmente y que el desnatador no se atore. Realmente la operación importante de los sedimentadores es el control de la extracción o purga de lodos para evitar problemas de septicidad y crecimiento o desaparición del manto de lodos.</p> <p>Este tipo de rastra colectora de lodos de tipo giratorio se considera como un excelente mecanismo para remover lodos primarios, secundarios y para remoción de cal u otros químicos en tratamientos terciarios. Ofrece la ventaja de ser un mecanismo simple en funcionamiento, y muy fácil en cuanto a operación y mantenimiento.</p>	

## DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS DE PROCESO

CONTENIDO	NOTAS
-----------	-------

### SEDIMENTADORES RECTANGULARES

Los sedimentadores rectangulares se usan más en grandes plantas de tratamiento de aguas residuales. Muchos ingenieros proyectistas los consideran económicos por sus paredes comunes a otros tanques y por la conveniencia de tener una galería de bombeo en un extremo del tanque. Los detalles de diseño incluyen: profundidad, orificios de entrada, mamparas, desnatadores, rastras, canaletas, andadores, etc. Este número de variables hace que exista una gran variedad en el diseño de los tanques.

La mayor parte de estos tanques tienen una profundidad de 2m, pero para lodos activados esta profundidad es mayor. La relación largo a ancho generalmente está entre 1.5:1 y 15:1. Para prevenir cortocircuitos se tienen anchos mínimos de 3 m, y relación largo-ancho mínima de 3:1.

La alimentación se hace en un extremo, y la recolección de agua sedimentada en el extremo opuesto. El lodo se deposita en el fondo del sedimentador, es acarreado por medio de rastra a un extremo donde se han construido tolvas y se extrae por medios mecánicos o hidráulicos.

Los mecanismos colectores de lodos para tanques rectangulares pueden ser de dos tipos: rastras de cadenas o puentes viajeros.

## DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS DE PROCESO

CONTENIDO	NOTAS
-----------	-------

### **RASTRA DE CADENAS**

Las rastras de cadenas (figuras 4.3 y 4.4) constan de una serie de rastras cuyos extremos se fijan a dos cadenas paralelas que se mueven mediante un sistema de catarinas por medio de un motorreductor. Este movimiento es lento, evitando la turbulencia del lodo depositado en el fondo al ser arrastrado a tolvas colocadas en el extremo del sedimentador. En sedimentadores primarios y en algunos secundarios, las rastras también sirven, al regresar, como desnatadores, llevando en su viaje, al extremo opuesto de las tolvas, las natas que son colectadas generalmente en una media caña de operación manual y retiradas del sedimentador.

Una desventaja es su difícil mantenimiento; cuando es requerido se debe vaciar el sedimentador. Comparando con otros sistemas, el mantenimiento de rastras, cadenas, catarinas, motorreductores, flechas y baleros es más serio y, por tanto, de mayor duración y tal vez también desfavorable en costos.

### **PUENTES VIAJEROS**

Los puentes viajeros están equipados con una sola rastra que puede ser nivelada. El puente se mueve hacia adelante y hacia atrás sobre rieles colocados en ambos lados del sedimentador. El mecanismo funciona de ida para extraer lodos del fondo y de vuelta como desnatador.

El puente viajero con rastra o con mecanismo de

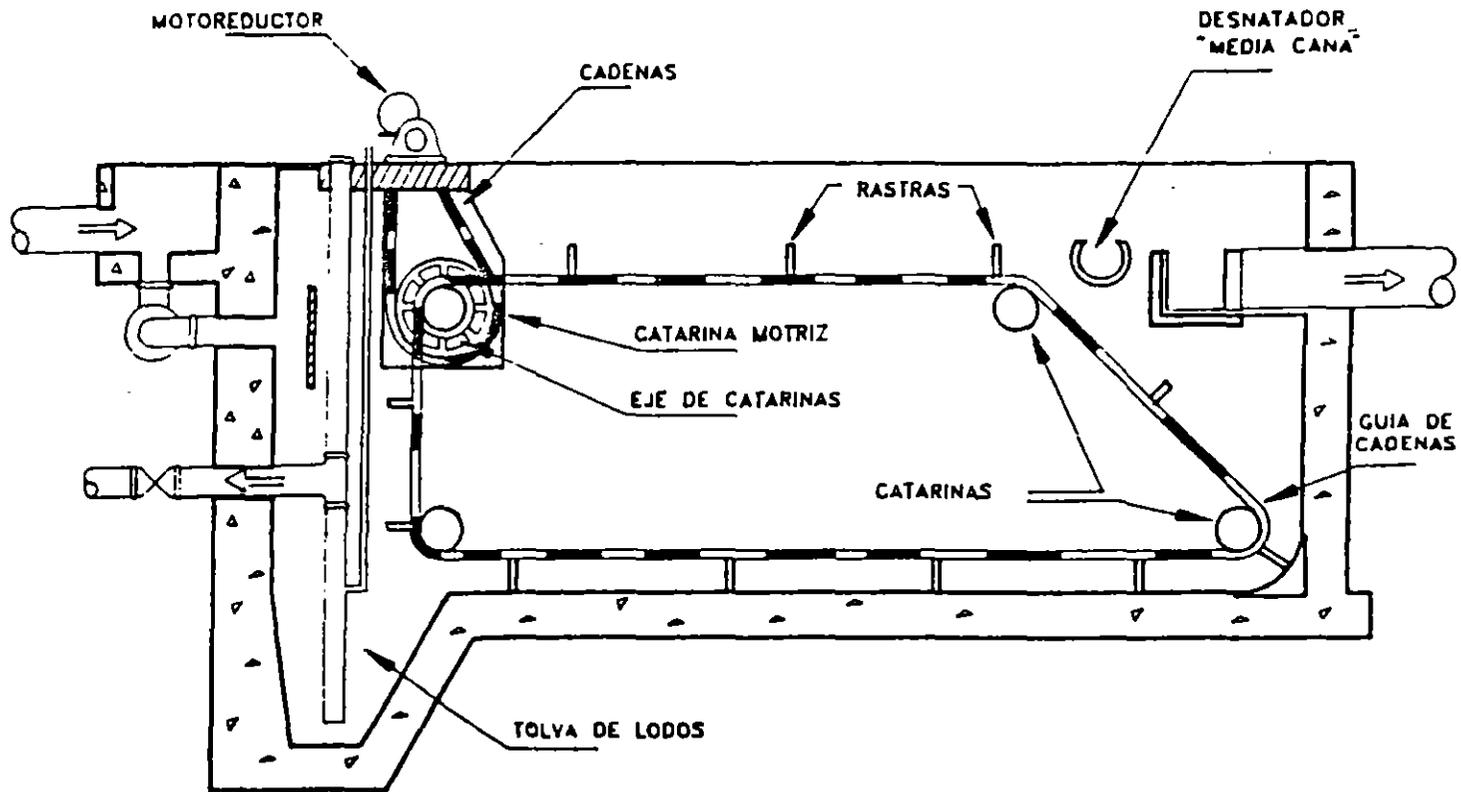


FIGURA 4.3 SEDIMENTADOR RECTANGULAR CON RASTRAS Y CADENAS  
 CON RECOLECCION DE NATAS

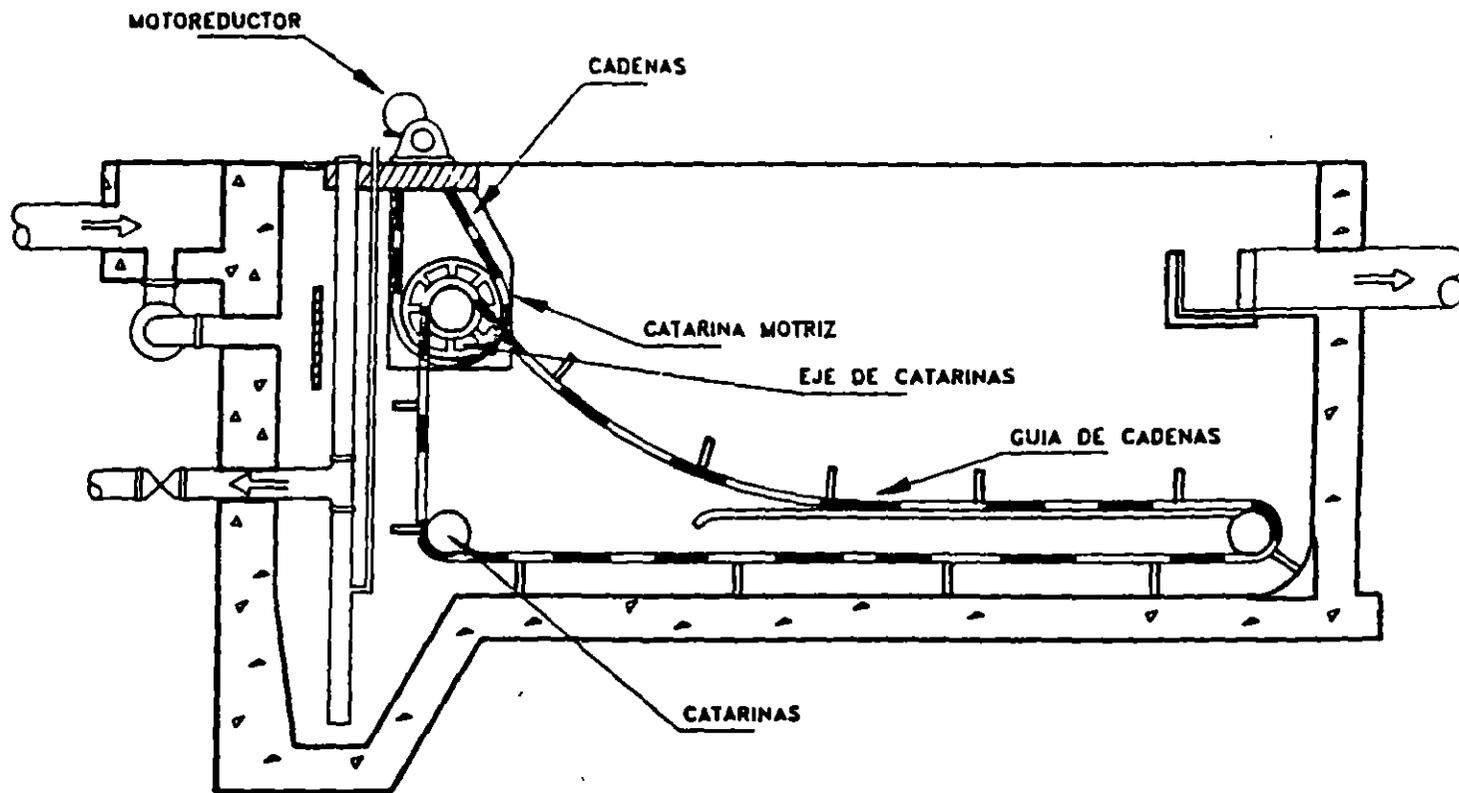
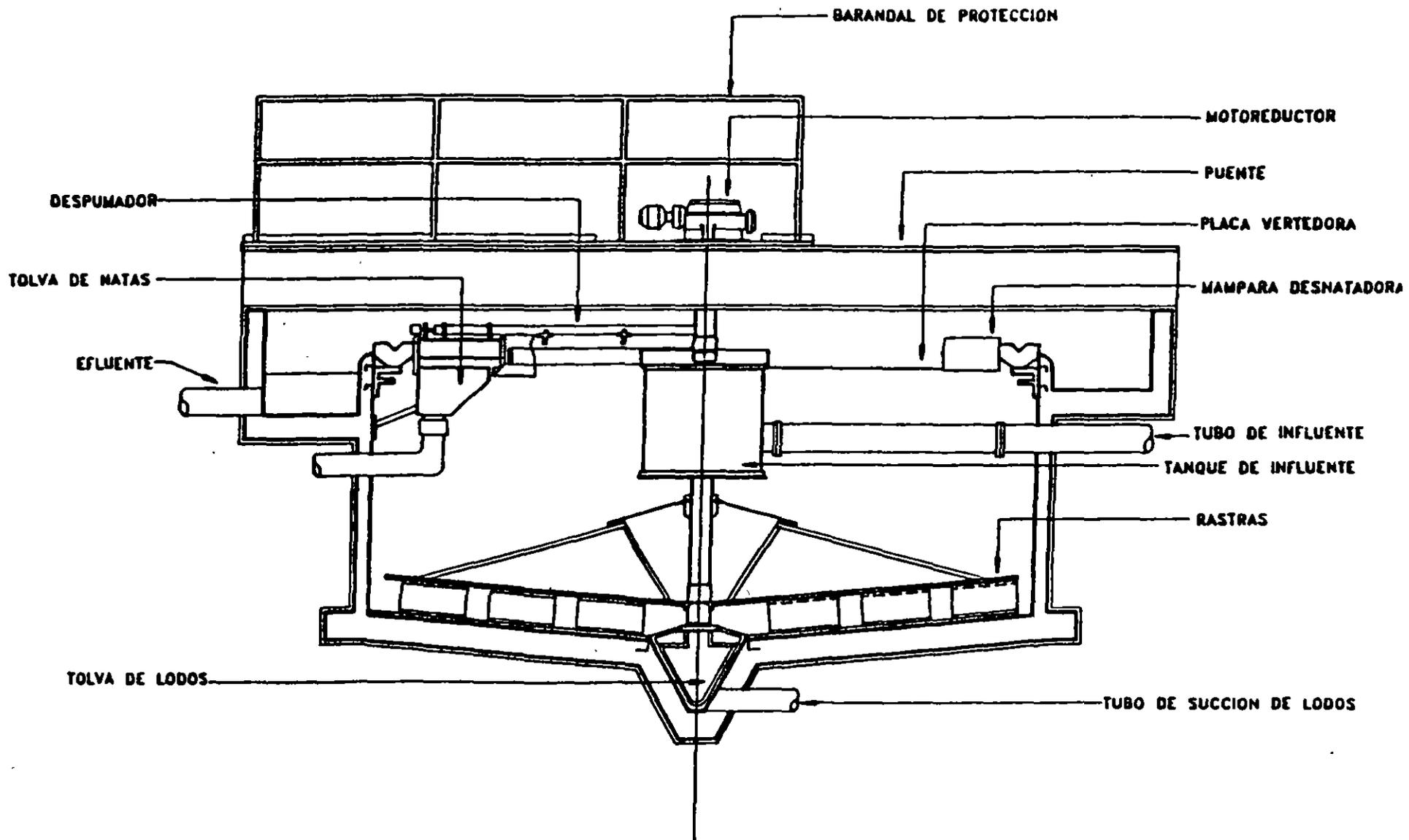


FIGURA 4.4 SEDIMENTADOR RECTANGULAR CON RASTRAS Y CADENAS SIN REMOCION DE NATAS



**FIGURA 4.5 TÍPICO SEDIMENTADOR CIRCULAR**

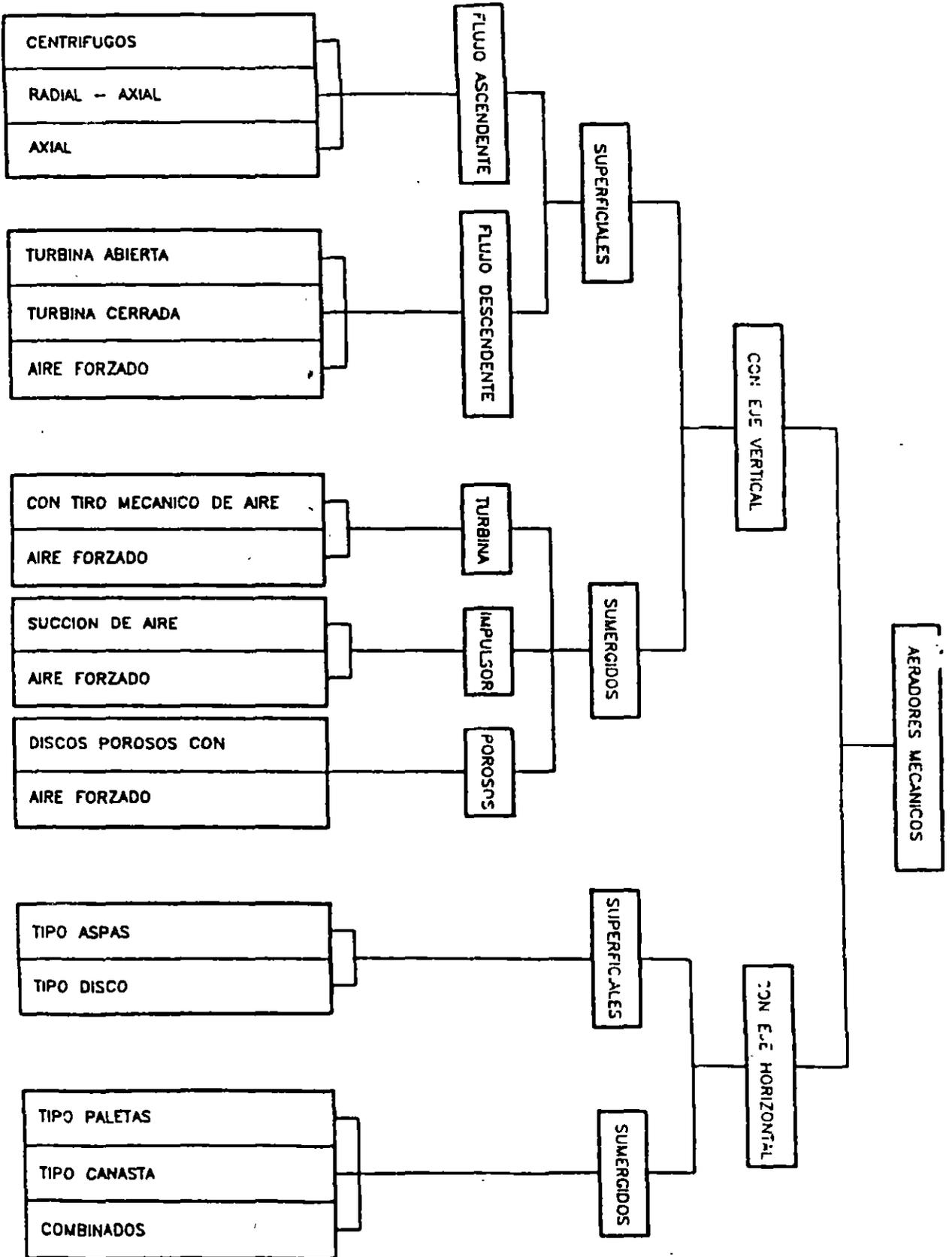
## DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS DE PROCESO

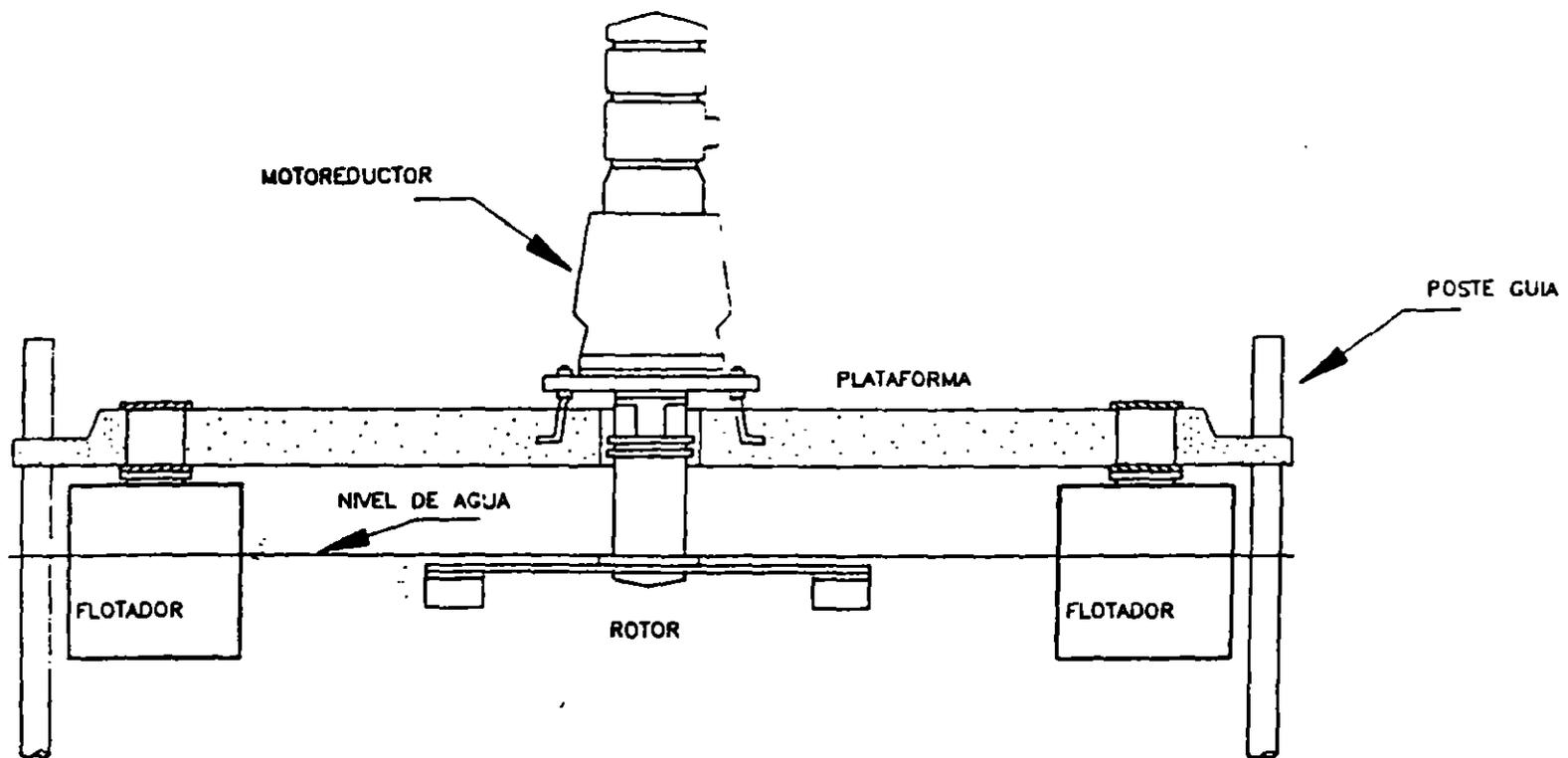
CONTENIDO	NOTAS
<p>succión fue desarrollado para resolver problemas de mantenimiento, como los mencionados para rastras con cadenas. No requieren que el sedimentador se vacíe para su mantenimiento o reparación.</p> <p>Los puentes viajeros con rastra, raras veces se utilizan en plantas de lodos activados; los puentes viajeros con sistema de succión son más comunes.</p> <h3>4.2 SISTEMAS DE AERACION</h3> <p>Se consideran el corazón de las plantas de lodos activados. Los microorganismos aerobios no pueden vivir sin la transferencia de oxígeno al tanque de aeración.</p> <p>La simulación de lo que sucede en las corrientes donde en forma natural el agua se oxigena con la velocidad y cambios de dirección del río y otros factores, se logra artificialmente con dos tipos de sistemas, uno con base en aeradores mecánicos, y el otro mediante aeración por difusión.</p> <h3>AERADORES MECANICOS</h3> <p>La aplicación más usual de aeradores mecánicos incluye varias modificaciones al proceso de lodos activados, zanjas de oxidación, unidades de forma oval o de anillo, lagunas aeradas, etc. Los aeradores mecánicos también son usados en otras unidades de proceso, como en sistemas de preaeración, tanque de homogeneización,</p>	

## DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS DE PROCESO

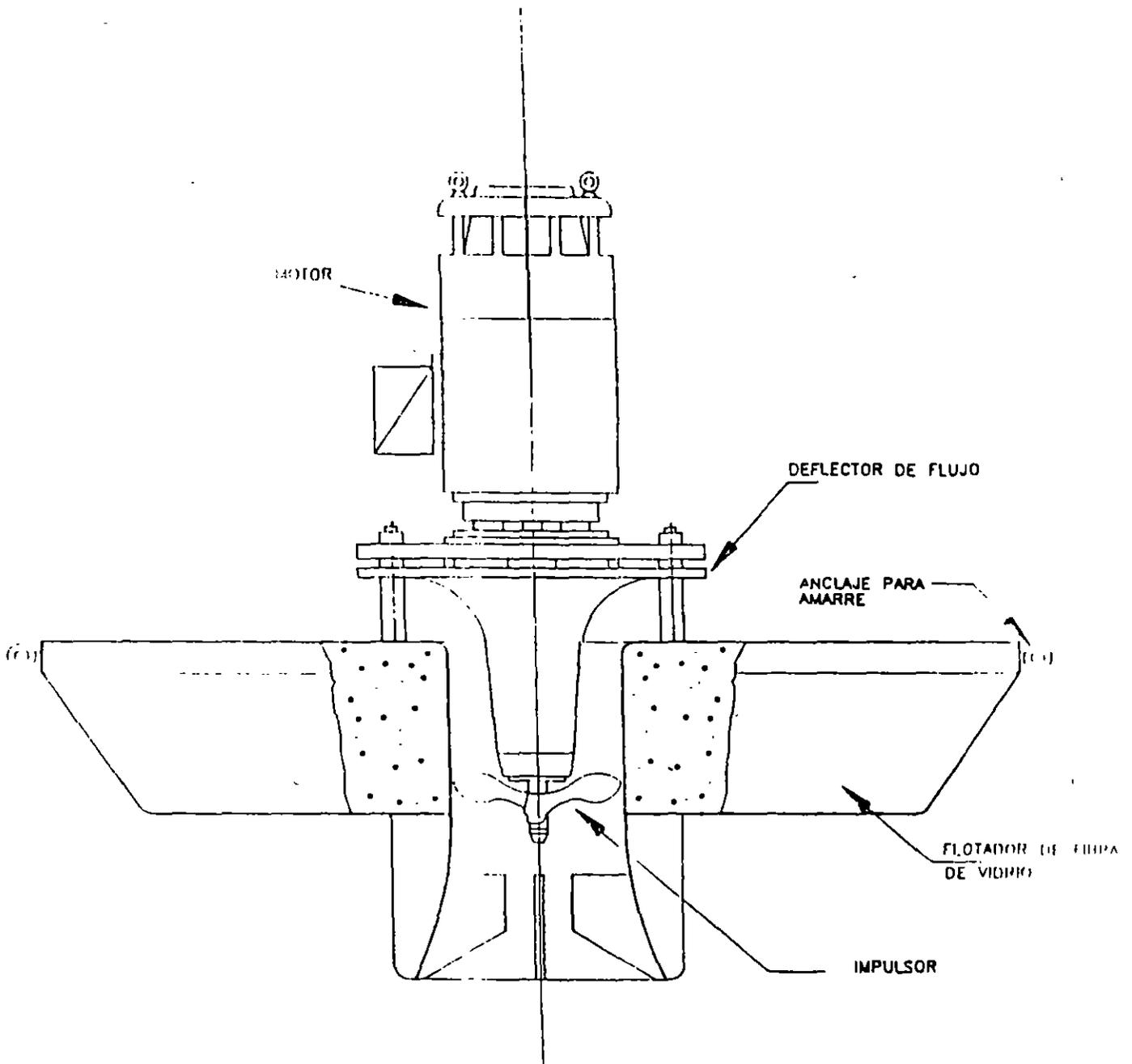
CONTENIDO	NOTAS
<p>sistemas postaeración, lagunas de pulimiento y aeración de cuerpos naturales de agua.</p> <p>Los principales requisitos para aceptar equipos de aeración mecánica son los siguientes:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Se debe tener suficiente transferencia de oxígeno a un costo razonable.</li><li>2. La capacidad de mezclado debe ser suficiente.</li><li>3. Los aerosoles y rocío causado por la aeración no deben contaminar el aire; esto es importante en plantas cercanas a zonas residenciales.</li><li>4. Los aeradores requieren bajo mantenimiento, flexibilidad de operación y control del equipo.</li></ol> <p>Los aeradores mecánicos dan una combinación de aeración y mezcla del líquido. Algunos producen la interfase gas-líquido tomando aire de la atmósfera y dispersándolo en burbujas; otros dispersan el líquido en el aire en forma de gotas; algunos producen películas delgadas de agua que entran en contacto con el aire, y otros generan gotas de agua y burbujas de aire. Un grupo específico de aeradores mecánicos usan la difusión inyectando el aire de la superficie al líquido; se llaman aeradores mecánicos combinados. La tabla 4.1 muestra la diversidad de aeradores mecánicos, divididos en dos grandes grupos, los de eje vertical y los de eje horizontal. Las figuras 4.6 a 4.12 muestran diagramas de aeradores mecánicos. La eficiencia de</p>	

TABLA 4.1

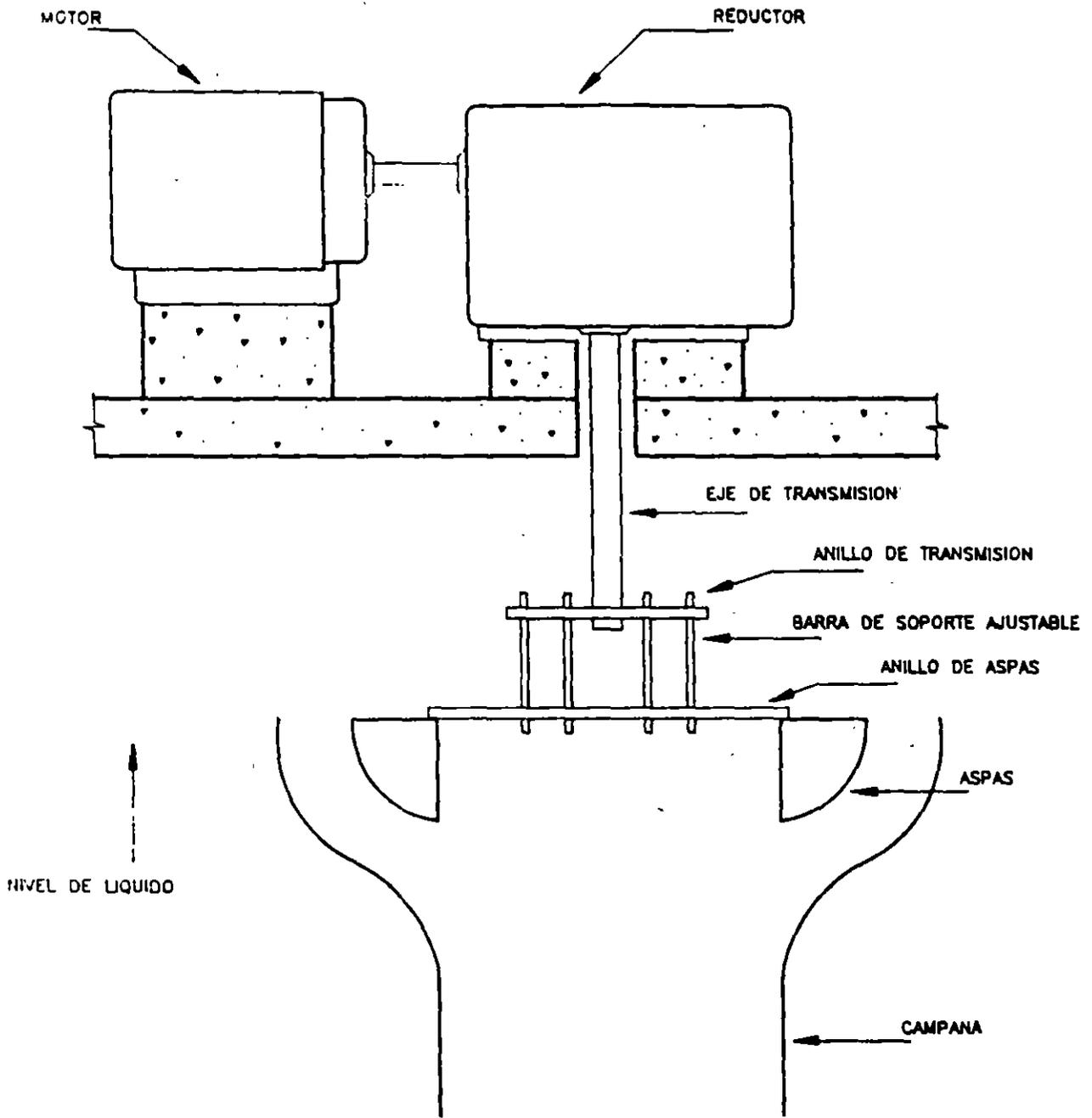




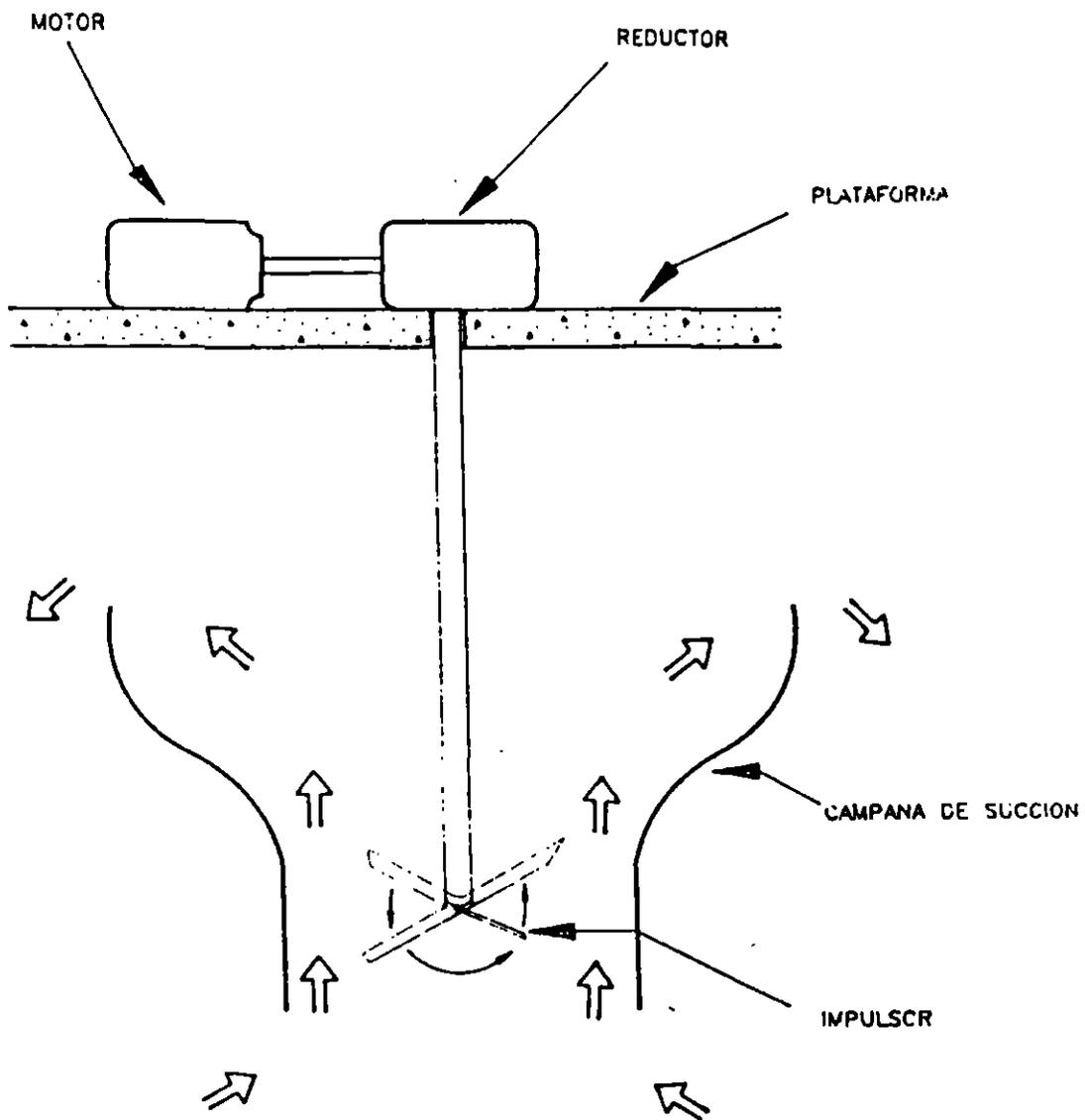
**FIGURA 4.6 AERADOR MECANICO DE EJE VERTICAL Y BAJA VELOCIDAD.**



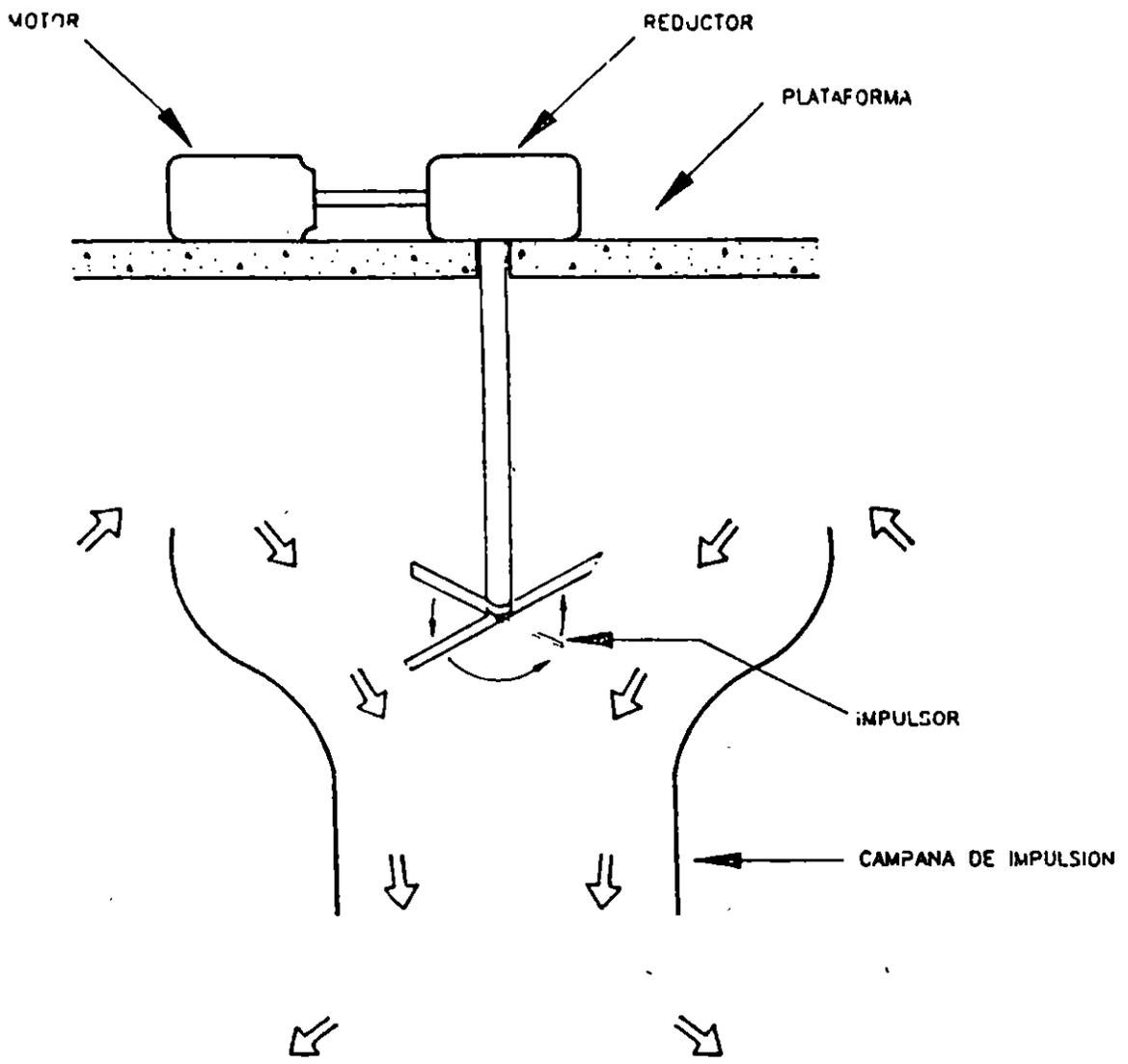
**FIGURA 4.7 AERADOR SUPERFICIAL FLOTANTE DE EJE VERTICAL Y ALTA VELOCIDAD, CON IMPULSOR**



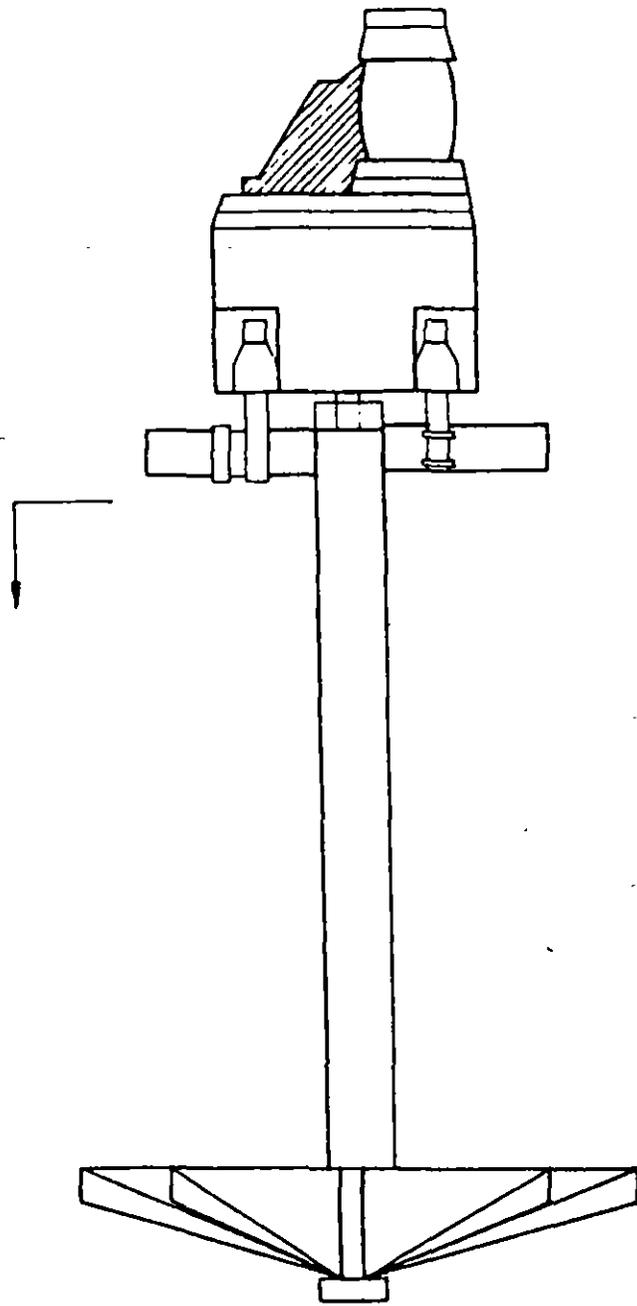
**FIGURA 4.8 AERADOR MECANICO DE EJE VERTICAL TIPO ASPAS**



**FIGURA 4.9 AERADOR MECANICO EJE VERTICAL DE TURBINA FLUJO ASCENDENTE**



**FIGURA 4.10 AERADOR MECANICO EJE VERTICAL  
IMPULSOR DE FLUJO DESCENDENTE**



**FIGURA 4.11 AERADOR MECANICO SUMERGIDO DE BAJA VELOCIDAD**

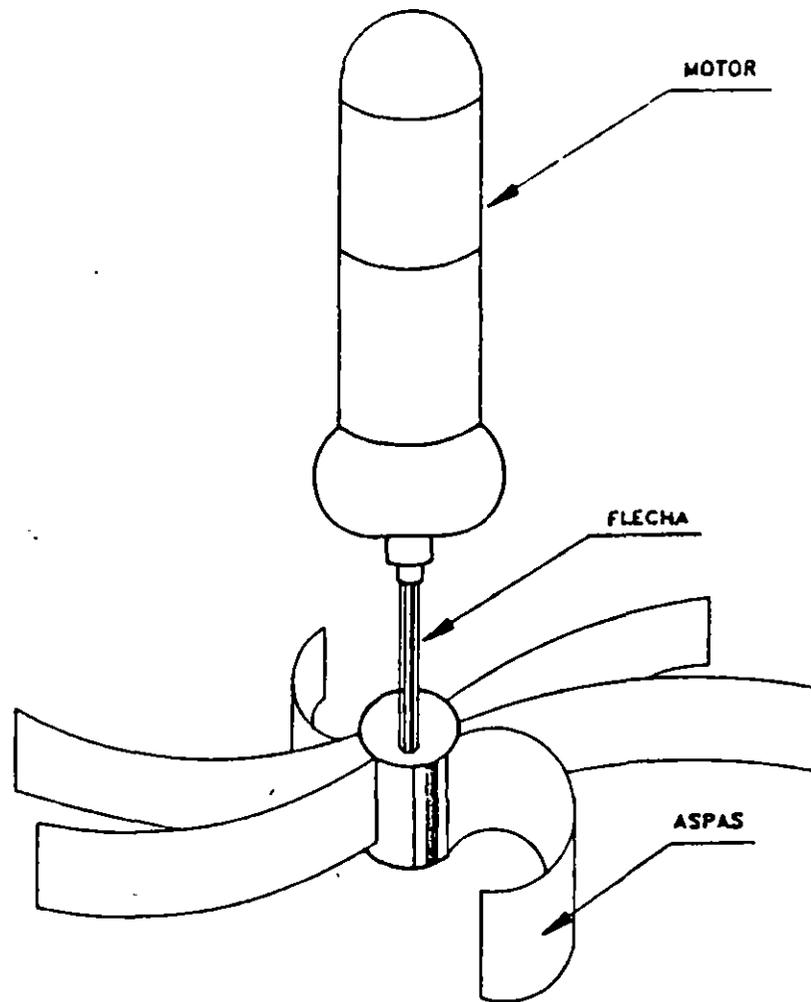


FIGURA 4.12 AERADOR MECANICO AXIAL CON ASPAS ABIERTAS

## DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS DE PROCESO

CONTENIDO	NOTAS
<p>transferencia de oxígeno se puede consultar en la tabla 4.2.</p>	
<h3>CONSIDERACIONES EN LA OPERACION Y MANTENIMIENTO</h3>	
<p>La operación efectiva del equipo de aeración mecánica debe minimizar el consumo de energía y maximizar su funcionamiento. La operación y mantenimiento se enfocará al control de la concentración de oxígeno disuelto en el líquido aerado; proporcionar la mezcla mínima requerida en el sistema y proporcionar el servicio e inspección necesaria sin interrumpir la operación.</p>	
<p>Generalmente la concentración de oxígeno disuelto se establece entre 1 y 2 mg/l, a temperaturas cercanas a los 20 °C; el consumo de energía para proporcionar 4 mg/l de oxígeno en lugar de 2 mg/l puede aumentar entre un 35 y 40%. Debido a que el consumo de energía en aeración es uno de los mayores costos de operación de la planta no se debe sobreoxigenar el licor mezclado del aerador. Las técnicas de control dependen totalmente del equipo de aeración, y se muestran en la tabla 4.3.</p>	
<p>El mantenimiento de aeradores mecánicos involucra lo siguiente:</p>	
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Mantenimiento preventivo periódico, tal como engrasado y aceitado de engranes y baleros, revisión</li></ol>	

Tabla 4.3 TECNICAS DE CONTROL DE LA CONCENTRACION DE OXIGENO CON AERADORES MECANICOS.

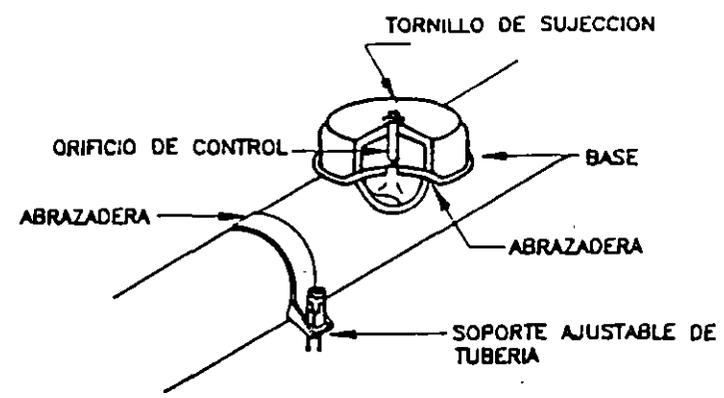
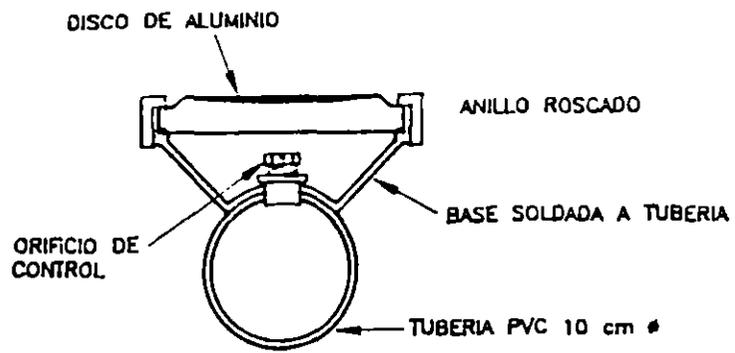
TIPO DE AERADOR	TECNICA			
	SUMERGENCIA	VELOCIDAD	AIRE	ENCENDIDO APAGADO
Superficiales centrífugos de baja velocidad	SI	SI	NO	SI
Superficiales axiales de alta velocidad	NO	NO	NO	SI
Flujo descendente turbina abierta	POSIBLE	POSIBLE	NO	SI
Flujo descendente turbina cerrada	POSIBLE	POSIBLE	NO	SI
Flujo descendente turbina cerrada con aire forzado	NO	NO	SI	SI
Turbina sumergida	NO	NO	SI	NO
Impulsor sumergido	NO	NO	NO	SI
Rotor superficial y disco	SI	SI	NO	SI
Eje horizontal aeración mecánica	NO	NO	SI	SI

## DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS DE PROCESO

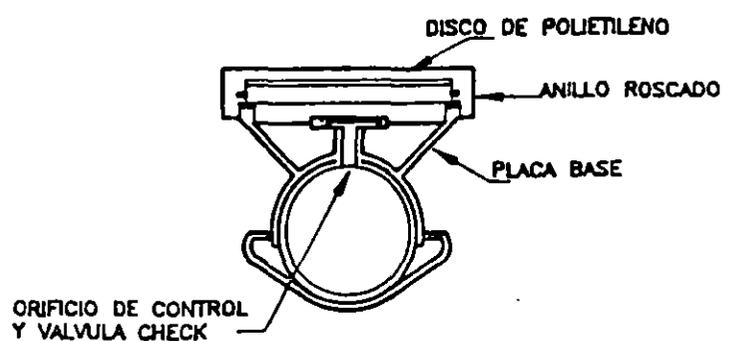
CONTENIDO	NOTAS
<p>de cables eléctricos y mecanismos de fijación, revisión del desgaste de bandas, etc.</p> <ol style="list-style-type: none"><li>2. Registro de datos de uso de energía, sumergencia de aeradores, gasto de aeradores, gasto de aire (si aplica).</li><li>3. Registro de datos de tiempos de uso, tiempos de reparación.</li><li>4. Análisis de la falla de equipos, interrupciones de la operación, mantenimiento de sopladores y tubería con equipos combinados.</li></ol>	
<p><b>AERACION POR DIFUSION</b></p> <p>La aeración por difusión ha sido empleada en tratamiento de aguas residuales desde principios de siglo. Los primeros sistemas introducían aire a través de tubos abiertos o tuberías perforadas colocadas en el fondo del aerador. El deseo de mejorar la eficiencia llevó al desarrollo de difusores de placa porosa que producen pequeñas burbujas y se obtienen altas eficiencias en la transferencia de oxígeno.</p> <p>La aeración por difusión es definida como la inyección de gas (aire u oxígeno) a presión bajo la superficie líquida. Todos los equipos que se describirán alcanzan esta definición.</p> <p>La industria del tratamiento de aguas residuales ha</p>	

## DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS DE PROCESO

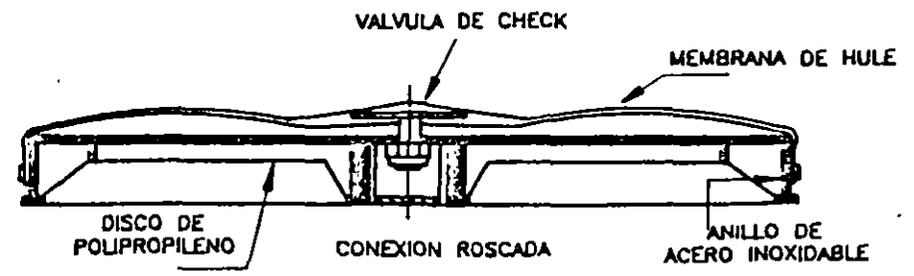
CONTENIDO	NOTAS
<p>introducido una gran variedad de equipos de difusión de aire. La clasificación tradicional mencionaba los difusores de burbuja gruesa, y los de burbuja fina. Esta clasificación aparentemente da idea de la eficiencia de transferencia de oxígeno; sin embargo, no existe un valor para diferenciar si una burbuja es gruesa o fina. Por esta razón, la clasificación actual se hace por las características físicas de los difusores, dividiéndolos en tres categorías: Difusores porosos, Difusores no porosos, y otros mecanismos de difusión.</p> <p><b>DIFUSORES POROSOS</b></p> <p>Su uso les ha ganado renovada popularidad debido a la relativamente alta eficiencia de transferencia de oxígeno mostrada (figuras 4.13 y 4.14). Se han utilizado numerosos materiales para fabricar este tipo de difusores: materiales rígidos de cerámica o plástico, y materiales flexibles de plástico o tela. De acuerdo con su forma, se pueden encontrar difusores porosos de placa, domos, discos y tubos.</p> <p><b>DIFUSORES NO POROSOS</b></p> <p>Difieren de los porosos por tener grandes orificios (comparados con los poros) o agujeros que no se obstruyen fácilmente. Se encuentran en una amplia variedad de materiales y formas. Los difusores de orificio fijo varían desde simples huecos taladrados hasta ranuras especialmente configuradas en tuberías metálicas o plásticas. Los difusores con orificio y válvula caen también en esta categoría, así como los</p>	



(b)



(a)



(c)

FIGURA 4.13 DIFUSORES POROSOS: a) disco, b) domo, c) disco perforado

CONTENIDO	NOTAS
<p>difusores estáticos y las mangueras perforadas. Figuras 4.15 y 4.16.</p> <p><b>OTROS SISTEMAS DE DIFUSION</b></p> <p>Dentro de la clasificación se separaron los mecanismos híbridos como los sistemas de Jet , mecanismos aspirantes como las bombas aspiradoras de propela, y la aeración en tubos U ; se pueden observar en las figuras 4.17 a 4.20.</p> <p>Los factores que afectan el funcionamiento de los difusores son: tamaño de la burbuja y características del medio, uniformidad de la distribución del aire, tamaño y forma del difusor, gasto por difusor, profundidad de colocación del difusor, geometría del tanque, arreglo de difusores, etc. Las figuras 4.21 y 4.22 muestran arreglos de difusores.</p> <p><b>SOPLADORES</b></p> <p>Un soplador es un mecanismo de una o varias etapas diseñado para producir grandes volúmenes de aire o gas a una presión cercana a la atmosférica. Un compresor se clasifica como un mecanismo diseñado para producir pequeños volúmenes de aire a altas presiones. Ambas máquinas realizan la misma función; la aplicación y rangos de presión son la diferencia entre soplador y compresor.</p> <p>Los sopladores son la mayor fuente de consumo de energía en plantas de lodos activados. Cualquier</p>	

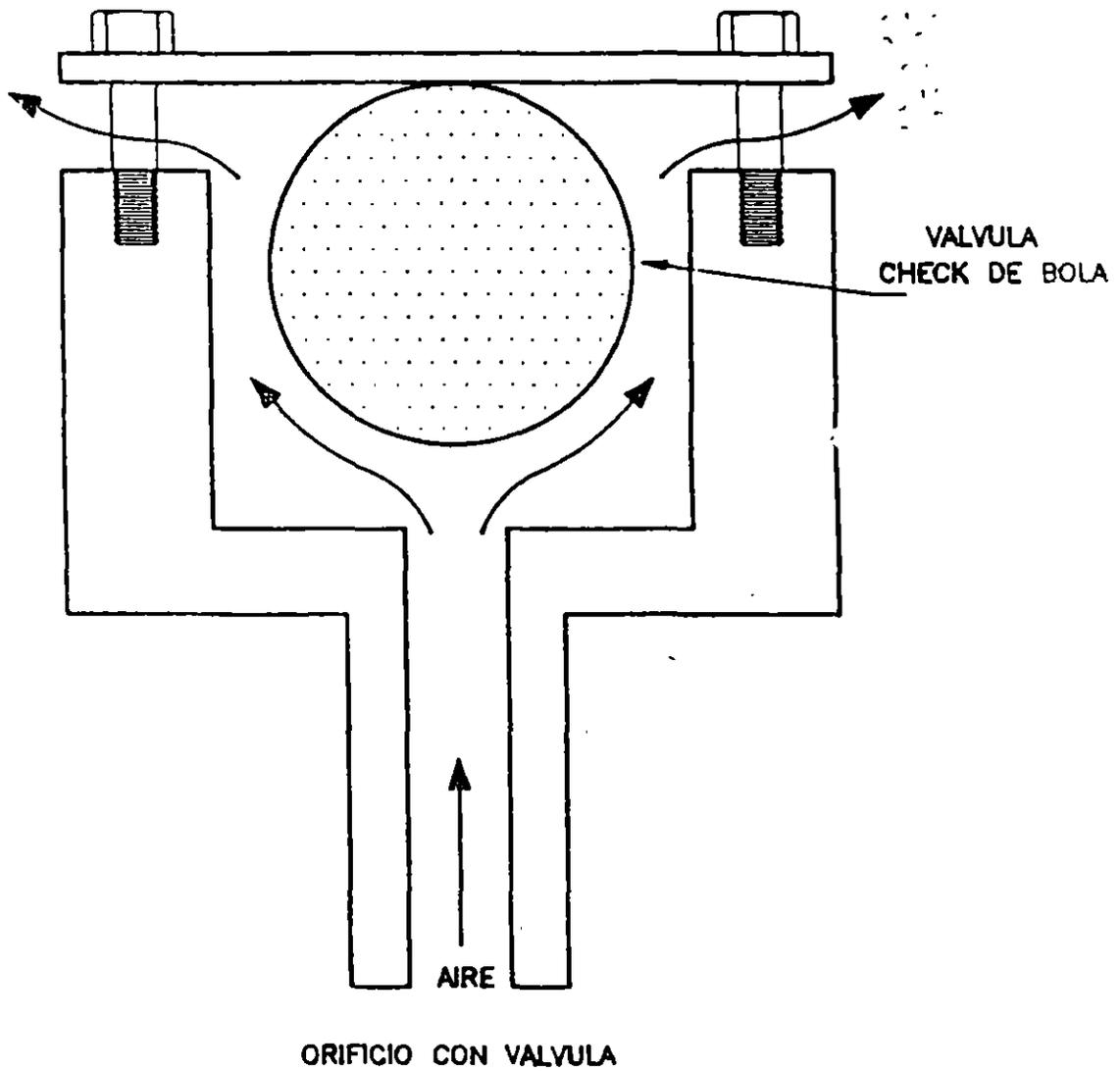
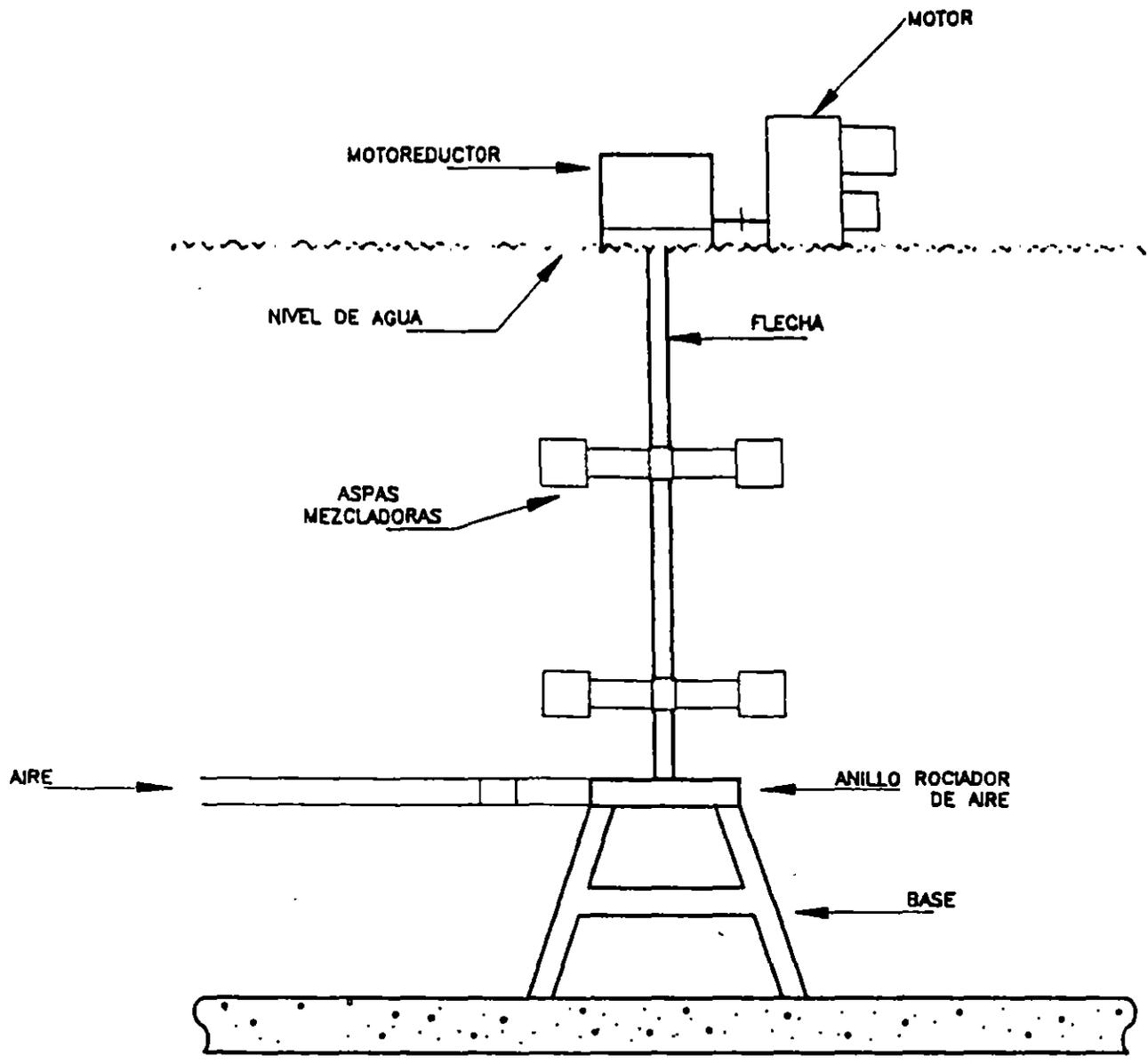


FIGURA 4.15 DIFUSORES NO POROSOS



**FIGURA 4.17 AERADOR DE TURBINA CON AIRE FORZADO (ROCIADOR)**

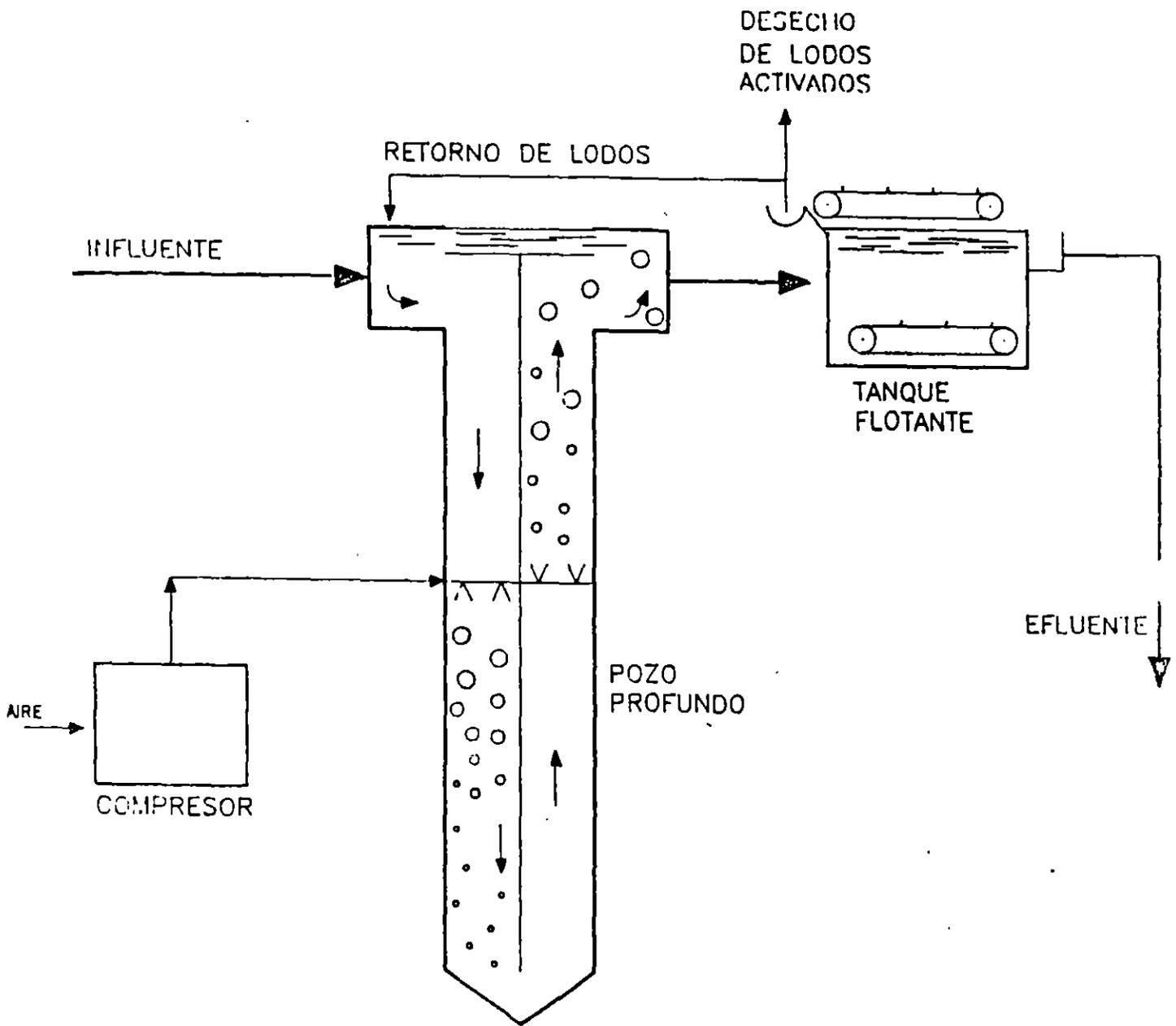


FIG. 4.18 AERACION EN TUBO "U"

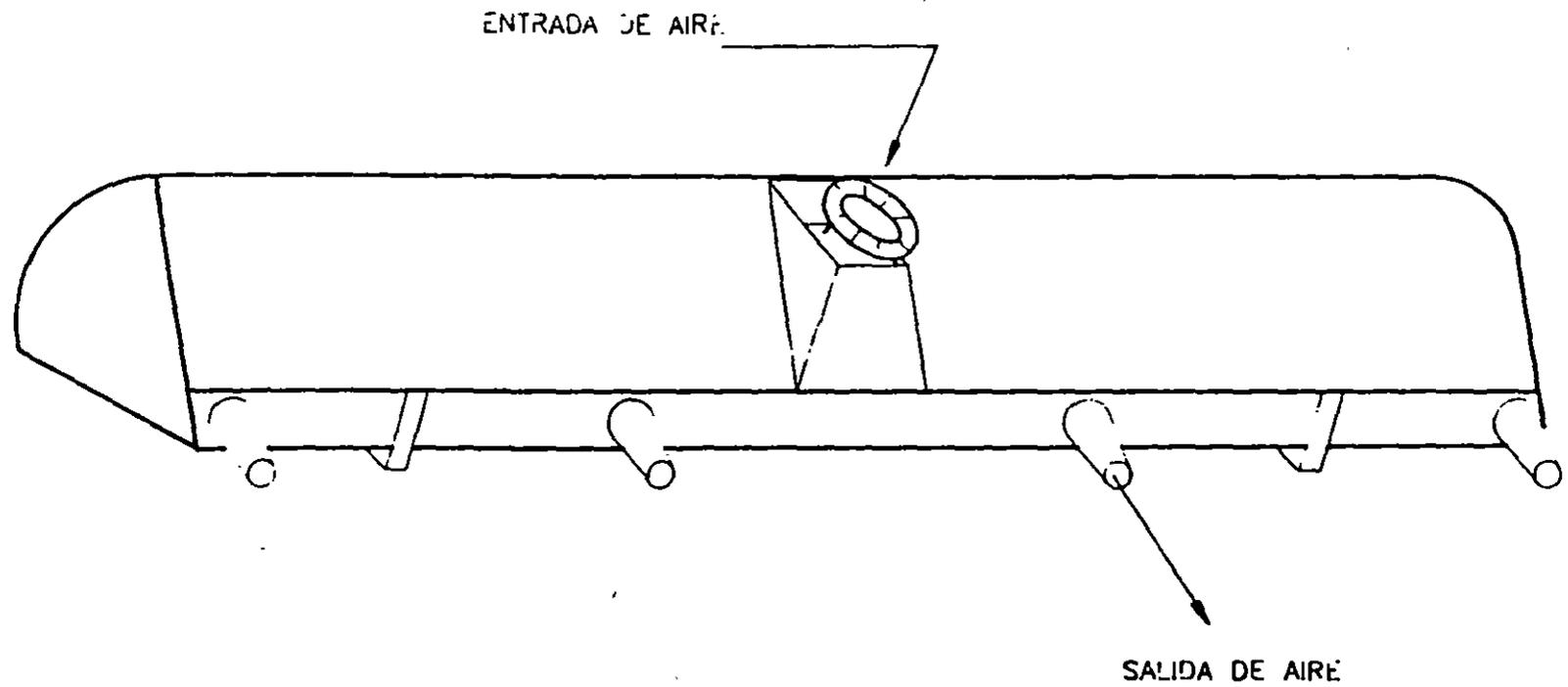
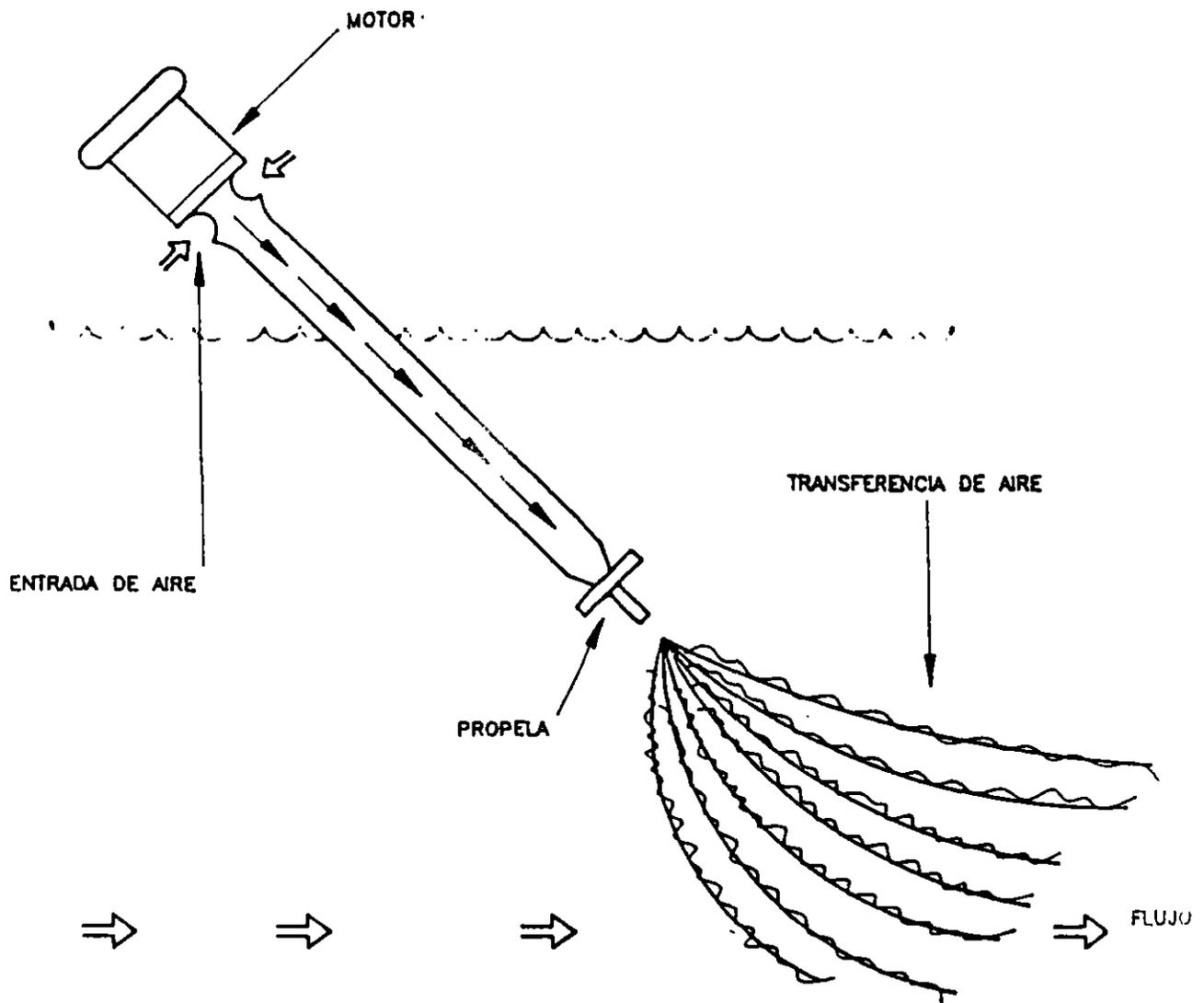
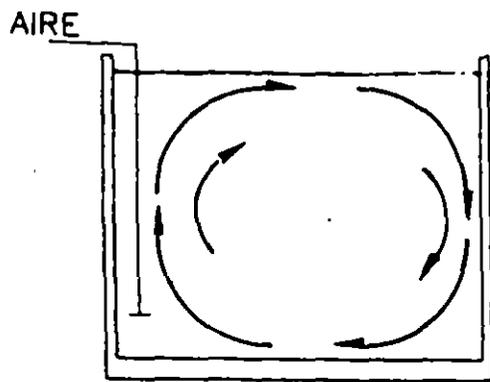


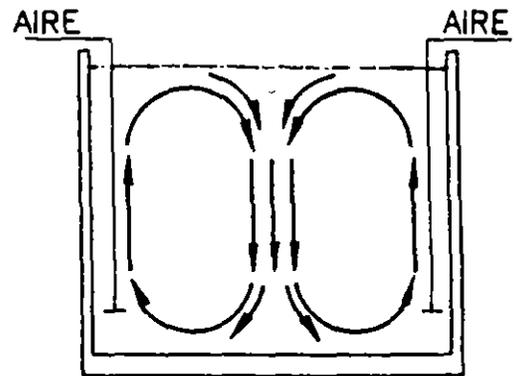
FIGURA 4.19 AERADOR TIPO JET DIRECCIONAL



**FIGURA 4.20 MECANISMO ASPIRANTE DE PROPELA (TIPO CAÑÓN)**

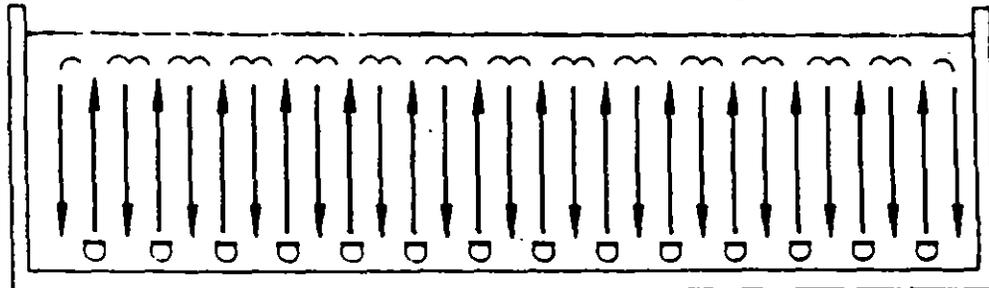


FLUJO SIMPLE

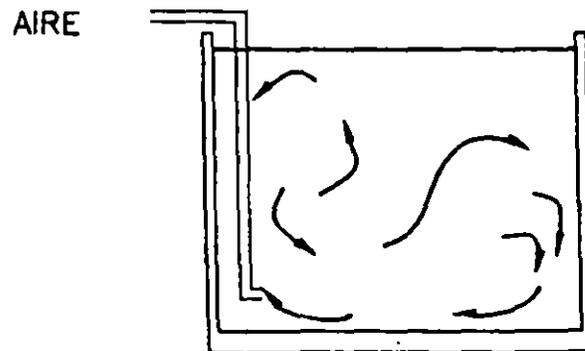


FLUJO DOBLE

ARREGLO DE FLUJO EN ESPIRAL



PISO CON DIFUSORES



AERACION TIPO JET

FIGURA 4.21 DIFERENTES ARREGLOS DE DIFUSORES "MODELO DE FLUJO"

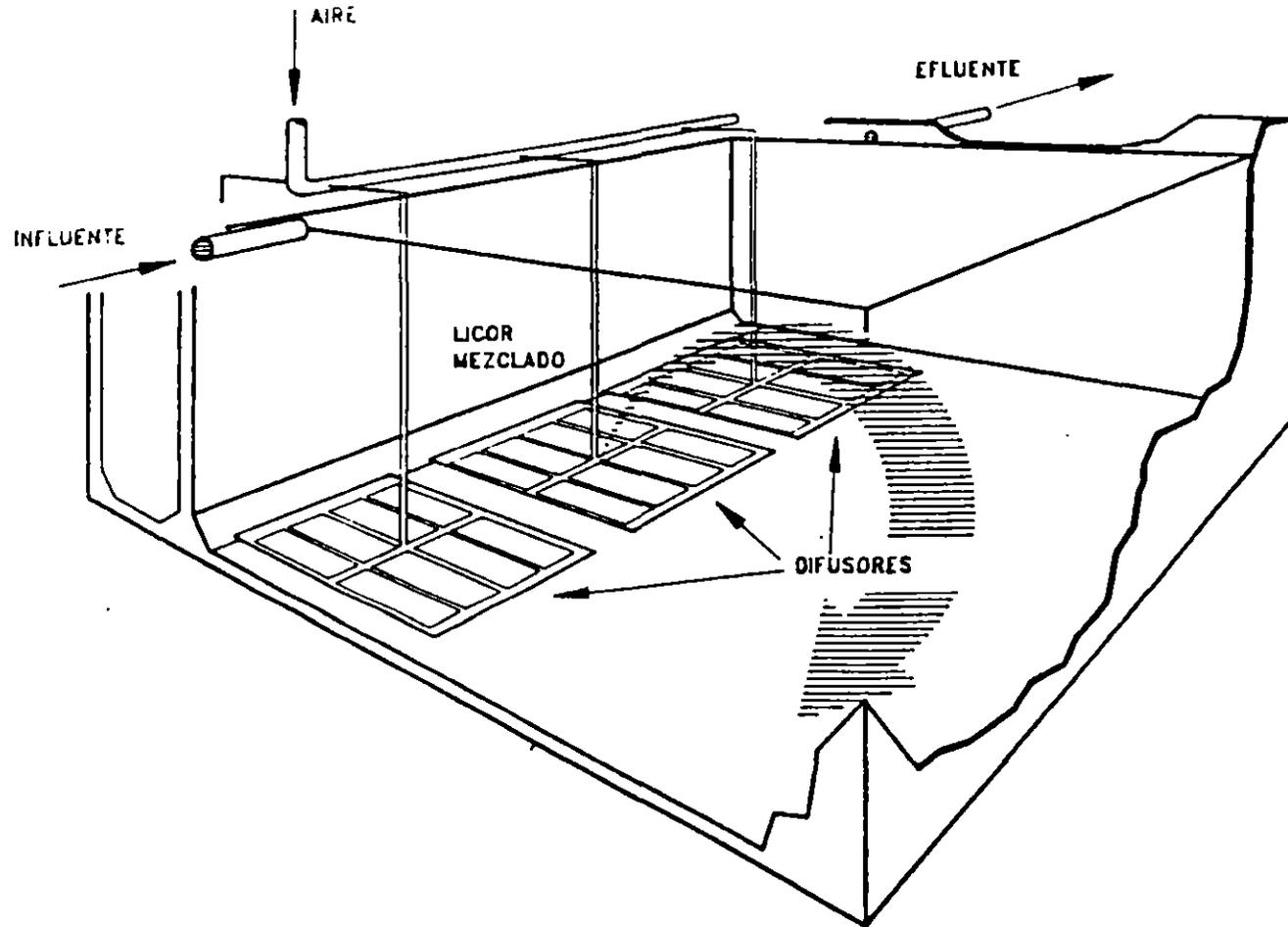
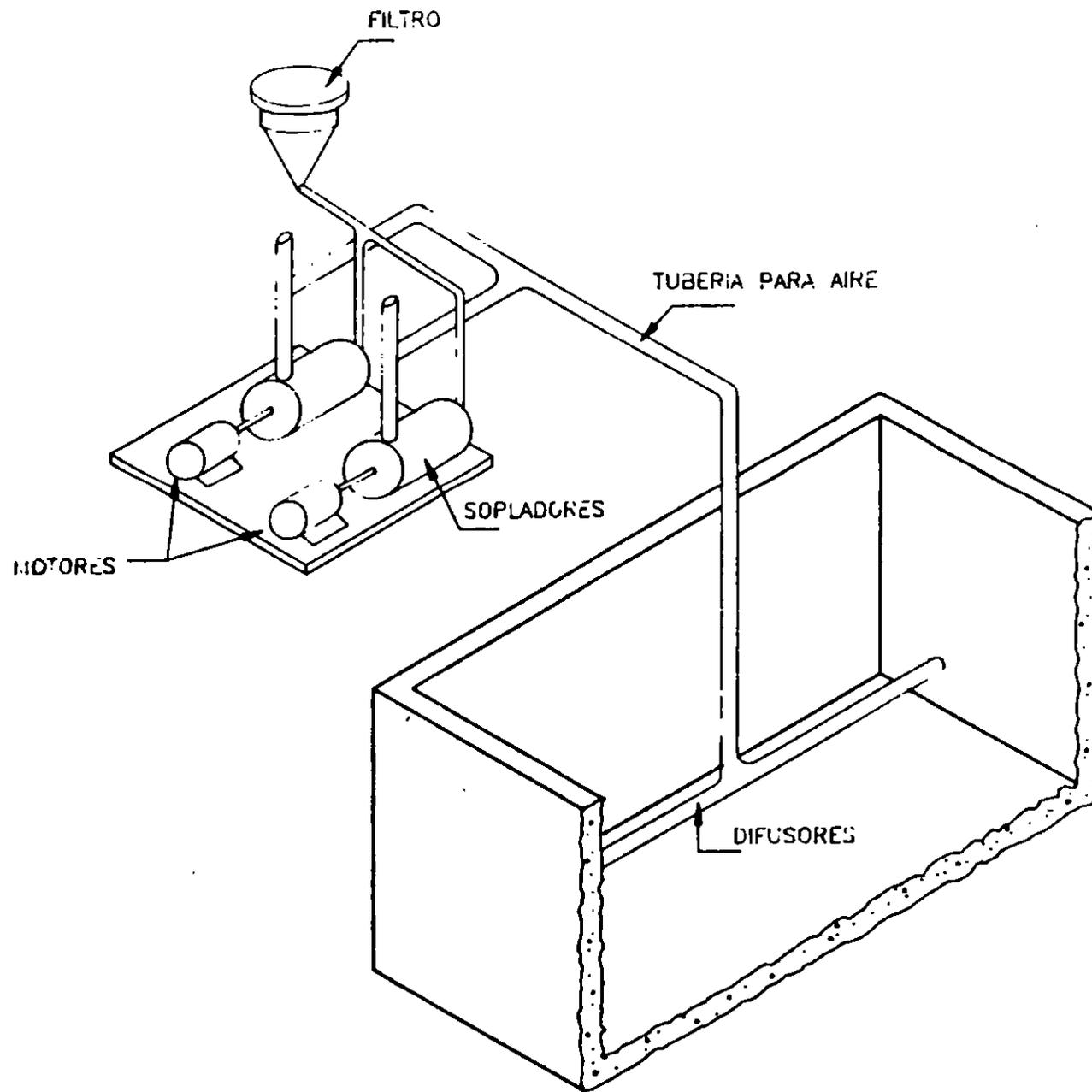


FIGURA 4.22 ARREGLO TIPICO DE DIFUSORES



**FIGURA 4.23 SISTEMA DE SOPLADORES Y DIFUSORES**

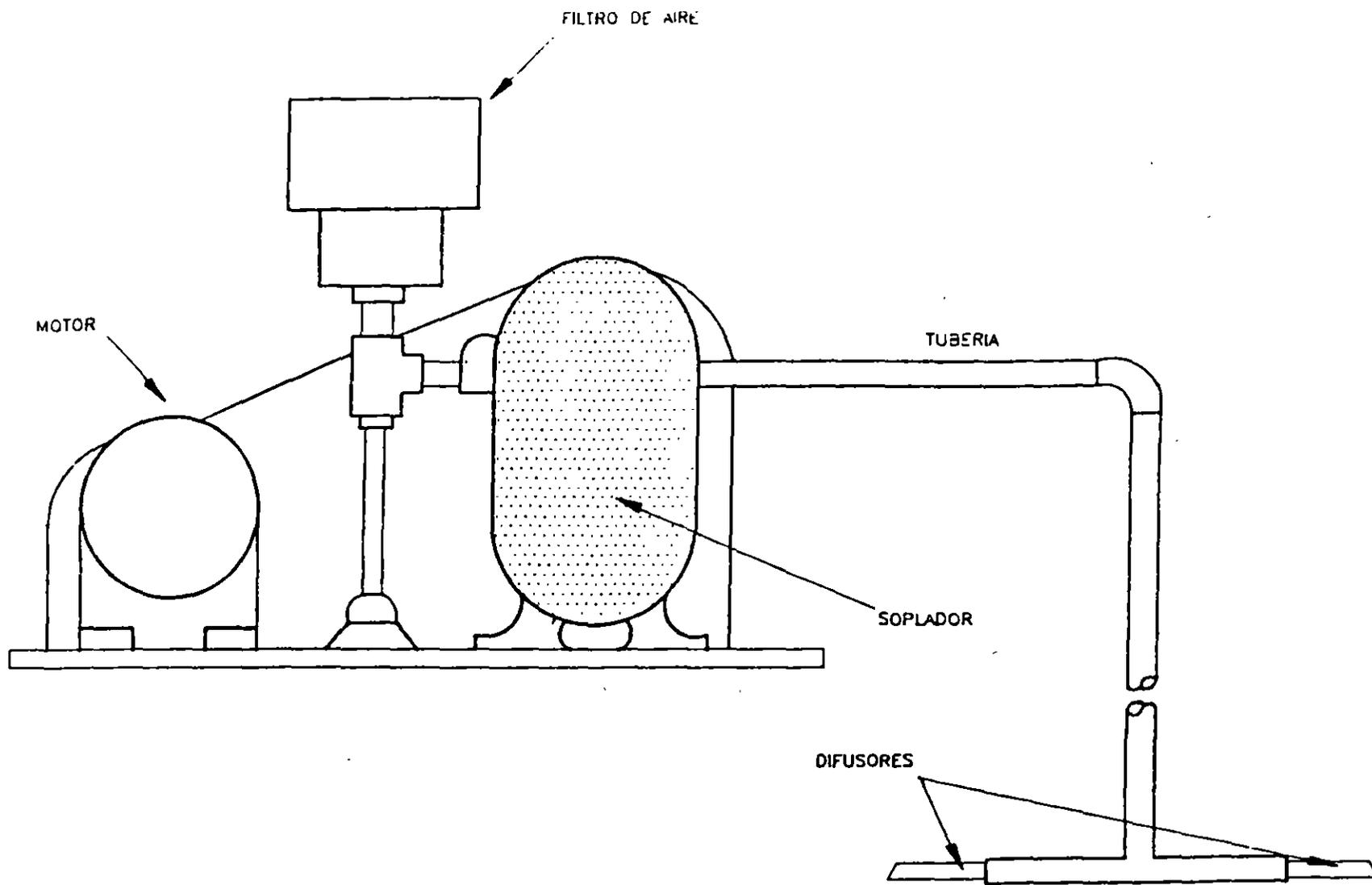
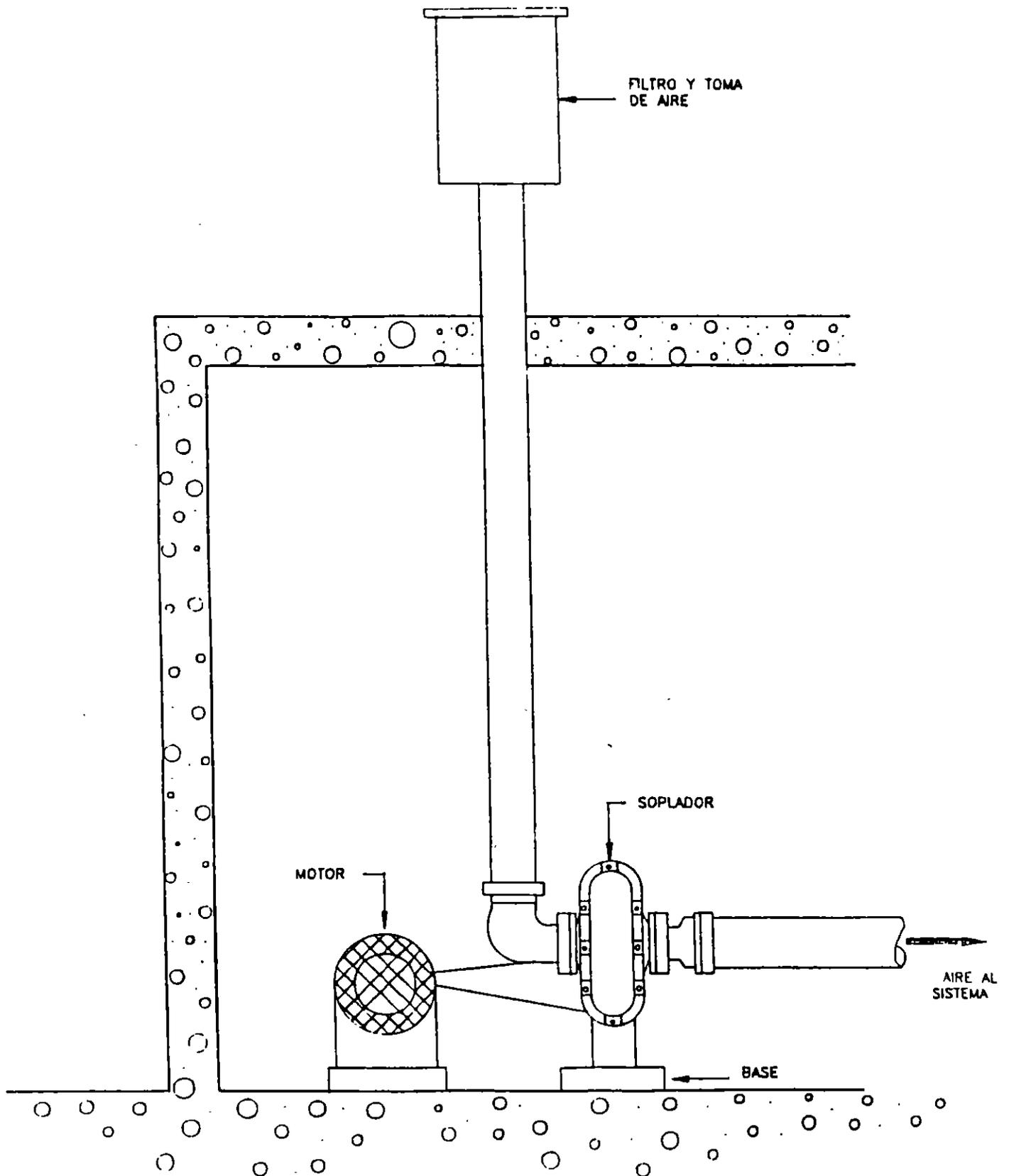


FIGURA 4.24 TÍPICO SISTEMA DE AERACION POR DIFUSION.



**FIGURA 4.25 SISTEMA DE SOPLADORES Y DIFUSORES CON FILTRO DE AIRE EXTERIOR**

## CONCEPTOS BASICOS Y VARIANTES AL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

CONTENIDO	NOTAS
<p>utilice la mayor parte de éste.</p> <p>La disolución del oxígeno y la mezcla se realiza con aeradores superficiales o con sistemas de turbinas sumergidas. La figura 3.10 muestra un diagrama del sistema.</p> <p>Un aspecto importante es la fuente para obtener el oxígeno de alta pureza; existen tres posibles fuentes: oxígeno líquido almacenado y dos métodos de generación de oxígeno <i>in situ</i>. El oxígeno líquido almacenado puede utilizarse en pequeñas plantas de hasta 175 l/s.</p> <p><b>PROCESO KRAUS</b></p> <p>Otra modificación al proceso de lodos activados es el esquema conocido como <b>Proceso Kraus</b>. El diagrama de flujo respectivo se muestra en la figura 3.11 .</p> <p><b>El lodo anaeróbiamente digerido y el sobrenadante del digestor se añaden a los lodos de recirculación.</b></p> <p>Esta modificación utiliza lodos digeridos anaeróbiamente y el sobrenadante del digestor para ayudar a mejorar las propiedades de sedimentación de los lodos activados o flocs biológicos. Como se observa en la figura 3.11 , una parte del lodo de recirculación del sedimentador secundario es mezclado con lodos anaeróbicamente digeridos y con el sobrenadante del digestor en un tanque de reaeración.</p>	

## DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS DE PROCESO

CONTENIDO	NOTAS
<p>3. Difusores ajustables en la descarga de compresores radiales con impulsores, pueden dar cierta capacidad de regulación sin reducir la presión de descarga. Este mecanismo también da un 45% de reducción de la capacidad nominal del soplador.</p> <p>4. El uso de motores de velocidad variable es un método eficiente de regulación para sopladores de desplazamiento positivo. Un pequeño cambio de velocidad de rotación puede producir un cambio relativamente grande en la presión de descarga del soplador. Debido a que operan en un pequeño rango de presiones, el uso de motores de velocidad variable no es económico.</p> <p>5. En plantas pequeñas de aguas residuales, un solo soplador en funciones y otro en espera son suficientes. En grandes plantas es común encontrar una serie de sopladores funcionando a la vez, con uno de reserva.</p>	
<p>El control de sopladores en serie requiere un análisis de funcionamiento de acuerdo con las curvas características del sistema.</p>	

Tabla 4.2 RANGOS DE EFICIENCIA DE AERACIÓN PARA DIVERSOS AERADORES MECÁNICOS.

TIPO DE AERADOR	EFICIENCIA DE AERACION kg O <sub>2</sub> /kw-h	
	STANDAR	CAMPO
Superficiales centrífugos de baja velocidad.	1.2-3.0	0.7-1.4
Superficiales centrífugos con tubo de succión.	1.2-2.8	0.7-1.3
Superficiales axiales de alta velocidad.	1.2-2.2	0.7-1.2
Flujo descendente con turbina abierta.	1.2-2.4	0.6-1.2
Flujo descendente con turbina cerrada.	1.2-2.4	0.7-1.3
Turbina sumergida.	1.2-2.0	0.7-1.1
Impulsor sumergido.	1.2-2.4	0.7-1.1
Rotor superficial.	0.9-2.2	0.5-1.1



FACULTAD DE INGENIERIA EN I.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

CURSOS ABIERTOS

OPERACION Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS  
DE TRATAMIENTO DE LODOS ACTIVADOS

FUNDAMENTOS Y CONTROL DE LA OPERACION

1 9 9 6 .



CONTENIDO	NOTAS
-----------	-------

**5. FUNDAMENTOS Y CONTROL DE LA OPERACION**

El estudio realizado por la CNA sobre el inventario de plantas de tratamiento arroja datos significativos: más del 50% de las plantas inventariadas no operan o requieren rehabilitación, y del 50% que están en operación seguramente un alto porcentaje se encuentra en malas condiciones de operación y mantenimiento, no alcanzando los parámetros fijados por las autoridades para sus efluentes. De aquí se ve la necesidad de programas de mantenimiento y operadores bien capacitados para mejorar la eficiencia de las plantas.

**Una planta de aguas residuales es tan eficiente como lo son sus operadores.**

La eficiencia de una planta de tratamiento de aguas residuales es tan buena como hábil es su personal de operación, pero para que esto sea totalmente válido se requieren apoyos de otras áreas, principalmente recursos económicos.

Este curso-taller pretende presentar de manera concisa y accesible los principios básicos del proceso de lodos activados y sus modificaciones, así como describir las técnicas de operación que pueden utilizarse para optimizar el funcionamiento de la planta.

CONTENIDO	NOTAS
-----------	-------

## 5.1 MONITOREO DEL PROCESO

Para conocer realmente el proceso, su problemática y soluciones, es necesario que la planta sea monitoreada adecuadamente. El monitoreo del proceso representa la diferencia entre una planta por donde solo corre el agua, y otra en donde se trata el agua.

Cualquiera puede abrir o cerrar una válvula, arrancar o parar una bomba, pero solo un operador capacitado sabrá CUANDO abrir o cerrar una válvula o CUANDO arrancar o parar una bomba, y CUANDO y CUANTO se debe recircular y purgar.

Es necesario monitorear adecuadamente cualquier proceso biológico de tratamiento; el de lodos activados requiere también del monitoreo continuo para conocer las posibles causas de un mal funcionamiento de la planta, para determinar los parámetros de operación y conocer las eficiencias del proceso o de cada unidad que lo compone.

Se presentan a continuación dos métodos de monitoreo: el visual y el analítico; ambos son usados para operar con mayor eficacia una planta de tratamiento de lodos activados.

### INDICADORES VISUALES

Un operador puede usar indicadores físicos y visuales para conocer las condiciones de funcionamiento de su

CONTENIDO	NOTAS
-----------	-------

planta de tratamiento y proceder a su adecuada operación. Los indicadores visuales más comunes en sistemas de lodos activados son:

- Color
- Olor
- Espumas
- Algas
- Rocío en aeradores
- Claridad del efluente
- Burbujeos
- Material flotante
- Acumulación de solidos
- Trayectoria de flujos
- Turbulencias
- Tacto

**COLOR**

El color puede ser indicativo de un lodo viejo o de uno saludable; un lodo activado aerado en buenas condiciones presenta un color café achocolatado. Un lodo oscuro o negro podrá indicar que no se transfiere el suficiente oxígeno al tanque de aeración y que el lodo es anaeróbico.

Un color poco usual que se observe en el tanque de aeración puede indicar alguna sustancia extraña descargada en el sistema de alcantarillado (por ejemplo, colorantes de la industria textil o sangre de un rastro).

**OLOR**

El licor mezclado tiene un olor característico como a humedad.

El olor puede indicar si la planta está trabajando bien; una planta bien operada no debe generar olores

## FUNDAMENTOS Y CONTROL DE LA OPERACION

CONTENIDO	NOTAS
<p>objetables. Una muestra de lodos activados saludables del tanque de aeración tiene un ligero olor; si el lodo se vuelve séptico, su color cambia a oscuro y el olor irá aumentando hasta ser similar al del huevo podrido (ácido sulfhídrico gaseoso).</p> <p><b>ESPUMA</b></p> <p>La espuma indica que los niveles de sólidos no son adecuados, o bien que el lodo no tiene la edad requerida.</p> <p>La espuma también es indicio de las condiciones de operación de la planta. La formación de espuma blanca en el efluente de la planta indica alta concentración de sólidos, y la formación de grandes cantidades de espuma en el tanque de aeración, signo de que el lodo activado es demasiado joven, y que se debe disminuir la purga de lodos; por el contrario, la formación de espuma espesa y oscura indica un lodo viejo, por lo que la purga debe aumentarse. La presencia de espuma puede deberse en algunas ocasiones a sustancias químicas descargadas al alcantarillado.</p> <p><b>ALGAS</b></p> <p>El crecimiento de algas puede indicar altos niveles de nutrientes.</p> <p>El excesivo crecimiento de algas en las paredes de los tanques o en las canaletas recolectoras significa que el influente a la planta tiene altos niveles de nutrientes.</p>	

CONTENIDO	NOTAS
<p>Las algas necesitan nitrógeno y fósforo para crecer y algunas formas de algas tienen la habilidad de tomar el nitrógeno de la atmósfera; esto quiere decir que aun con poco nitrógeno y alto contenido de fósforo se pueden presentar problemas de algas. Si se agrega ácido fosfórico como fuente de nutrientes, esta fuente debe reducirse o cancelarse.</p> <p><b>ROCIO EN AERADORES</b></p> <p>Los aeradores mecánicos fijos o flotantes deben sumergirse a una profundidad adecuada; si existe poco rocío del aerador, significa que el nivel de sumergencia no es adecuado; bajas concentraciones de oxígeno disuelto en el tanque pueden deberse a esta misma causa.</p> <p><b>CLARIDAD DEL EFLUENTE</b></p> <p>Un efluente turbio es obviamente un indicador de problemas operacionales.</p> <p>Altas concentraciones de sólidos suspendidos en el efluente del sedimentador secundario es una indicación obvia del mal funcionamiento de la planta, Sin embargo, este problema, a menudo es observado solamente hasta que se tienen resultados analíticos del efluente.</p> <p>Si el acarreo de sólidos se presenta solamente en una sección de la canaleta, es probable que se tengan cortocircuitos en el sedimentador o que los vertedores</p>	

## FUNDAMENTOS Y CONTROL DE LA OPERACION

CONTENIDO	NOTAS
<p>estén desnivelados. Si el acarreo ocurre a lo largo de toda la canaleta (y vertedores), es indicativo de que el lodo tiene propiedades de sedimentación muy pobres; este problema se discute a fondo en otra sección del curso.</p> <p><b>BURBUJEO</b></p> <p><b>El burbujeo del sedimentador indica que el manto de lodos es demasiado profundo.</b></p> <p>Las burbujas en el sedimentador secundario denotan que el lodo está siendo retenido durante mucho tiempo y que se debe incrementar la recirculación. Si el manto de lodos es demasiado profundo, el lodo en las capas más profundas se convertirá en anaeróbico (séptico) y producirá ácido sulfhídrico, metano y dióxido de carbono, que al desprenderse como gas formará burbujas. Este fenómeno causa problemas operacionales, pues al desprenderse las burbujas se arrastran sólidos a la superficie .</p> <p><b>MATERIAL FLOTANTE</b></p> <p><b>Excesivas cantidades de espuma indican niveles altos de grasas y aceites y/o sobre-aeración.</b></p> <p>El material flotante o capa de lodos del sedimentador secundario es indicador de altas concentraciones de grasas y aceites en el influente a la planta; esto interfiere con la sedimentación secundaria y puede causar bajas eficiencias de remoción de DBO<sub>5</sub>. Una</p>	

## FUNDAMENTOS Y CONTROL DE LA OPERACION

CONTENIDO	NOTAS
<p>capa de nata en el sedimentador significará que se está inyectando demasiado aire, y que las burbujas formadas arrastran los flóculos fuera del sedimentador. El oxígeno disuelto en el tanque de aeración debe revisarse continuamente para mantenerlo entre 1 y 2 mg/l.</p> <p><b>ACUMULACION DE SOLIDOS</b></p> <p><b>La acumulación de sólidos indica un mezclado ineficiente.</b></p> <p>La acumulación de sólidos, sobre todo en las esquinas o en zonas intermedias entre aeradores o zonas profundas, indican un mezclado ineficiente del licor mezclado del tanque de aeración. Este problema puede identificarse muestreando el tanque con equipo para pruebas de fondo, o con un palo para sentir los depósitos de lodo. Los montículos de lodos depositados pueden ser causados también por la operación ineficiente de las cámaras desarenadoras, o de los sedimentadores primarios, lo que permite que la arena llegue hasta el aerador.</p> <p>La colocación adecuada de mamparas, en ocasiones resuelven el problema de mezcla pobre. La acumulación de sólidos es indeseable porque reduce el volumen efectivo del aerador; por tanto, afecta la eficiencia del proceso. Los montículos de lodos dan como resultado zonas de actividad anaerobia que se traducirán en problemas de sedimentación y olor.</p>	

CONTENIDO	NOTAS
<p><b>TRAYECTORIA DE FLUJOS</b></p> <p>La observación de la trayectoria del flujo puede ser utilizada para detectar cortocircuitos.</p> <p>Los cortocircuitos en tanques es otro problema que algunas veces se detecta visualmente. Un cortocircuito es cuando el influente pasa al tanque directamente de la estructura de entrada a la estructura de salida; esto lleva a la reducción de tiempos de retención por debajo de los de diseño, o sea una pobre operación. Algunos cortocircuitos se detectan al observar como se mueve la espuma del aerador, los sólidos suspendidos o el material flotante. La colocación de mamparas, a menudo elimina este problema.</p> <p><b>TURBULENCIA</b></p> <p>Zonas de baja turbulencia pueden deberse a difusores obstruidos.</p> <p>La turbulencia en el tanque de aeración puede usarse para identificar problemas; un tanque completamente mezclado debe presentar una turbulencia homogénea.</p> <p>Turbulencias heterogéneas (no uniformes) pueden ser causadas por difusores obstruidos, colocación desigual de aeradores superficiales, o insuficiente aeración de algún equipo. Las zonas de baja turbulencia indican el lugar preciso de difusores obstruidos.</p>	

CONTENIDO	NOTAS
-----------	-------

## TACTO

El tacto puede usarse para verificar equipo en operación.

El tacto es una importante herramienta para monitoreo de equipos en funcionamiento; si los motores de las bombas, sopladores o algún otro motor de los equipos del proceso se sienten más calientes de lo normal, se deben verificar para evitar un daño y costo mayor. La excesiva vibración en bombas y tuberías pueden ser una señal de advertencia de un mal funcionamiento de los equipos; se debe identificar la causa de la vibración para corregirla y evitar problemas futuros.

## INDICADORES ANALITICOS

Los indicadores analíticos son la principal herramienta del personal de operación para monitorear el funcionamiento de su planta de tratamiento. Los resultados analíticos se usan no solo para conocer las eficiencias del proceso, sino también para resolver problemas de operación mediante el cálculo de parámetros que sirven como base para el funcionamiento adecuado del sistema. La figura 5.1 y la tabla 5.1 indican puntos recomendados para el muestreo, parámetros y valores esperados.

Los indicadores analíticos de mayor importancia en la operación de plantas de lodos activados son:

- Oxígeno disuelto (OD)

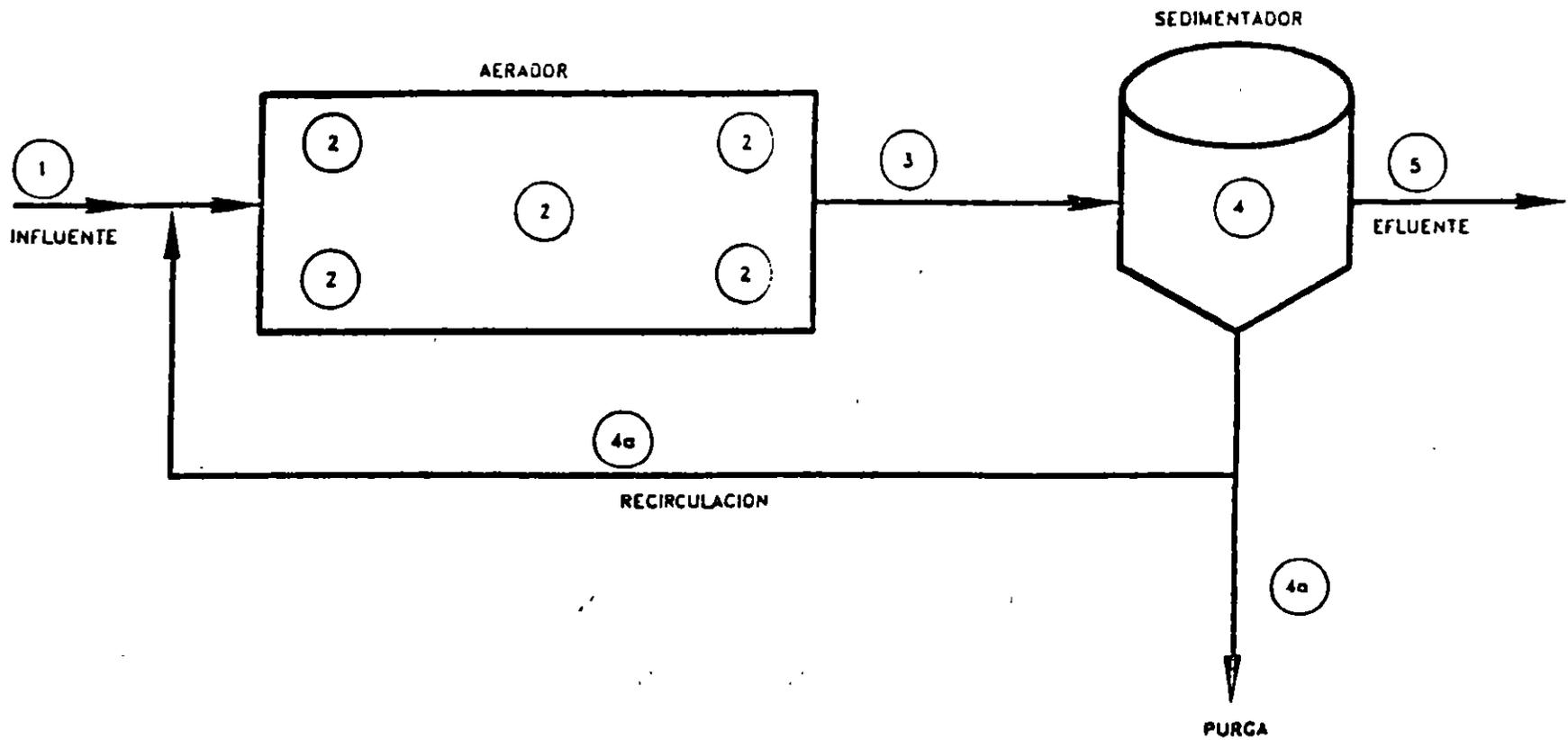


FIGURA 5.1 PUNTOS RECOMENDADOS PARA MUESTREO

**TABLA 5.1 PARÁMETROS, PUNTOS DE MUESTREO RECOMENDADOS Y VALORES ESPERADOS, PARA LA EVALUACIÓN DEL PROCESO.**

PARAMETRO	PUNTO DE MUESTREO	VALOR ESPERADO
DBO <sub>5</sub> influente	1	1- 300 mg/l
DBO <sub>5</sub> efluente	5	5- 30 mg/l
DQO influente	1	3- 900 mg/l
DQO efluente	5	15- 90 mg/l
Oxígeno disuelto	2	1.5- 4 mg/l
SSLM	2, 3	Variable
SSVLM	2,3	70- 80 % SSLM
SS influente	1	Variable
SS efluente	5	5- 30 mg/l
SS recirculación y purga	4a	Variable
DBO <sub>5</sub> /DQO	1	± 0.5
pH	2,5	6.5- 8.5
sedimentabilidad	3	Graficar
Manto de lodos	4	0.3- 1.0 m

## FUNDAMENTOS Y CONTROL DE LA OPERACION

CONTENIDO	NOTAS
<ul style="list-style-type: none"><li>- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)</li><li>- Demanda química de oxígeno (DQO)</li><li>- Prueba de utilización de oxígeno</li><li>- Sólidos suspendidos totales y volátiles (SST y SSV)</li><li>- Prueba de sedimentabilidad de 30 minutos</li><li>- Nutrientes (nitrógeno y fósforo)</li><li>- pH</li><li>- Grasas y aceites</li><li>- Temperatura</li><li>- Análisis microscópicos</li><li>- Profundidad del manto de lodos</li><li>- Acidez y alcalinidad</li><li>- Gastos</li><li>- Tiempos de retención</li><li>- Dosificación de químicos</li><li>- Niveles y alturas en tanques</li></ul> <p><b>OXIGENO DISUELTO (OD)</b></p> <p><b>Una caída brusca del OD indica una carga orgánica influente alta.</b></p> <p>Los niveles de oxígeno disuelto en el tanque de aeración son un importante parámetro de operación; si el oxígeno disuelto en el aerador es muy bajo, se inhibirá la actividad microbiana y la remoción de DBO<sub>5</sub> disminuirá. Concentraciones altas de OD pueden afectar negativamente la sedimentación secundaria y se estará desperdiciando energía. Un incremento del OD puede deberse a problemas de toxicidad aguda o crónica; se pensará en la primera si el incremento es rápido, y en la segunda si es lento.</p>	

## FUNDAMENTOS Y CONTROL DE LA OPERACION

CONTENIDO	NOTAS
<p>Se recomienda tener oxígeno disuelto residual de 1 a 2 mg/l en el aerador. Con lo cual se asegura un poco más del oxígeno que están utilizando las bacterias; el OD residual servirá para satisfacer las variaciones normales de la demanda de oxígeno.</p> <p><b>DBO<sub>5</sub></b></p> <p>Un efluente con altas concentraciones de DBO<sub>5</sub> indica problemas operativos.</p> <p>Otro factor importante como indicador del proceso es la concentración de DBO, sobre todo en el influente al aerador y el efluente del sedimentador secundario.</p> <p>La DBO<sub>5</sub> proporciona al operador la información relativa al funcionamiento de la planta, como es la eficiencia de remoción de DBO<sub>5</sub>, también se obtiene la información de carga orgánica (alimento), altas remociones de DBO<sub>5</sub> indican que la planta funciona bien; bajas remociones denotan que existen problemas en la planta.</p> <p>Se requieren registros diarios de DBO, para calcular parámetros de operación, siendo el más importante la relación alimento-microorganismos (F/M). Otro uso de este indicador es para calcular la cantidad de nutrientes en caso de requerirse en el proceso.</p> <p><b>DQO</b></p> <p>La demanda química de oxígeno puede usarse para</p>	

CONTENIDO	NOTAS
<p><b>estimar la demanda bioquímica de oxígeno(DBO).</b></p> <p>La DQO es una herramienta que cada vez tiene mayor uso, pues el análisis de laboratorio para su determinación es mucho más rápido que el de la DBO<sub>5</sub>. En aproximadamente 4 a 5 horas se puede realizar, mientras que la DBO requiere cinco días. La espera de resultados por más de cinco días por la DBO<sub>5</sub> ha promovido el uso de la relación DQO/DBO; esta relación puede obtenerse monitoreando de manera sistemática los dos parámetros durante un largo periodo para llegar a establecer de manera bastante aproximada dicha relación. Una vez que se tiene esta relación, determinando el DQO se infiere el valor de la otra, ahorrándose el tiempo de espera de resultados. Principalmente por esta razón, la DQO es un importante indicador analítico en plantas de lodos activados, además de ser un índice de descargas industriales.</p> <p><b>PRUEBA DE UTILIZACION DE OD</b></p> <p>Esta prueba indica el nivel de actividad de los microorganismos.</p> <p>Una prueba simple, pero valiosa para monitorear el estado de la planta es la prueba de utilización de oxígeno. Su determinación es fácil y rápida, y permite al operador conocer la actividad microbiana en el aerador, midiendo la velocidad de utilización del oxígeno por los microorganismos, con un oxímetro y comparando los resultados con lecturas normales en su</p>	

# GRAFICA DE UTILIZACION DE OXIGENO

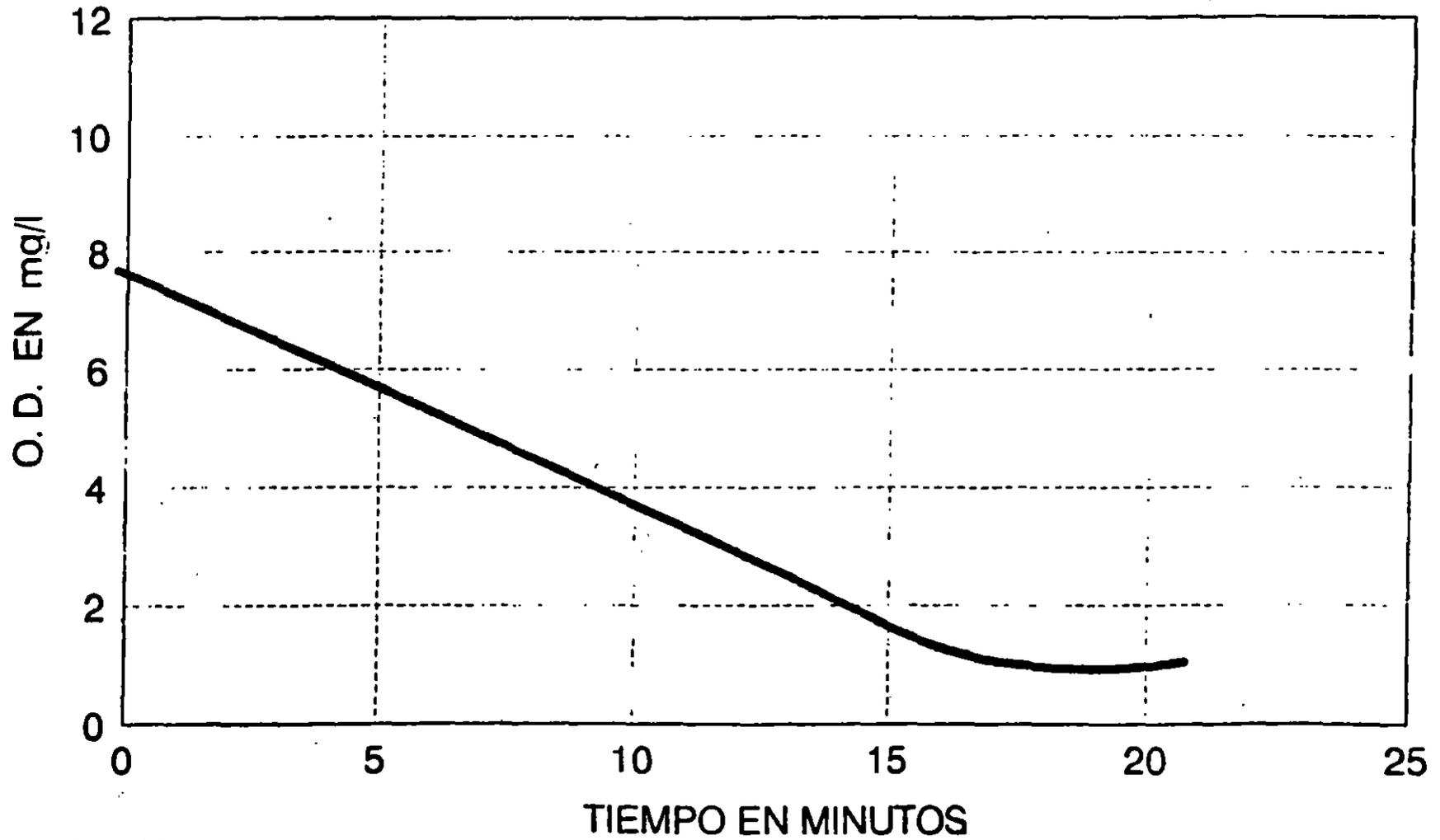


FIGURA 5.2 A

# UTILIZACION TIPICA DE OXIGENO

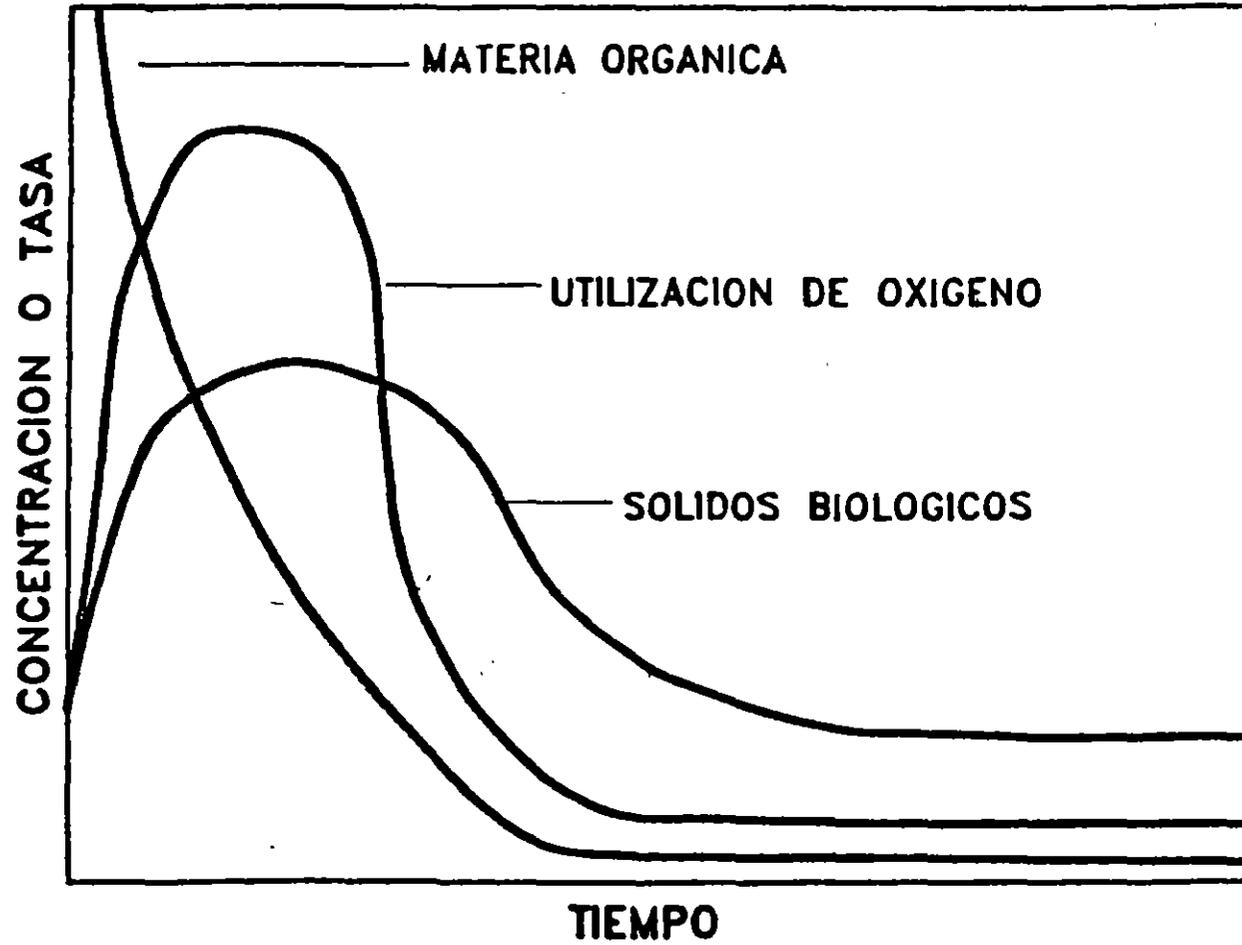


FIGURA 5.2 B

## FUNDAMENTOS Y CONTROL DE LA OPERACION

### CONTENIDO

### NOTAS

planta de tratamiento. El operador puede determinar si los microorganismos tienen mayor actividad de lo normal o si están inhibidos. Las gráficas de las figuras 5.2a y 5.2b muestran el comportamiento de este indicador.

#### **SS y SSV**

Los sólidos suspendidos y sólidos suspendidos volátiles son indicadores del proceso que se han utilizado tradicionalmente, como parámetros de control.

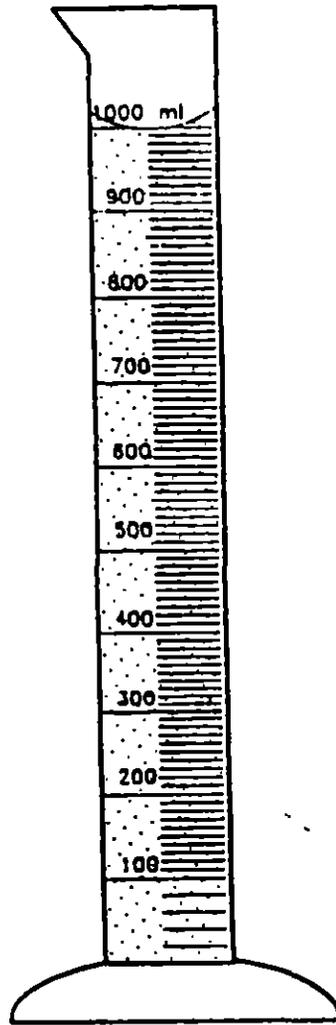
Los datos que se requieren de sólidos suspendidos en la planta se obtienen de las diferentes operaciones unitarias para hacer ajustes en cada una de ellas, y evaluar el funcionamiento de la planta continuamente.

Los **SSVLM** indican la cantidad aproximada de microorganismos en el aerador.

Los valores encontrados de los sólidos suspendidos totales y volátiles se usan para calcular los parámetros de control del proceso, tales como la relación alimento-microorganismos (F/M) y el tiempo medio de retención celular (TMRC), el cual a su vez es usado para calcular los niveles requeridos de **SSVLM**, gasto de recirculación de lodos y gasto del exceso de lodos.

Para controlar el proceso de lodos activados se deben hacer ajustes periódicos a la recirculación y a la purga de lodos; esto se basa en el contenido de **SS** y **SSV** en el sistema de tratamiento.

CONTENIDO	NOTAS
<p><b>PRUEBA DE SEDIMENTABILIDAD DE 30 MINUTOS</b></p> <p>La prueba de sedimentabilidad de 30 minutos ayuda a localizar los problemas en su origen.</p> <p>Una de las herramientas más utilizadas por los operadores de plantas de lodos activados es la determinación de sedimentabilidad en muestras tomadas del aerador. Esta prueba se realiza en una probeta graduada (figura 5.3) de uno o dos litros (comúnmente de un litro), tomando la muestra directamente del aerador y dejándola sedimentar durante 30 minutos. La figura 5.4 es una curva ideal de sedimentabilidad.</p> <p>Esta prueba es valiosa, porque ayuda al operador a reconocer que la planta está trabajando bien. Cuando existe algún problema, generalmente se refleja en la sedimentabilidad de los lodos.</p> <p>Si los lodos sedimentan bien en la probeta de un litro (o dos), pero no en el clarificador, entonces se buscará el problema en este último. Una sedimentación deficiente en el clarificador puede deberse a un manto de lodos demasiado alto, desnitrificación, mal funcionamiento de los equipos, etc.</p> <p><b>NUTRIENTES</b></p> <p>Los microorganismos requieren N y P, así como diversos nutrientes para su desarrollo.</p>	



**FIGURA 5.3** PROBETA GRADUADA DE 1 lt PARA LA PRUEBA DE SEDIMENTABILIDAD DE 30 MINUTOS

# CURVA IDEAL DE SEDIMENTACION

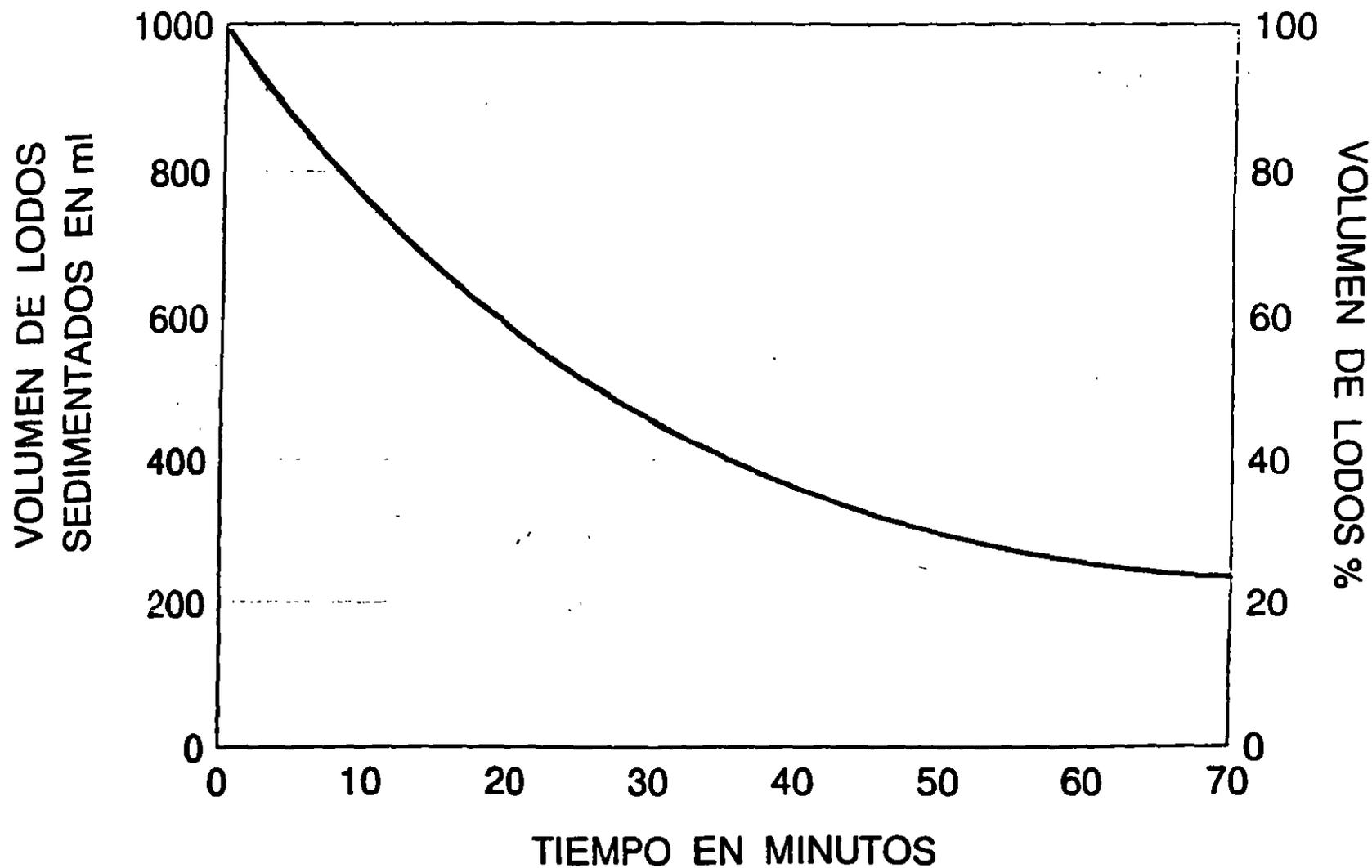


FIGURA 5.4

## FUNDAMENTOS Y CONTROL DE LA OPERACION

CONTENIDO	NOTAS
<p>Los niveles de N y P deben ser monitoreados en el efluente del clarificador para saber si están presentes y si se cumple con las condiciones de descarga de estos parámetros. La deficiencia de nitrógeno es particularmente indeseable, porque causa la formación de flocs dispersos o filamentosos, que difícilmente sedimentarán.</p> <p>Es necesario determinar estos parámetros en muestras filtradas para que no se contabilicen los sólidos biológicos presentes en la muestra. Si los sólidos biológicos no se retienen, el N y P de las células de los microorganismos se sumarán al N y P disponible como alimento. Como regla general se sabe que a 100 kg de DBO, le corresponden 5 kg de N, y 1 kg de P para que exista una buena relación de nutrientes.</p> <p><b>pH</b></p> <p>Se debe mantener al pH entre 6.5 y 8.5 para asegurar la actividad microbiana en el tanque de aeración. El pH del influente a la planta y del tanque de aeración se registrará diariamente para conocer si se reciben ocasionalmente descargas que se salgan de los valores mencionados, y realizar las acciones de control necesarias.</p> <p><b>GRASAS Y ACEITES</b></p> <p>Las grasas y aceites afectan negativamente la transferencia de alimento en los microorganismos, así como a la sedimentación de sólidos.</p>	

## FUNDAMENTOS Y CONTROL DE LA OPERACION

CONTENIDO	NOTAS
<p>Este parámetro debe monitorearse tanto en aguas residuales municipales como en industriales, sobre todo cuando se conoce su existencia. Las grasas y aceites interfieren la transferencia de materia orgánica soluble a través de la pared celular de los microorganismos. Cantidades excesivas de grasas y aceites empujarán los flocs a la superficie en los clarificadores.</p> <p><b>TEMPERATURA</b></p> <p>La temperatura afecta la actividad microbiana en los sistemas de tratamiento biológico; este factor es muy sensible. La velocidad de reacción enzimática se duplica cada 10 °C (aproximadamente); arriba de 35 °C, las enzimas son destruidas dando como resultado final, una baja en la eficiencia del proceso.</p> <p><b>OBSERVACIONES MICROSCOPICAS</b></p> <p>Las observaciones microscópicas son otra herramienta importante para la operación de la planta y para el monitoreo del sistema.</p> <p>Las observaciones microscópicas se realizan para asegurarse de la existencia de diversidad biológica y del nivel de actividad microbiana.</p> <p>En general, los flocs biológicos de pequeños a medianos y sin crecimiento disperso indican un funcionamiento adecuado del sistema de lodos activados. La presencia de bacterias filamentosas y hongos indican condiciones ambientales desfavorables</p>	

CONTENIDO	NOTAS
-----------	-------

para los microorganismos: altas cargas orgánicas, pH bajo, cantidades deficientes de nutrientes, falta de OD, etc. Los microorganismos superiores son más sensibles que las bacterias a estas condiciones adversas; la presencia de materiales tóxicos o falta de oxígeno llevan a la muerte a estos microorganismos, lo que es usado como señal de alarma cuando no son encontrados en las observaciones microscópicas. El floc debe mostrar una gran variedad de protozoarios. La presencia de demasiados microorganismos flagelados indican un lodo joven. Si el floc es pequeño y con gran número de rotíferos, el lodo es viejo.

**Es deseable tener una gran variedad de microorganismos**

La presencia variada de microorganismos en número y tipos de protozoarios indican un proceso balanceado. En muchos casos, el balance de microorganismos en el sistema indica problemas en el proceso mucho antes de que sean severos.

### **PROFUNDIDAD DEL MANTO DE LODOS**

**Es recomendable tener un manto de lodos de 1 m.**

La altura del manto de lodos del sedimentador debe medirse diariamente; un manto de lodos muy grande hará trabajar deficientemente al clarificador e indica que los lodos no han sido extraídos para la recirculación o purgados, y que se están acumulando más rápido de lo que son extraídos. Un manto de lodos pequeño

## FUNDAMENTOS Y CONTROL DE LA OPERACION

CONTENIDO	NOTAS
<p>provocará una sedimentación deficiente, quizá originado por un floc disperso o por la extracción excesiva del lodo del sedimentador.</p> <p>Es deseable tener un manto de lodos concentrado en el fondo del sedimentador para reducir el volumen líquido que debe ser extraído para recirculación o purga.</p> <h3>ACIDEZ Y ALCALINIDAD</h3> <p><b>Acidez/alcalinidad, capacidad amortiguadora de las aguas residuales.</b></p> <p>Los análisis de acidez y alcalinidad dan la información necesaria para determinar la capacidad amortiguadora del agua cruda y del agua tratada de la planta de tratamiento. Esto puede ser importante, ya que uno de los subproductos de la degradación biológica de la materia orgánica es el dióxido de carbono (<math>\text{CO}_2</math>) que puede formar ácido carbónico (<math>\text{H}_2\text{CO}_3</math>) cuando se mezcla con el agua, y puede bajar el pH si las aguas residuales no tienen la suficiente alcalinidad para amortiguar la formación del ácido. La información de estos parámetros es importante si la planta recibe descargas industriales que tengan alto o bajo pH y tal vez se requiera neutralización. Con base en estos parámetros se calculan los productos químicos para la neutralización. La figura 5.5 muestra la relación del pH con procesos biológicos.</p>	

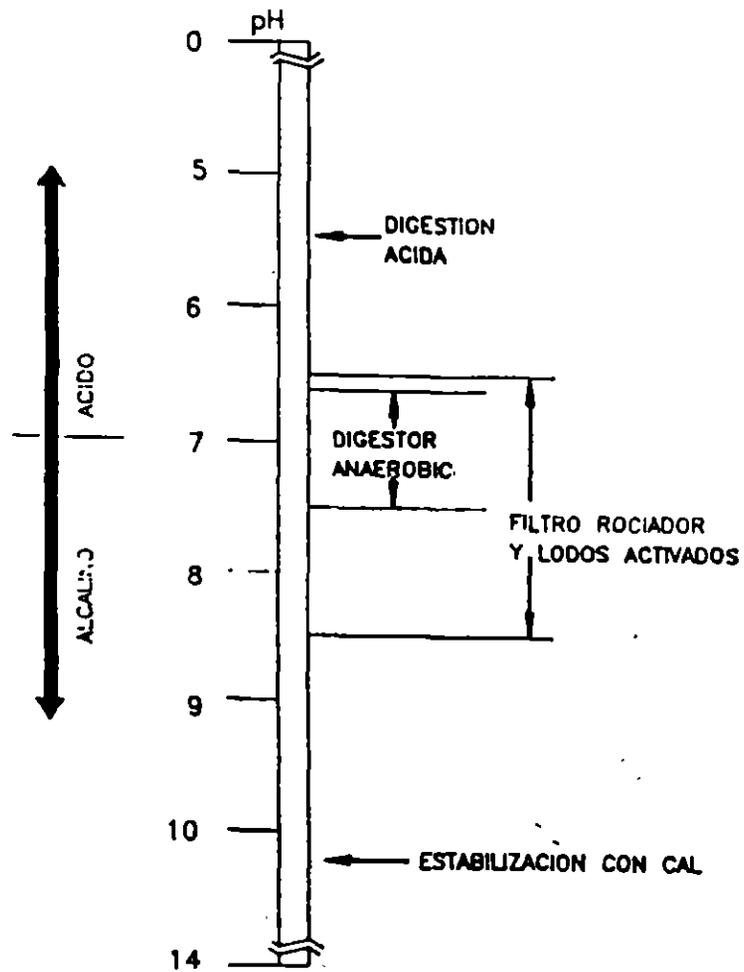


FIGURA 5.5 ESCALA DE pH Y PROCESOS BIOLÓGICOS

CONTENIDO	NOTAS
<p><b>GASTOS</b></p> <p>Se requieren datos precisos del gasto.</p> <p>Es obvio que se requiera monitorear el gasto influente y efluente de la planta. Los gastos se necesitan para calcular cargas orgánicas, balance de sólidos, cálculo de parámetros de control como F/M y TMRC, tiempos de retención, ajuste de recirculación, purga y dosificación de nutrientes. Se requieren datos suficientes para el adecuado control de la planta de tratamiento, de ser posible un equipo medidor de gasto continuo. La figura 5.6 muestra variaciones típicas diarias de gasto y carga.</p> <p><b>TIEMPO DE RETENCION</b></p> <p>Los microorganismos necesitan tiempo para la digestión.</p> <p>Los tiempos de retención adecuados al tipo de proceso son muy importantes en sistemas biológicos de tratamiento y pueden verificarse periódicamente. Las bacterias necesitan ciertos tiempos de retención en el tanque de aeración para asimilar y digerir la materia orgánica del agua residual.</p> <p>Tiempos de retención demasiado grandes pueden llevar a problemas de sedimentación; tiempos muy cortos conducirán a bajas eficiencias de remoción de DBO<sub>5</sub>; el sedimentador secundario también requiere cierto tiempo de retención, pero si es demasiado corto, el floc biológico no tendrá tiempo de sedimentar, y la</p>	

# VARIACIONES TIPICAS DE GASTO Y CARGA EN PLANTAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS

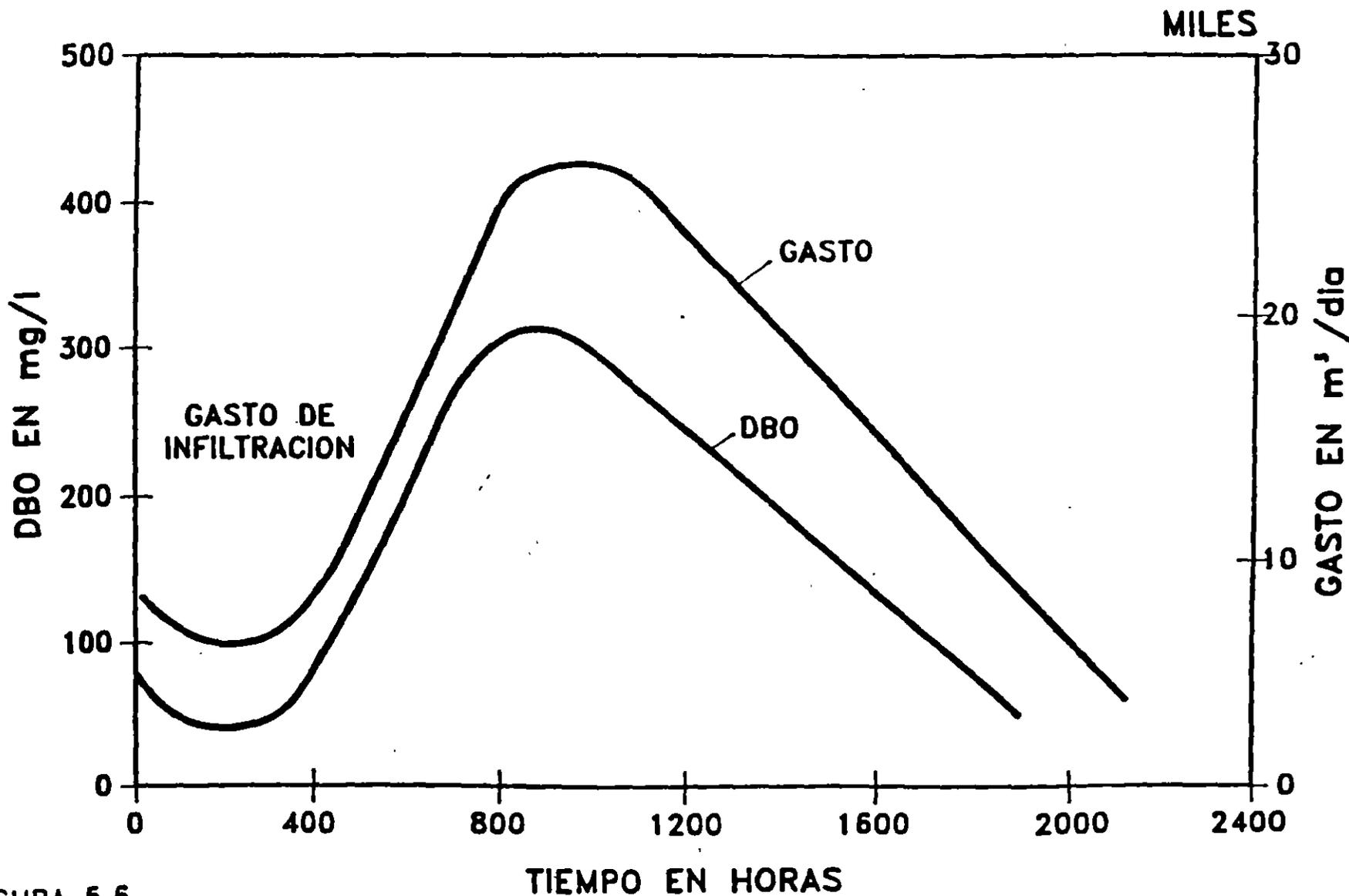


FIGURA 5.6

## FUNDAMENTOS Y CONTROL DE LA OPERACION

CONTENIDO	NOTAS
<p>concentración de SS en el efluente será muy grande. Si los lodos permanecen en el tanque mucho tiempo, se vuelven sépticos; bajo condiciones anaerobias se pueden tener problemas de denitrificación. El cálculo del tiempo de retención en las unidades de proceso es particularmente importante cuando se alcanza o sobrepasa el gasto máximo de diseño.</p>	
<h3>DOSIFICACION DE PRODUCTOS QUIMICOS</h3>	
<p>En caso de usar productos químicos en el proceso (caso poco común), se requiere mantener almacenada una cantidad suficiente para no parar la planta.</p>	
<h3>NIVELES Y ALTURAS DE TANQUES</h3>	
<p>Se deben verificar periódicamente las fluctuaciones en nivel o profundidad de los tanques para algunas consideraciones en la operación.</p>	
<h3>5.2 CONTROL DEL PROCESO</h3>	
<p>La función principal del operador de plantas de tratamiento de aguas residuales es el monitoreo y control de su proceso de tratamiento, de tal manera que la producción de agua tratada tenga consistentemente la calidad que se espera de ella (alta calidad de acuerdo con el tipo de instalaciones), para cumplir con las condiciones particulares de descarga fijadas por las autoridades correspondientes.</p>	
<p>Existen diversas técnicas para que el operador controle</p>	

## FUNDAMENTOS Y CONTROL DE LA OPERACION

CONTENIDO	NOTAS
<p>su planta, y obtenga el funcionamiento óptimo de su sistema de lodos activados.</p> <p><b>CARGAS: ORGANICA Y DE SOLIDOS SUSPENDIDOS</b></p> <p><b>El operador debe conocer cuánta materia orgánica degradan los microorganismos.</b></p> <p>Para controlar de manera efectiva el proceso de su planta de tratamiento, el operador necesita conocer las cargas de contaminantes. Los dos parámetros de mayor importancia que se deben cuantificar para aguas residuales municipales son la DBO<sub>5</sub> y los SS; para el tratamiento de aguas residuales de otro tipo, tal vez se requiera otro parámetro.</p> <p>La carga de DBO<sub>5</sub> es particularmente importante, pues con este parámetro se calcula la cantidad de alimento que entra al sistema y que será asimilado por los microorganismos en el tanque de aeración.</p> <p>Ecuación :</p> $\text{Carga} = \text{gasto} \times \text{concentración}$ $\text{carga orgánica} = Q \times S_0$	

CONTENIDO	NOTAS
<p><b>RELACION ALIMENTO/MICROORGANISMOS (F/M)</b></p> <p>Para formar un buen lodo en el aerador, que sedimente bien en el clarificador y se logre una buena eficiencia de remoción de DBO<sub>5</sub>, se debe mantener un balance adecuado de la cantidad de DBO<sub>5</sub> (alimento) que entra al aerador, y la cantidad de microorganismos (SSLVM) presentes en el licor mezclado del aerador. Este balance se controla con el parámetro denominado relación F/M (alimento/microorganismos). La relación varía de acuerdo con el proceso de tratamiento o modificación al mismo.</p> <p>La relación F/M se calcula de la siguiente manera:</p> $F/M = \frac{\text{Alimento que entra al sistema por día}}{\text{Masa de microorganismos en el aerador}}$ $F/M = \frac{\text{kg de DBO}_5 \text{ influentes al aerador}}{\text{kg de SSLVM (en el aerador)}}$ <p>Cuando se usa la relación F/M como parámetro de control en una planta de tratamiento, se tiene el inconveniente de que la F (alimento) no se puede controlar, sobre todo en aguas residuales municipales; en algunas industrias se puede tener cierto grado de control con un tanque de homogenización, o controlando alguna descarga del proceso productivo de la industria.</p>	

## FUNDAMENTOS Y CONTROL DE LA OPERACION

CONTENIDO	NOTAS
<p>El parámetro M (microorganismos) es la parte controlable de la relación F/M; éste representa la masa de sólidos suspendidos volátiles en el tanque de aeración que se controla mediante la recirculación y purga de lodos activados.</p> <p>Cuando el parámetro es utilizado como control de la planta, es responsabilidad del operador controlar la concentración de SSVLM; en otras palabras, el operador debe controlar la cantidad de microorganismos de acuerdo con el alimento disponible.</p> <p>Si la relación F/M es demasiado alta, hay necesidad de disminuir la purga de lodos (y aumentar la recirculación) para que entren más microorganismos al sistema.</p> <p>Si la relación F/M es muy baja, entonces se requiere aumentar la purga de lodos (para que disminuya la recirculación) y entren menos microorganismos al sistema. Algunos valores típicos de F/M de acuerdo con el tipo de proceso se puede observar en la tabla 5.2. En ella se incluyen otros parámetros para lodos activados. Las figuras 5.9 y 5.10 muestran las relaciones con otros parámetros de control.</p> <p>Los parámetros para el cálculo deben obtenerse de la planta, la DBO<sub>5</sub> del influente al tanque de aeración y los SSVLM del tanque de aeración para tener un valor mas preciso y real de F/M.</p>	

# RELACION F/M, CRECIMIENTO BIOLÓGICO Y REMOCION DE SUSTRATO

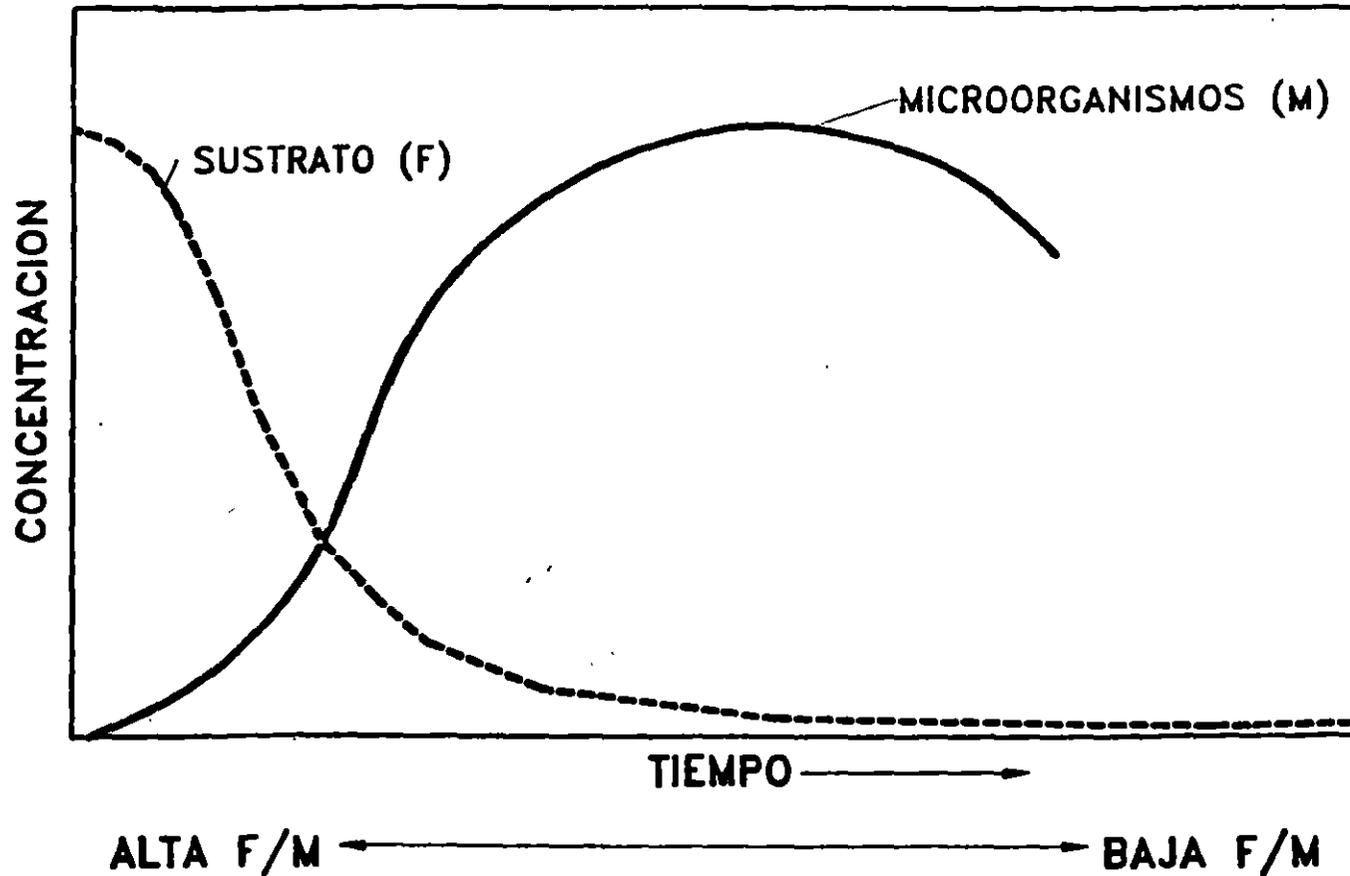


FIGURA 5.9

# RELACION F/M , EDAD DE LODOS Y SSLM

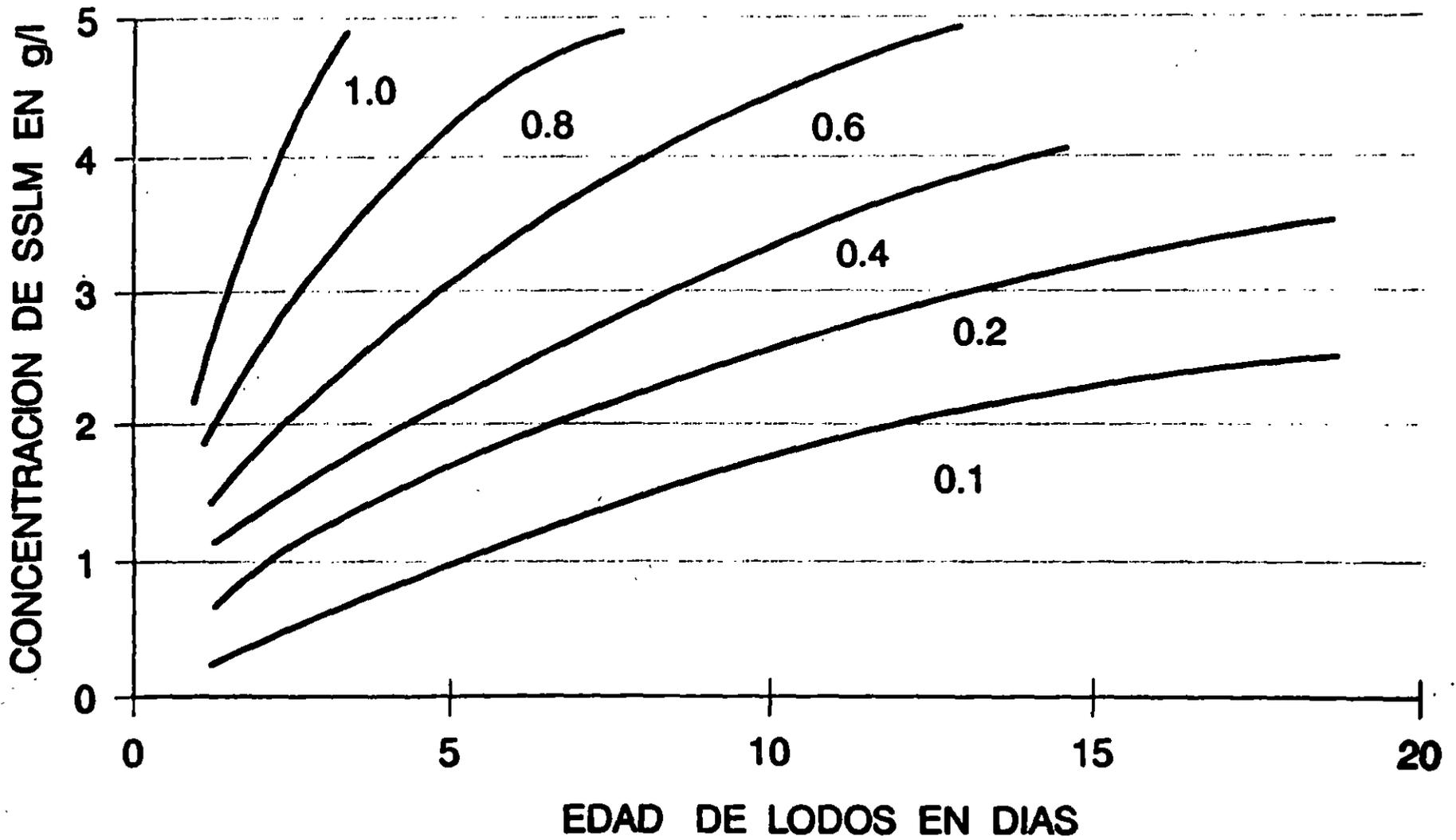


FIGURA 5.10

CONTENIDO	NOTAS
-----------	-------

**EDAD DE LODOS (TIEMPO MEDIO DE RETENCION CELULAR)**

Otro parámetro de control es el tiempo medio de retención celular (TMRC) o edad del lodo activado. Es un parámetro que se debe mantener entre ciertos límites para que la operación de la planta sea eficiente. Los libros de texto definen de diferentes formas este concepto; en este curso se puede definir como:

$$TMRC = \frac{\text{kg de SSVLM}}{\text{kg SSV en el efluente de la planta}}$$

La edad de lodos es una medida del tiempo que los microorganismos son retenidos en el aerador. Este es un parámetro importante, ya que es el tiempo que los microorganismos disponen para degradar la materia orgánica; tiene un efecto significativo en la calidad del efluente.

Hay que dar el tiempo necesario para que los microorganismos estén en contacto con los desechos para que se realice el tratamiento. Si se da poco tiempo, el sistema biológico no podrá digerir toda la materia orgánica, resultando una baja eficiencia de remoción. Si se da demasiado tiempo, los microorganismos terminarán con todo el alimento disponible y empezarán a morir, resultando una alta fracción de material biológico no activo en los lodos activados, con lo que se perderán sólidos finos en el efluente.

## FUNDAMENTOS Y CONTROL DE LA OPERACION

CONTENIDO	NOTAS
<p>La edad de lodos (TMRC) afecta directamente a la sedimentación; un lodo joven puede generar un crecimiento biológico disperso caracterizado por sedimentación deficiente; un lodo viejo se caracteriza por baja actividad y densos flocs que sedimentan rápidamente con poca acción de arrastre, resultando un efluente turbio.</p>	
<p><b>La edad de lodos se controla con la purga y recirculación de los lodos activados.</b></p>	
<p>La edad de lodos (TMRC) se calcula dividiendo los SSV almacenados en el sistema (SSVLM), entre los SSV que salen del sistema. La edad se mantiene controlando la purga del sistema. Como guía de operación, la edad de lodos disminuye cuando la purga aumenta y, por el contrario, aumenta cuando se disminuye la purga.</p>	
<p>La mejor edad del lodo para una planta en particular, debe seleccionarse de acuerdo con la experiencia en la operación y observación al proceso. La tabla 5.2 da edades de lodos típicos para varias modificaciones del proceso de lodos activados.</p>	
<p>Un factor necesario de considerar al seleccionar la edad de lodos, es que cuando se tiene una edad de lodos grande (mayor cantidad de SSVLM en el tanque de aeración), la planta soporta mayores shocks de cargas, pues habrá mayor número de microorganismos en el aerador. Las figuras 5.11 y 5.12 muestran el comportamiento de la edad de lodos con otros</p>	

**TABLA 5.2 PARÁMETROS EN PLANTAS DE LODOS ACTIVADOS.**

<b>Modificación al proceso</b>	<b>Tiempo medio de retención celular</b>	<b>F/M</b>	<b>SSLM mg/l</b>	<b>Tiempo de retención hidráulica, en horas</b>	<b>Recirculación %</b>
Convencional	5- 15	0.2- 0.4	1500- 3000	4- 8	25- 50
Aeración reducida	5- 15	0.2- 0.4	1500- 3000	4- 8	25- 50
Aeración escalonada	5- 15	0.2- 0.4	2000- 3500	3- 5	25- 75
Estabilización-contaco	5- 15	0.2- 0.6	4000- 10 000	3- 6	25- 100
Aeración extendida	20- 30	0.05- 0.15	3000- 6000	18- 36	75- 150
Oxígeno puro	8- 20	0.25- 1.0	3000- 8000	1- 3	25- 50

# EDAD DE LOS LODOS EN LA CURVA DE SEDIMENTACION

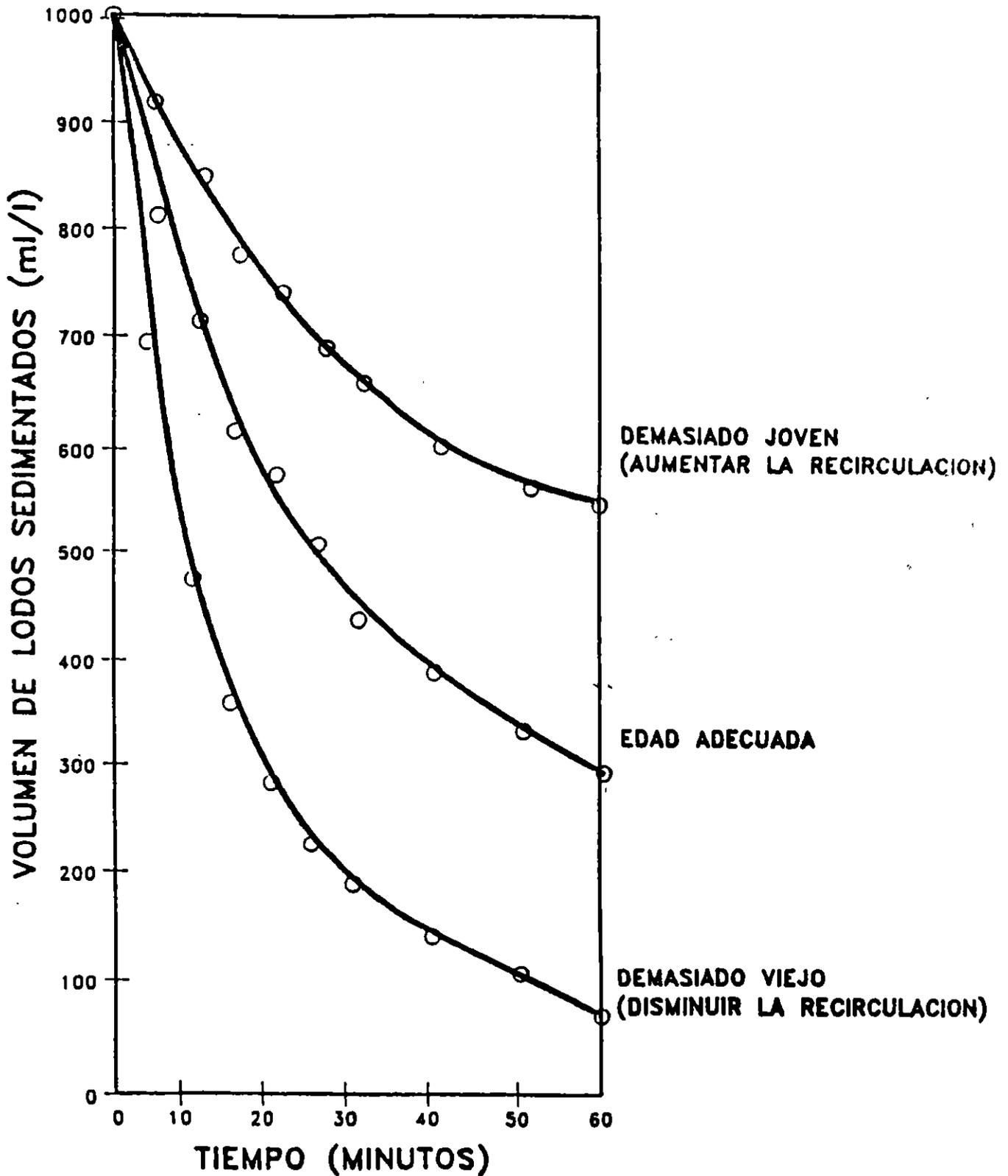


FIGURA 5.11

# EDAD DE LODOS, PROCESOS DE LODOS ACTIVADOS Y OTROS PARAMETROS

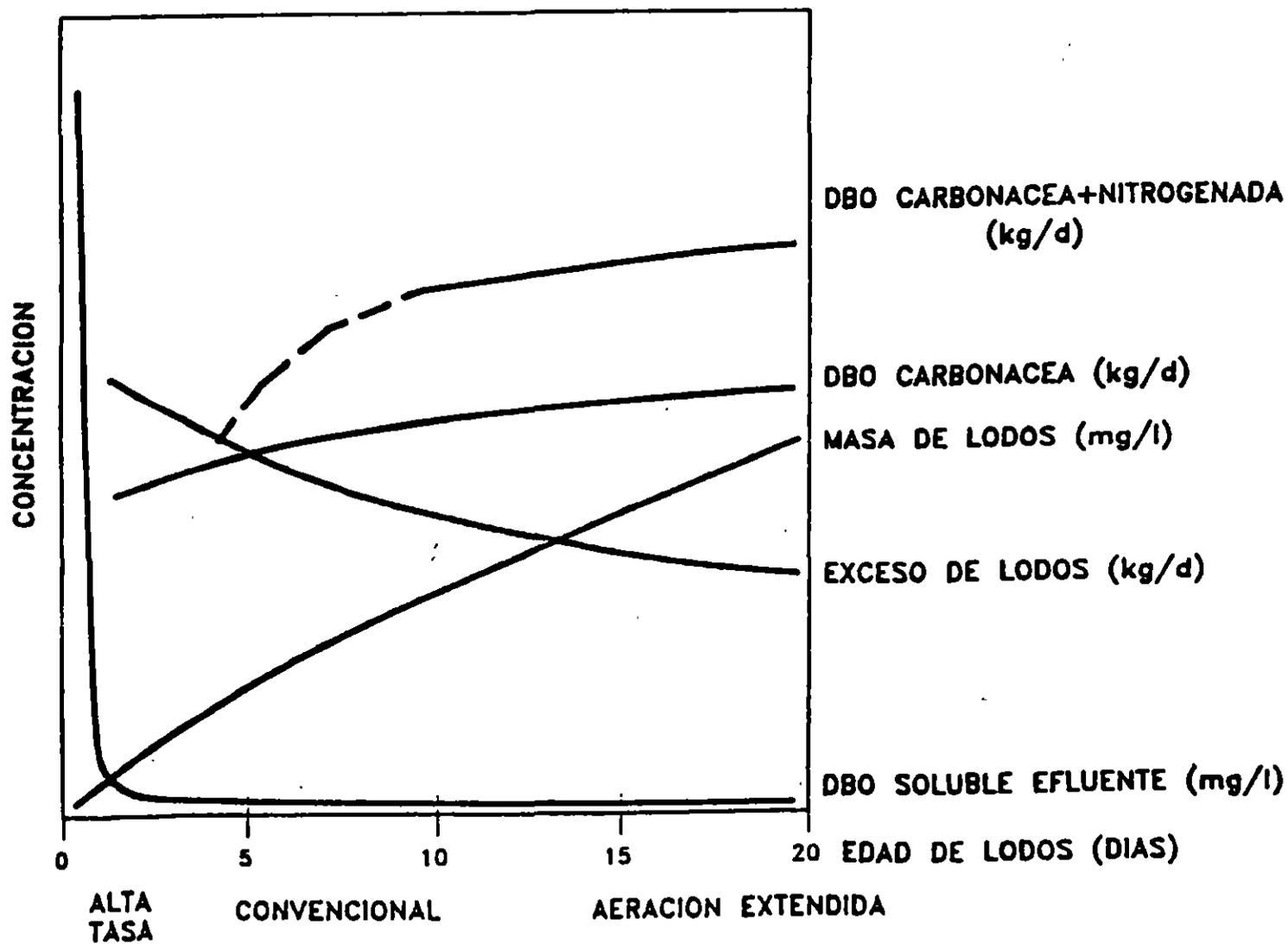


FIGURA 5.12

## FUNDAMENTOS Y CONTROL DE LA OPERACION

CONTENIDO	NOTAS
-----------	-------

parámetros. El tiempo medio de retención celular se calcula con la siguiente ecuación :

$$TMRC = \frac{kg \text{ SSVLM}}{kg \text{ SSVR} + kg \text{ SSV E}}$$

Una vez que se han seleccionado los valores correctos de F/M y TMRC, se procede a programar la purga de lodos y mantener todos estos parámetros de control en los rangos deseables, sobre todo en el arranque de la planta.

### CONTROL DE LA PURGA

El control de la purga es la primera herramienta de operación de una planta de lodos activados.

La determinación de la purga de lodos basada en la edad de lodos (TMRC), se calcula con la expresión:

$$Q \text{ purga} = \frac{\frac{kg \text{ SSVLM}}{TMRC} - kg \text{ SSV E}}{SSVR}$$

### CONTROL DEL GASTO DE RECIRCULACION

Para mantener la profundidad requerida del manto de

CONTENIDO	NOTAS
-----------	-------

lodos en el sedimentador y el adecuado balance de sólidos, el gasto de recirculación del sedimentador al tanque de aeración debe ser medido y controlado. Una recirculación óptima depende de diversos factores, tales como: DBO<sub>5</sub> influente, velocidad de reproducción celular, temperatura, SSLM y SS en la recirculación. Sin embargo, el operador tiene poco o ningún control sobre algunos de estos factores. Las figuras 5.13 y 5.14 muestran la relación de recirculación en combinación con otros factores.

A pesar de depender de estos factores, el gasto de recirculación óptima puede calcularse basándose en requisitos de operación, variando de acuerdo a las estaciones del año. A continuación se presenta la expresión para el cálculo de un balance de sólidos del sistema:

Determinación del gasto de recirculación

$$QR = \frac{Q \times SSLM}{SS - SSLM}$$

### INDICE VOLUMETRICO DE LODOS (IVL)

El resultado de la prueba de sedimentabilidad sirve para calcular el índice volumétrico de lodos; su uso es directo en la siguiente expresión :

$$IVL = \frac{\text{volumen de lodos sedimentados}}{\text{concentración de SSLM}} \times 1000$$

# RECIRCULACION Y COMPORTAMIENTO DEL REACTOR Y SEDIMENTADOR

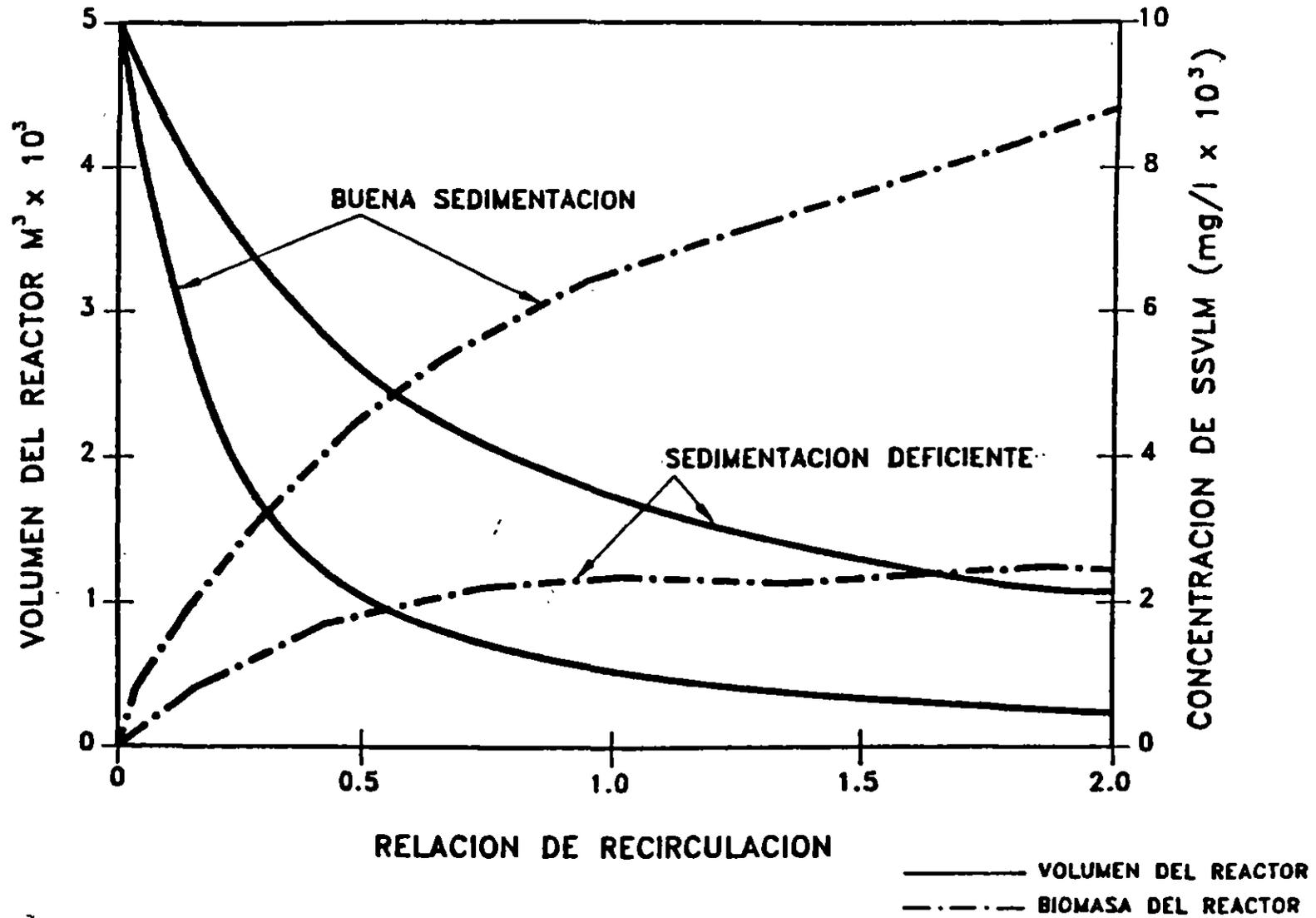


FIGURA 5.13

# RECIRCULACION Y VOLUMEN DE LODOS SEDIMENTABLES

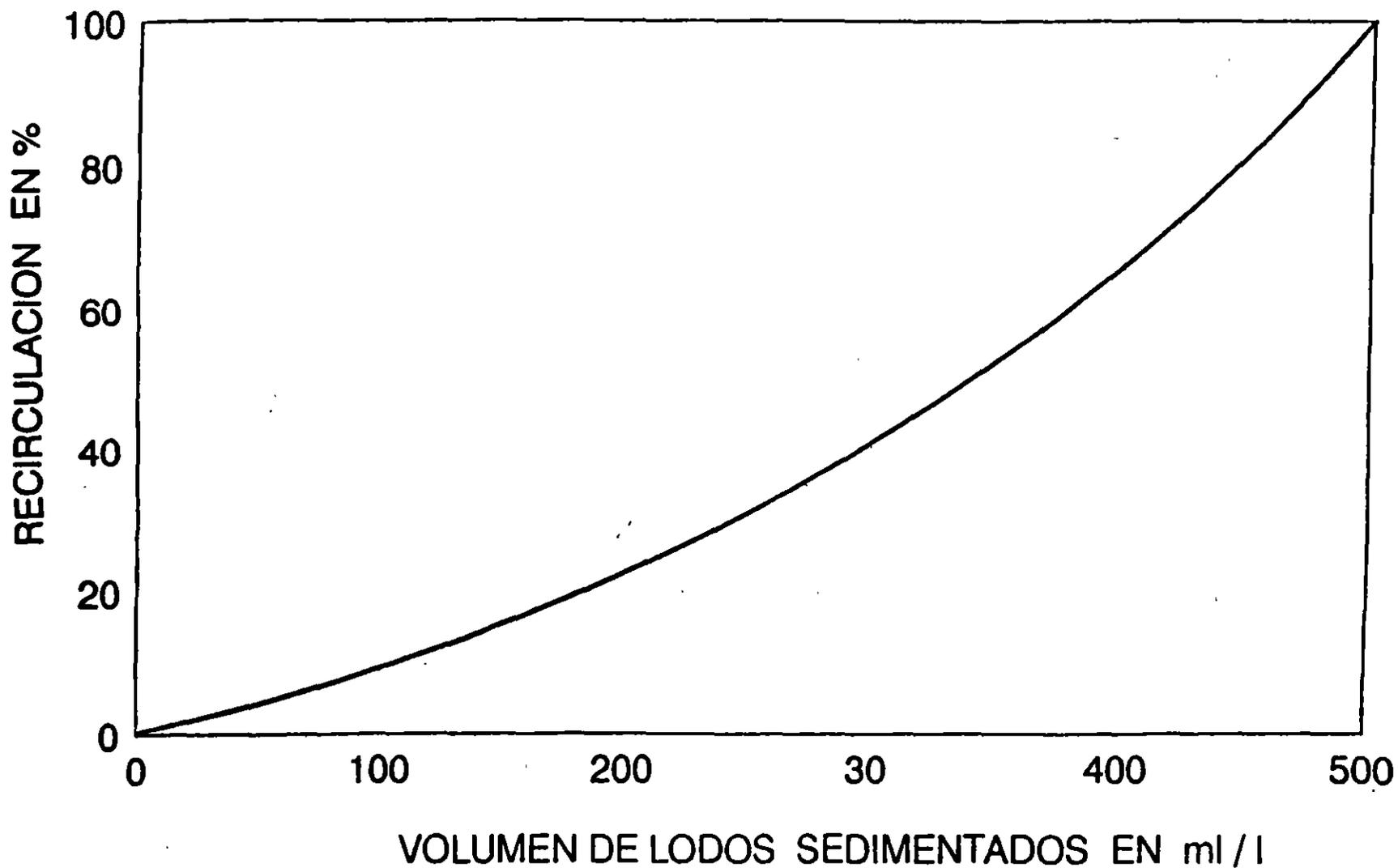


FIGURA 5.14

## FUNDAMENTOS Y CONTROL DE LA OPERACION

CONTENIDO	NOTAS
-----------	-------

Donde el volumen de lodos sedimentados se determina en la probeta de 1 litro después de 30 min, y las unidades son ml/l.

La figura 5.15 muestra las relaciones de operación entre el índice volumétrico de lodos y otros factores.

### 5.3 TALLER DE CALCULOS.

#### CALCULO DE CARGAS; ORGANICA Y DE SOLIDOS

Ejemplo de cálculo:

El influente al tanque de aeración de una planta de tratamiento presentó los siguientes resultados:

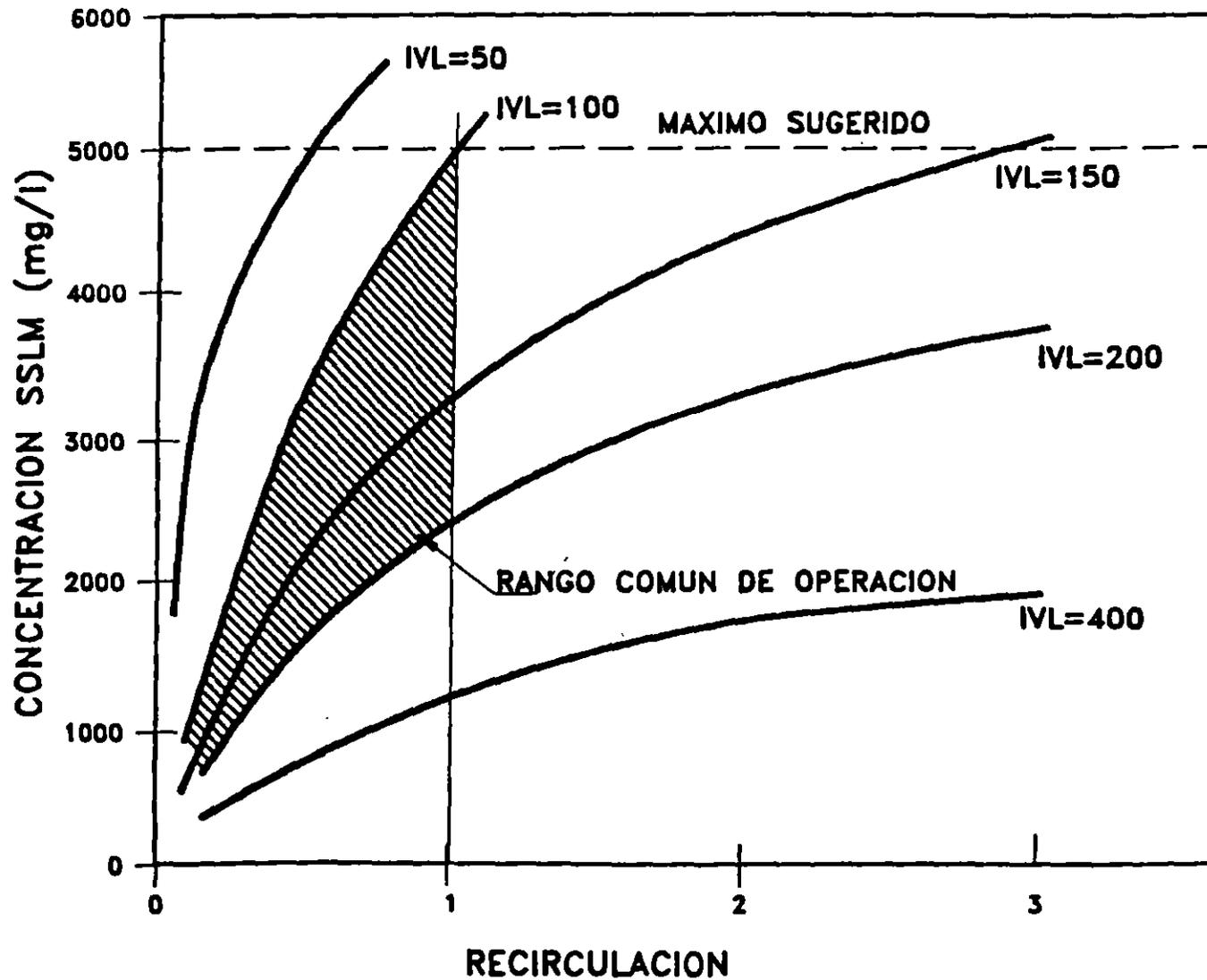
Gasto = 50 l/s  
DBO<sub>5</sub> = 180 mg/l  
SS = 140 mg/l  
So = concentración de DBO<sub>5</sub> en mg/l

Calcular la carga orgánica y la carga de sólidos:

$$\begin{aligned} \text{carga} &= \text{gasto} \times \text{concentración} \\ \text{carga orgánica} &= Q \times S_o \end{aligned}$$

$$\text{carga orgánica} = \frac{50 \times 86.4 \times 180}{1000}$$

# RANGOS DE OPERACION DEL IVL, RELACION DE RECIRCULACION Y SSLM



FIGL . 5.15

## FUNDAMENTOS Y CONTROL DE LA OPERACION

CONTENIDO	NOTAS
-----------	-------

$$\text{carga orgánica} = 777.6 \frac{\text{kg DBO}_3}{\text{día}}$$

Carga de sólidos:

$$\text{carga de sólidos} = \frac{50 \times 86.4 \times 140}{1000}$$

$$\text{carga de sólidos} = 605 \frac{\text{kg SS}}{\text{día}}$$

### RELACION ALIMENTO/MICROORGANISMOS (F/M)

Ejemplo de cálculo:

Calcule la relación F/M de acuerdo con los siguientes datos de una planta de tratamiento:

$$\begin{aligned} \text{Gasto influente} &= 280 \text{ l/s} \\ \text{Carga orgánica} & \\ \text{Influente al aerador} &= 150 \text{ mg/l} \\ \text{SSVLM} &= 2500 \text{ mg/l} \\ \text{Volumen del tanque} & \\ \text{de aeración} &= 6340 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

## FUNDAMENTOS Y CONTROL DE LA OPERACION.

CONTENIDO	NOTAS
-----------	-------

$$F/M = \frac{Q \times DBO_5}{V \times SSVLM}$$

$$F/M = \frac{280 \times 86.4 \times \frac{150}{1000}}{\frac{6340 \times 1000 \times 2500}{10^6}}$$

$$F/M = \frac{3628.8 \frac{kg DBO_5}{día}}{15850 kg SSVLM}$$

$$F/M = 0.23$$

### TIEMPO MEDIO DE RETENCION CELULAR (EDAD DE LODOS)

Ejemplo de cálculo:

En una planta de tratamiento se determinaron los siguientes parámetros:

## FUNDAMENTOS Y CONTROL DE LA OPERACION

CONTENIDO	NOTAS
-----------	-------

SSVLM	= 2500 mg/l ( en el aerador)	
SSVR	= 8000 mg/l ( en la recirculación)	
SSVE	= 6 mg/l ( en el efluente )	
Gasto efluente	= 280 l/s	
Gasto en la purga	= 5 l/s	
Volumen en el aerador	= 6340 m <sup>3</sup>	

$$TMRC = \frac{kg \text{ SSVLM}}{kg \text{ SSVR} + kg \text{ SSV E}}$$

$$TMRC = \frac{\frac{6340 \times 1000 \times 2500}{10^6}}{\frac{5 \times 86.4 \times 8000}{1000} + \frac{280 \times 86.4 \times 6}{1000}} = \frac{15850}{3456 + 146}$$

**TMRC = 4.4 días**

### EXCESO DE LODOS O PURGA

Ejemplo de cálculo: Determinación de la purga de lodos basado en la edad de lodos (TMRC)

Determine el gasto de la purga de una planta de lodos activados, si se supone un TMRC de 5 días.

Se tienen los siguientes datos:

## FUNDAMENTOS Y CONTROL DE LA OPERACION

CONTENIDO	NOTAS
-----------	-------

SSVLM	=	2500 mg/l
SSVR	=	8000 mg/l
SSVE	=	6 mg/l
Gasto efluente	=	280 l/s
Volumen del tanque	=	6340 m <sup>3</sup>
Edad de lodos TMRC	=	5 días

Sustituyendo en la ecuación:

$$QP = \frac{\frac{V \times SSVLM}{TMRC} - Q_E \times SSVE}{SSVR}$$

$$Q \text{ purga} = \frac{\frac{6430 \times 1000 \times 2500}{200000} - \frac{280 \times 86.4 \times 6}{1000}}{8000 \times 0.0864}$$

$$Q \text{ purga} = \frac{3170 - 146}{8000 \times 0.0864} = \frac{3024}{691.2} = 4.37 \frac{l}{s}$$

Ejemplo de cálculo: gasto de la purga basado en ajuste de SSVLM

Primero debe verificar lo siguiente:

SSVLM (existente)	=	X
SSVLM (deseado)	=	Y
Diferencia	=	Z

## FUNDAMENTOS Y CONTROL DE LA OPERACION

CONTENIDO	NOTAS															
<p>Si la diferencia es negativa, debe detenerse la purga hasta que los SSVLM (existentes) rebasen el valor de los SSVLM deseados.</p> <p>Si la diferencia es un número positivo, la purga de lodos se calcula como sigue:</p> $Q = \frac{\text{kg SSV en la diferencia que serían sacados del aerador}}{0.0864 \times \text{concentración SSV en la purga}}$ <p>Se tienen los siguientes datos y valores deseados en una planta de tratamiento:</p> <table style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>Volumen del tanque</td> <td>=</td> <td>757 m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>SSV en la purga</td> <td>=</td> <td>7,000 mg/l</td> </tr> <tr> <td>SSVLM (existentes)</td> <td>=</td> <td>10,000 mg/l</td> </tr> <tr> <td>SSVLM (deseados)</td> <td>=</td> <td>5,000 mg/l</td> </tr> <tr> <td>Diferencia</td> <td>=</td> <td>5,000 mg/l</td> </tr> </table> $Q_{\text{purga}} = \frac{\frac{757 \times 1000 \times 5000}{1000}}{0.0864 \times 7000}$ <p><b>Q purga = 6.26 l/s</b></p>	Volumen del tanque	=	757 m <sup>3</sup>	SSV en la purga	=	7,000 mg/l	SSVLM (existentes)	=	10,000 mg/l	SSVLM (deseados)	=	5,000 mg/l	Diferencia	=	5,000 mg/l	
Volumen del tanque	=	757 m <sup>3</sup>														
SSV en la purga	=	7,000 mg/l														
SSVLM (existentes)	=	10,000 mg/l														
SSVLM (deseados)	=	5,000 mg/l														
Diferencia	=	5,000 mg/l														

CONTENIDO	NOTAS
-----------	-------

**RELACION DE RECIRCULACION**

Ejemplo de cálculo:  
 Determinación del gasto de recirculación

$$QR = \frac{Q \times SSLM}{SSR - SSLM}$$

Se tienen los siguientes datos:

- Q = 280 l/s
- SSLM = 2 500 mg/l
- SSR = 8 000 mg/l

$$QR = \frac{280 \times 0.0864 \times 2500}{(8000 - 2500) \times 0.0864} = 127.3 \text{ l/s}$$

= 100 x 127/280 = 45% del gasto influente.

Ejemplo 2:

- Q = 330 l/s
- SSLM = 2000 mg/l
- SSR = 7500 mg/l

$$QR = \frac{330 \times 0.0864 \times 2000}{(7500 - 2000) \times 0.0864}$$

QR = 120 l/s 120/330 x 100 = 36% del Q influente

CONTENIDO	NOTAS
<p><b>INDICE VOLUMETRICO DE LODOS</b></p> <p>Ejemplo de cálculo;</p> <p>La lectura de una prueba de sedimentabilidad de 30 min. fue de 250 ml/l y la concentración de SSLM en el aerador fue de 2000 mg/l. Calcule el IVL.</p> $IVL = \frac{250}{2000} \times 1000 = 125$ <p>IVL = 125</p> <p><b>5.4 PROBLEMAS COMUNES Y ACCIONES CORRECTIVAS</b></p> <p><b>INTRODUCCION</b></p> <p>Todas las plantas de tratamiento presentan problemas ocasional o continuamente; algunas veces no afectan sustancialmente al proceso, otras veces el funcionamiento de la planta es afectado en gran medida por causas puntuales o continuas.</p> <p>El principal objetivo de cualquier intento de resolver problemas del funcionamiento del proceso es <b>IDENTIFICAR LA CAUSA DEL PROBLEMA</b>. Solamente después de identificar la verdadera causa del problema se puede dar la solución óptima. Esto parece obvio, pero es común que en las plantas de tratamiento</p>	





CONTENIDO	NOTAS
<p>se aplique remedio tras remedio en lo que llamamos prueba y error, sin identificar la causa del problema. En otras palabras, casi siempre lo que se trata de resolver es el síntoma del problema y pocas veces se tiene éxito, mientras que la causa y verdadera solución permanece sin identificar. Los síntomas pueden ser usados como pistas que nos lleven a la determinación de la causa del problema.</p> <p>En esta sección del curso se verán los problemas típicos que se pueden presentar, métodos para identificar las causas potenciales y acciones correctivas que se pueden aplicar.</p> <p><b>TECNICAS GENERALES</b></p> <p>Existen muy pocas reglas que puedan utilizarse para intentar diagnosticar problemas del proceso de todos los activados. Sin embargo, los problemas que se presentan súbitamente, en general son fáciles de identificar, mientras que los que se presentan en un tiempo largo, o que se desarrollan lentamente son difíciles de determinar.</p> <p>Si se presenta algún problema en la planta, debe ser caracterizado, recopilando la mayor cantidad de información relativa a como se presentó. Una vez caracterizado, se intentará identificar el problema basándose en literatura consultada, interpretación de datos obtenidos, experiencias en la planta, y listado de múltiples causas posibles para ir eliminándolas de</p>	

CONTENIDO	NOTAS
<p>acuerdo con toda la información. Una vez definida la causa o las principales causas, se implantarán las acciones correctivas que resuelvan el problema.</p> <p>Se resumen los pasos en la solución de problemas del funcionamiento del proceso.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Anote y describa el problema.</li> <li>2. Caracterice los síntomas del problema y su periodicidad.</li> <li>3. Compare las características del problema con posibles causas asociadas.</li> <li>4. Si existen múltiples causas posibles asociadas al problema, realice un listado y elimine las que no apliquen.</li> <li>5. Una vez definida la causa o causas, lleve a cabo el programa de acciones para remediar el problema, eliminando las causas.</li> </ol> <p>La matriz No. 1 enumera los problemas típicos que pueden surgir y sus posibles causas . En la matriz No.2 se enumeran las causas de los problemas y las acciones correctivas para resolverlos. La tabla 5.3 contiene problemas típicos en el sedimentador secundario.</p>	

**TABLA 5.3 PROBLEMAS TIPICOS EN EL SEDIMENTADOR.**

**RESUMEN**

<b>TIPO DE PROBLEMA</b>	<b>SINTOMAS</b>	<b>CAUSA</b>
<b>ABULTAMIENTO DE LODOS</b>	Floc grande distribuido en todo el sedimentador, pobre compactación del manto de lodos, predominancia de organismos filamentosos.	Sobrecarga orgánica, relación F/M incorrecta, deficiencia de nutrientes.
<b>FLOTACION DE LODOS</b>	Sólidos biológicos flotan en la superficie del sedimentador.	Demasiado tiempo de retención en el sedimentador.
<b>DEFLOCULACION</b>	Pequeño floc flotante, sobrenadante turbio	Toxicidad, deficiencia de nutrientes, exceso de carga orgánica, condiciones anaerobias.
<b>FLOC DISPERSO</b>	Floc pequeño y ligero, sobrenadante claro	Edad de lodos baja
<b>FLOC CABEZA DE ALFILER</b>	Floc pequeño y pesado , efluente turbio, floc de rápida sedimentación	Edad de lodos alta
<b>ARRASTRE DE SOLIDOS</b>	Floc saludable que es empujado sobre el vertedor	Vertedores desnivelados, sobrecarga desnivelada, sobrecarga hidráulica, flujo desigual en múltiples.

CONTENIDO	NOTAS
<p><b>5.5 ARRANQUE DE LA PLANTA</b></p> <p>El arranque de cualquier proceso biológico, entre ellos el de lodos activados, se lleva tiempo y deben tenerse ciertos cuidados para lograr la estabilización y buen funcionamiento del proceso.</p> <p>Un arranque típico se compone de dos fases: arranque mecánico y arranque del proceso; este curso se enfoca principalmente al proceso.</p> <p>Como se ha visto, el proceso básico de tratamiento para lodos activados consiste en un tanque de aeración y un clarificador. Sus principales funciones se enlistan a continuación :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Remoción de materia orgánica disuelta de las aguas residuales, convirtiendo esta materia en formas insolubles (material celular).</li> <li>b. Separación de la materia insoluble del licor mezclado, para obtener un efluente claro.</li> <li>c. Recirculación inmediata del material celular sedimentado al tanque de aeración.</li> </ol> <p>Se puede pensar que el proceso de tratamiento por lodos activados ha sido alcanzado hasta que se establecen y normalizan estas funciones.</p>	

CONTENIDO	NOTAS
-----------	-------

## **PREPARACION PREVIA AL ARRANQUE**

Para tener éxito en el arranque de la planta, se requiere una planeación cuidadosa. El proceso de lodos activados es demasiado complicado para que se realice solo, y los factores ambientales que se han visto y que afectan al proceso son muchos como para iniciar el arranque sin preparación previa. Las actividades requeridas antes de arrancar son: análisis del agua residual, estimación de cargas orgánicas y de sólidos al inicio, inoculación, revisión del equipo mecánico y familiarización con la planta incluyendo capacitación; se incluye el formato de requisitos.

### **REQUISITOS DEL ARRANQUE (PARA EL PROCESO)**

A continuación se da un formato que se puede utilizar como guía para verificar las actividades previas al arranque. Cada organismo operador deberá incluir aspectos que considere relevantes para cada planta en particular.

En cuanto a otras actividades previas se tienen:

- Listado de equipos de la planta.
- No arrancar si faltan instalaciones y detalles de construcción.
- Revisar hidráulicamente los tanques.

## FUNDAMENTOS Y CONTROL DE LA OPERACION

CONTENIDO	NOTAS
<p>Revisar todos los equipos antes de arrancar:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Equipos de aeración.</li><li>- Bombas.</li><li>- Mecanismos de sedimentadores.</li></ul> <p><b>ARRANQUE</b></p> <p>Una vez que se han cubierto las actividades previas al arranque, suponiendo que todos los equipos mecánicos han sido probados y ajustados, que todos los tanques y tuberías están limpias, y el sedimentador secundario y el sedimentador están parcialmente llenos con el agua de las pruebas, los pasos a seguir son :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Transporte del inóculo.</li><li>- Agregar aguas residuales al tanque de aeración.</li><li>- Arrancar el equipo de aeración.</li><li>- Agregar el inóculo.</li><li>- Arrancar el sedimentador.</li><li>- Iniciar la recirculación.</li><li>- Monitorear el proceso.</li></ul> <ul style="list-style-type: none"><li>* Oxígeno disuelto</li><li>* Nutrientes</li><li>* pH</li><li>* DBO y DQO</li><li>* Calidad del efluente</li><li>* SSLM y SSVLM</li></ul>	

## FUNDAMENTOS Y CONTROL DE LA OPERACION

CONTENIDO	NOTAS
<ul style="list-style-type: none"><li>* Utilización de O D</li><li>* Observaciones microscópicas.</li><li>* Pruebas de sedimentabilidad.</li></ul> <p><b>TRANSICION DEL ARRANQUE</b></p> <p>Es difícil determinar cuándo termina el arranque y cuándo inicia la operación normal; por esta razón, a continuación se enlistan algunas formas de conocer si ya se ha llegado a la operación normal de la planta.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Grafique la eficiencia de remoción contra el tiempo (días). Los valores similares de eficiencias esperadas durante varios días, tal vez indiquen que ya se está en una operación normal.</li><li>- Grafique las concentraciones de DBO soluble contra el tiempo. La concentración caerá hasta valores esperados.</li><li>- Revise y grafique si es necesario, los datos de SSVLM y determine si se conserva la concentración deseada.</li><li>- Asegúrese que la purga de lodos ha sido establecida y que se tiene la relación F/M óptima, así como la edad de lodos.</li><li>- Compruebe que la utilización de OD está en los rangos comunes.</li></ul>	

CONTENIDO	NOTAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realice observaciones microscópicas y determine si los indicadores visuales son aceptables.</li> <li>- Ajuste la recirculación a su valor normal (vea el cálculo del gasto de recirculación).</li> <li>- Certifique que se han alcanzado las metas de calidad de acuerdo con el diseño a fin de alcanzar niveles aceptables de DBO y sólidos suspendidos.</li> </ul>	
<p><b>PROBLEMAS TIPICOS EN EL ARRANQUE</b></p>	
<p>En el arranque puede presentarse cualquier número de problemas, por eso los preparativos previos al arranque son importantes. Aún así, es casi seguro que surja algún problema. A continuación se presentan los problemas típicos más comunes en el proceso de arranque de plantas de tratamiento. Los problemas en equipos no se han incluido, pues cada proveedor lo debe resolver.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Espuma.</li> <li>- Sedimentación deficiente con presencia de sólidos finos.</li> <li>- Baja remción de DBO<sub>5</sub>.</li> <li>- Temperatura y condiciones climáticas desfavorables.</li> </ul>	

# PLANTA DE TRATAMIENTO DE LODOS ACTIVADOS

## ACTIVIDADES PARA EL ARRANQUE

### 1. MUESTREO Y ANALISIS DEL AGUA RESIDUAL

DBO<sub>5</sub> \_\_\_\_\_ mg/l  
DQO \_\_\_\_\_ mg/l  
pH \_\_\_\_\_ unidades  
NH<sub>3</sub>-N \_\_\_\_\_ mg/l  
O-P \_\_\_\_\_ mg/l

#### OTROS ANALISIS:

---

---

---

### 2. ESTIMACION DE CONDICIONES DE ARRANQUE

GASTO \_\_\_\_\_ l/s

RELACION F/M \_\_\_\_\_

#### NUTRIENTES REQUERIDOS

N \_\_\_\_\_ kg/día

P \_\_\_\_\_ kg/día

#### NEUTRALIZACION REQUERIDA

ACIDO \_\_\_\_\_ l/d

BASE \_\_\_\_\_ l/d

### 3. INOCULACION

	FUENTE		
	1	2	3
Proceso similar			
Agua residual similar			
Observación microscópica			
Utilización de oxígeno			
Fuente seleccionada			

Sitio de extracción del inóculo tanque de aeración, lodos de recirculación o digestor aerobio

SSV DEL INOCULO \_\_\_\_\_ mg/l

Kg DE INOCULO REQUERIDO \_\_\_\_\_ kg

m<sup>3</sup> DE INOCULO \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>

TRANSPORTE LIMPIO ( )SI ( )NO



FACULTAD DE INGENIERIA  
DIVISION DE INGENIERIA

SECRETARIA DE MINERIA  
Y ENERGIA

CURSOS ABIERTOS

OPERACION Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS  
DE TRATAMIENTO DE LODOS ACTIVADOS

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

1 9 9 6 .

CONTENIDO	NOTAS
-----------	-------

## **6. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO**

### **6.1 OBJETIVO DEL MANTENIMIENTO**

El objetivo de un sistema de tratamiento de aguas residuales es entregar un producto de calidad, en este caso, agua tratada que cumpla con las condiciones particulares de descarga establecidas.

Todas las plantas de tratamiento necesitan un mantenimiento continuo para funcionar de manera segura, eficiente y rentable. Si una de las unidades del sistema falla, el sistema entero puede detenerse (o un módulo); el resultado final es un efluente con calidad inferior a la esperada.

Se sabe que una gran cantidad de plantas de tratamiento no cumplen con las condiciones de descarga de DBO, sólidos suspendidos (SS) y otros contaminantes. Una de las principales causas de que no se cumpla con estos parámetros es la falta de aplicación de un programa de mantenimiento.

### **OBJETIVOS DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO**

Tradicionalmente los programas de mantenimiento en plantas de tratamiento son dirigidos a reparar equipo fuera de servicio (que es una reparación de emergencia).

CONTENIDO	NOTAS
<p>La planeación de programas de mantenimiento casi no existe en el país. Un programa de mantenimiento completo está integrado por: un sistema de planeación, organización, personal, directrices y trabajos de mantenimiento controlados.</p> <p>El objetivo es asegurar la calidad requerida en el efluente de la planta de tratamiento, al menor costo y por largos periodos. En algunos casos, donde se han establecido programas de mantenimiento se han tenido ahorros hasta de un 10%.</p> <p>Un programa de mantenimiento balanceado es aquel donde se llega al equilibrio entre mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo. La inspección periódica de equipos e instalaciones puede detectar futuros problemas factibles de resolver antes de que sean críticos en forma económica, y no después de que el equipo o sistema haya fallado, lo que repercutiría en reparaciones costosas.</p> <p>Finalmente, la diferencia entre mantenimiento preventivo y correctivo se da con la experiencia del personal de mantenimiento en la aplicación de sus programas.</p> <p>Un programa integral de mantenimiento debe ser implantado por el personal de alto nivel del organismo operador y de la planta de tratamiento. Las metas del programa podrán identificar este personal para apoyar en todo momento al programa.</p>	

CONTENIDO	NOTAS
<p>El programa de mantenimiento debe quedar contemplado en las políticas y procedimientos del organismo operador.</p> <p>Entre las funciones que deben realizarse en cualquier planta de tratamiento para alcanzar sus objetivos, el Departamento de Mantenimiento generalmente se responsabiliza de lo siguiente.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Comunicaciones con el Departamento de Operación para asegurar la operación exitosa de la planta de tratamiento y la aplicación adecuada del programa de mantenimiento.</li><li>- Cumplimiento de lineamientos, procedimientos y políticas para lograr una comunicación adecuada con el Departamento de Administración de la planta.</li><li>- Establecer, implantar y operar el programa de mantenimiento preventivo.</li><li>- Planear y programar los presupuestos y finanzas del departamento.</li><li>- Manejo de inventarios, materiales y proveedores.</li><li>- Programas de capacitación y seguridad para el personal de la planta.</li><li>- Calidad y control en la ejecución de las reparaciones y trabajos.</li></ul>	

CONTENIDO	NOTAS
<ul style="list-style-type: none"><li>- Proporcionar la información a ingenieros y Departamento Legal para preparación de especificaciones, términos de referencia, recepción de propuestas y contratación de trabajos.</li><li>- Establecer un plan de emergencias y manual de procedimientos para la participación del personal durante situaciones de emergencia.</li><li>- Proporcionar mantenimiento a las partes de instrumentación y cómputo de la planta.</li></ul> <p>Una vez que se han establecido los alcances y responsabilidades del Departamento de Mantenimiento, se puede estructurar su organigrama, el cual debe mostrar su interrelación con el Departamento de Operación y el de Administración de la planta.</p> <p>Las pequeñas plantas tal vez requieren una sola persona, que esté a cargo de la operación y mantenimiento de toda la planta. Las medianas tal vez mezclen actividades de operación y mantenimiento a cargo de dos o tres personas. Las grandes necesitan un departamento de mantenimiento.</p> <p>Los departamentos de mantenimiento se integran con personal de diferentes especialidades; el jefe del departamento con jefes de área, como el electricista y el mecánico con sus ayudantes; el almacenista, supervisores, etc. La plantilla de personal será tan grande como lo requiera la planta.</p>	

CONTENIDO	NOTAS
<p><b>6.2 PLANEACION Y PROGRAMACION DEL MANTENIMIENTO</b></p> <p>La planeación del mantenimiento es una herramienta importante para ayudar al personal de la planta a mantenerla segura, bien operada e íntegra. El mantenimiento eficaz es un prerrequisito para que la planta trabaje bien, y cumpla con las condiciones de descarga.</p> <p>La planeación del mantenimiento requiere que el jefe de la planta y el personal directivo del organismo operador observen los componentes del programa y los incorporen a planes específicos. La planeación debe considerar el número y especialización del personal, la complejidad del proceso, el equipo instalado, etc.</p> <p>Toda implantación de programas cuesta dinero; el costo-beneficio de estos programas es difícil de determinar, sin embargo, se sabe que se tienen ahorros de al menos 2.5% sobre el costo de mantenimiento sin programar.</p> <p>La experiencia en plantas de tratamiento de aguas residuales revela la necesidad de tener presupuestos para mantenimiento y provisiones para rehabilitar equipos. Los equipos que requieren poco mantenimiento, y operan en ambientes relativamente limpios se pueden mantener adecuadamente con costos anuales del 3% del costo del equipo; la mitad en partes de repuesto y la otra mitad en mano de obra. Los equipos en ambientes corrosivos requieren de 4 a 10.</p>	

CONTENIDO	NOTAS
<p>veces el porcentaje anterior (del 12 al 30%). Es recomendable hacer un fondo equivalente al 1% del costo total de los equipos para compensar los desgastes normales de los mismos.</p> <p>Se debe tener un centro de información que conjunte todas las partes del Departamento de Mantenimiento; este se ejemplifica en la figura 6.1. Este centro es de suma importancia.</p> <p>La programación del mantenimiento permite utilizar al personal, equipos y herramientas y partes de repuesto de la manera más eficiente. El objetivo principal de esta programación es asegurar el correcto funcionamiento de los equipos y unidades de la planta, y consecuentemente obtener efluentes de alta calidad.</p> <p>Los equipos de proceso en servicio deben operar constantemente hasta que son puestos fuera de servicio para su mantenimiento preventivo. La programación de este mantenimiento necesita proveer el uso de herramienta y partes de repuesto involucrados. La programación del mantenimiento asegura que se tenga un mínimo de fallas no planeadas o no esperadas.</p> <p>El término <b>programación del mantenimiento</b> incluye todo lo relacionado al mismo, no solo el mantenimiento correctivo, también el reemplazo de instrumentos y rehabilitaciones a largo plazo. El mantenimiento preventivo y el correctivo son claves en la programación.</p>	

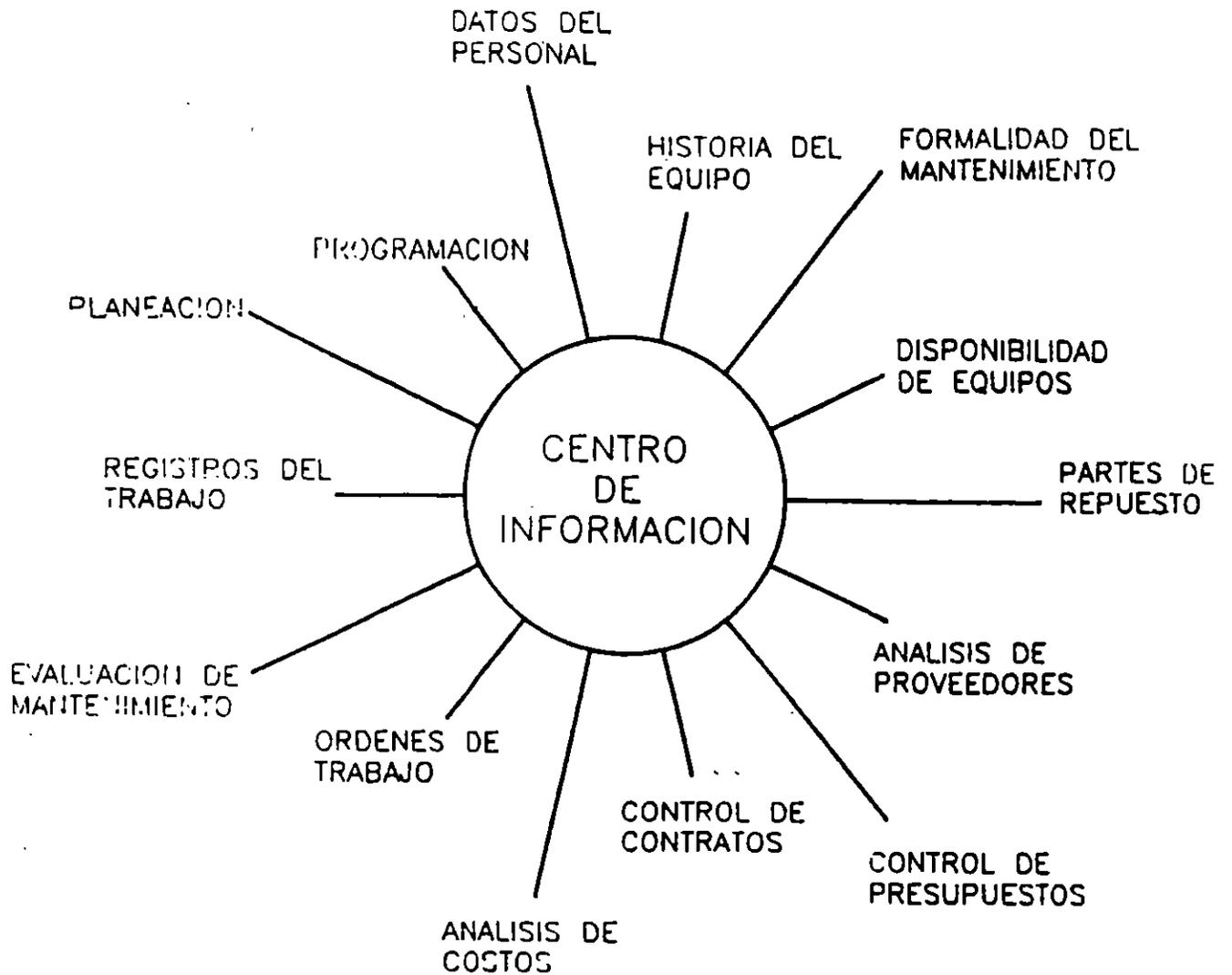


FIGURA 6.1 CENTRO DE INFORMACION DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

## PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

CONTENIDO	NOTAS
<p>Los equipos que fallan, o que dan indicios de que van a fallar, deben programarse para su reparación lo más rápido posible. La persona responsable de hacer la programación debe tener conocimientos mecánicos y experiencia para estimar el tiempo, y los recursos indispensables para la reparación. Las unidades más grandes pueden requerir grúas o partes especiales para su rehabilitación.</p> <p>Cuando los equipos van a estar fuera de servicio por periodos prolongados para un mantenimiento mayor, se debe hacer una programación cuidadosa antes de parar la unidad, y ordenar por anticipado los partes de repuesto, herramientas especiales, equipos de difícil adquisición o venta, etc.</p> <p>Como todas las actividades cuestan dinero, se aconseja llevar un registro cuidadoso del costo de equipos, partes de repuesto, mano de obra especializada, etc. Este será útil para futuras reparaciones y más aún para definir con precisión los presupuestos de los siguientes años; aquí es muy importante la intervención del Centro de Información.</p> <p>La programación la debe realizar el jefe del departamento, conjuntamente con los directivos del organismo operador mediante la ayuda del Centro de Información para obtener apoyo técnico, económico y administrativo .</p>	

CONTENIDO	NOTAS
<p><b>6.3 CONTROL DE INVENTARIOS</b></p> <p>Un buen Departamento de Mantenimiento debe almacenar partes de repuesto y materiales para hacer reparaciones a tiempo. Es tarea del jefe organizar un programa de almacén que responda a la necesidad del programa de mantenimiento, y que los trabajos se realicen sin demoras, con una inversión razonable en costos de capital.</p> <p>Existen diversas formas de clasificar los materiales en los almacenes, lo normal es que se agrupen de la siguiente manera:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Partes de repuesto; son piezas extras de los equipos que el fabricante recomienda o que el trabajador con experiencia puede predecir. Estas partes se destinan a corregir fallas potenciales en los equipos; consisten en partes vulnerables, partes que se desgastan o difíciles de obtener o con tiempos de entrega muy largos. La decisión de almacenar estas partes se basa en la importancia de cada una para el correcto funcionamiento de la planta.</li><li>- Materiales de uso normal; consiste en piezas o en materiales de uso diario en actividades de mantenimiento. Estas piezas integran el volumen mayor del almacén, y son piezas de cambio como válvulas, piezas especiales de tuberías, baleros, bandas, piezas eléctricas, etc; deben ser almacenadas para permitir tareas de mantenimiento y minimizar compras de emergencia.</li></ul>	

## PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

CONTENIDO	NOTAS
<ul style="list-style-type: none"><li>- Materiales a granel; no son fáciles de manejar y almacenar; deben tener lugares especiales para su manejo, son partes necesarias en el mantenimiento; incluyen placas de acero, tramos de tubería, tambos de 200 litros de productos de limpieza o productos químicos, aceites, grasas, combustibles, y solventes, los cuales deben tener cuidados especiales en su manejo y control.</li><li>- Equipos y herramientas para actividades de mantenimiento; las herramientas especializadas deben estar accesibles, así como las de uso diario. La disponibilidad y seguridad proporcionada por un buen almacén asegura el uso de herramienta de todo tipo cuando es requerida.</li><li>- Piezas usadas; normalmente existen piezas usadas que se recuperan en las reparaciones; deben ser evaluadas para su posible uso posterior, tal vez en situaciones de emergencia; si el espacio lo permite, debe haber un lugar destinado a estas piezas.</li></ul> <p>El manejo del almacén debe hacerse en conjunto con el Departamento de Compras, el que normalmente está fuera del Departamento de Mantenimiento; implica esfuerzos para que las compras se hagan con prontitud y se cumplan los programas.</p>	

CONTENIDO	NOTAS
<p>Los criterios para seleccionar partes y materiales que se deben almacenar son:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Partes de repuesto recomendadas por el fabricante.</li><li>- Impacto en la planta si una parte falla y no hay repuestos para la reparación.</li><li>- Compras normales con tiempos de entrega y sitios donde se localiza el proveedor.</li><li>- La frecuencia de falla.</li><li>- El costo de la parte de repuesto.</li><li>- Demanda en el programa de mantenimiento.</li><li>- Costos de reparaciones de emergencia.</li><li>- Dinero y espacios disponibles en el almacén.</li><li>- Cantidades mínimas que se pueden comprar y descuentos.</li><li>- Costo de materiales almacenados.</li><li>- Frecuencia de fabricación de las partes.</li><li>- Factibilidad de sustituir materiales o partes estandarizadas.</li></ul> <p>Se debe establecer un sistema de control de inventarios ya sea manual o computarizado para tener bajo control al almacén; los componentes del sistema de inventarios incluyen: archivo maestro, facturas recibidas, requisiciones al almacén, identificación de materiales y partes, catálogo de partes, manejo de materiales y partes, entrega de materiales, actualización de archivos, órdenes de compra, contabilidad, partes regresadas, reportes, etc.</p>	

CONTENIDO	NOTAS
-----------	-------

#### 6.4 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento es la inspección periódica de equipos y mecanismos para descubrir fallas o desarrollo de fallas que lleven a la descompostura o deterioro de los equipos, y realizar acciones para corregir a tiempo dichas fallas.

La descompostura de una parte de la planta puede causar que falle todo el proceso. El mantenimiento preventivo, cuando se aplica adecuadamente, reduce los costos por mantenimiento correctivo, e incrementa la eficiencia y longevidad de los equipos. Una buena planeación del mantenimiento preventivo debe ser bien pensada, bien organizada, y apropiadamente manejada; esto consiste básicamente en tres partes:

1. Programación de inspección periódica, lubricación, ajuste y otros servicios a la maquinaria, equipo y estructuras.
2. Registro de reparaciones, alteraciones y reemplazos.
3. Desarrollo de un método de costos contables para las diferentes partes del programa de mantenimiento preventivo.

Cada uno de estos componentes deben ser simples, puntuales y precisos. Un programa sólido implica elaborarse sin restricciones en tiempo, dinero, reparaciones y reemplazos.

## PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

CONTENIDO	NOTAS
<p>La operación y mantenimiento eficientes de una planta de tratamiento de aguas residuales es importante por varias razones. La falta de operación y mantenimiento de una sección puede hacer fallar todo el proceso. Los procesos biológicos son particularmente vulnerables a cambios en gasto y carga, esto debe evitarse. Es importante evitar daños costosos a los equipos y maquinaria, y procurar cumplir el objetivo de la planta de tratamiento, y remover los contaminantes de una manera eficiente, bajo costos razonables.</p> <p>Los objetivos del programa de mantenimiento se enlistan a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Incrementar el cuidado de los equipos.</li><li>- Minimizar interrupciones del proceso, y reducir los tiempos fuera de servicio.</li><li>- Controlar los costos de mantenimiento.</li><li>- Incrementar la productividad del personal y utilizar mejor la fuerza de trabajo, programando las actividades.</li><li>- Proporcionar seguridad a la planta.</li><li>- Evitar mantenimiento excesivo, por ejemplo, sobreengrasado de baleros.</li><li>- Mantener registros para establecer frecuencias de fallas en equipos.</li></ul>	

## PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

CONTENIDO	NOTAS
<ul style="list-style-type: none"><li>- Establecer registros de costos normales y costos excesivos, para tomar decisiones en reparaciones futuras.</li><li>- Conservar fondos evitando reemplazos prematuros a equipos</li><li>- Minimizar reparaciones mayores.</li><li>- Incrementar el funcionamiento de la planta al mantener los equipos en condiciones óptimas.</li><li>- Controlar la disponibilidad de partes de repuesto.</li><li>- Asegurar que se cuenta con herramienta y quipos necesarios cuando se asignen trabajos de mantenimiento.</li></ul> <p>El programa de mantenimiento preventivo necesita revisarse anualmente por el personal directivo del organismo operador de la planta de tratamiento, para evaluar si se alcanzaron los objetivos planteados. El propósito de la revisión es encontrar fallas al programa y realizar acciones correctivas.</p> <h3>6.5 COORDINACION ENTRE OPERACION Y MANTENIMIENTO</h3> <p>Para que una planta de tratamiento funcione efectivamente, debe existir una comunicación abierta entre los departamentos de Operación y el de</p>	

## PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

CONTENIDO	NOTAS
<p>Mantenimiento. Las principales variables involucradas en la coordinación de ambos departamentos incluyen: el tamaño de la planta, niveles de comunicación, organización de personal y directrices en actividades de operación y mantenimiento. Así como crece el tamaño de una planta, aumentan las dificultades de comunicación y coordinación. Las plantas pequeñas casi no tienen este problema y no existe confusión entre el personal acerca de las responsabilidades. En plantas grandes donde trabajan decenas de personas, es básico establecer los lineamientos de cada departamento, definiendo respectivamente las actividades. Es deseable minimizar los problemas que puedan surgir entre estos departamentos. No existe una definición total de las actividades que corresponden a cada departamento; algunos directores de plantas consideran que los operadores deben responsabilizarse del proceso, monitoreo y equipo de control; otros agregan actividades menores, como pintura, encerado de pisos, reparación de ventanas y tareas de mantenimiento menor, como lubricación de equipos, cambio de focos, etc.</p> <p>La definición de mantenimiento varía de planta en planta; la mayoría de los directivos consideran que del 60 al 70% de las actividades caen en el área de mantenimiento. El punto importante es notar que no importa quién realice una u otra actividad, sino que la definición de actividades sea consistente y conocida por todo el personal de la planta.</p> <p>La comunicación es muy importante; puede ser verbal o</p>	

CONTENIDO	NOTAS
-----------	-------

escrita, la escrita va desde una simple nota hasta un reporte mensual; la verbal va desde pláticas informales hasta juntas periódicas de trabajo de carácter formal. Como regla general, el personal no debe olvidar dos cosas: primero, no tener temor de comunicar, y segundo, la comunicación se logra solo cuando ambas partes han entendido lo que se está hablando.

## 6.6 EVALUACION DEL MANTENIMIENTO

La evaluación del mantenimiento combina funciones básicas directivas, como la organización, directrices y controles, con los elementos de productividad en el trabajo como aprovechamientos, métodos y desempeño. Casi todas las actividades de mantenimiento pueden realizarse si se aplica un análisis lógico, práctico y experimentado a la actividad. Lo mejor es empezar con funciones que actualmente se realizan en forma deficiente.

Los fundamentos para la evaluación efectiva del sistema es tener tiempos promedio de realización de actividades. Éstos son los que emplea un trabajador calificado con destreza y esfuerzos normales, y las herramientas y equipos necesarios para cumplir con la tarea definida, bajo supervisión. Cada tarea de mantenimiento como parte del tiempo promedio debe incluir:

- Tiempos de traslado de ida y vuelta.

**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO**

<b>CONTENIDO</b>	<b>NOTAS</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Preparación para el trabajo, como obtener partes del almacén, llenado de formas y actividades similares.</li><li>- Permitir al personal tiempos de descanso y retrasos, como almuerzo, limpieza personal, temperaturas extremas, etc.</li></ul> <p>Durante la medición del tiempo promedio para realizar tareas, se deben considerar los siguientes factores:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Propósito de la operación.</li><li>- Diseño de partes del sistema.</li><li>- Requisitos de inspección.</li><li>- Requisitos de materiales.</li><li>- Manejo de materiales.</li><li>- Lugar de trabajo, herramientas y equipos.</li><li>- Condiciones de trabajo.</li><li>- Métodos usados.</li></ul> <p>Cada vez que una tarea cambie, por ejemplo, con un nuevo método, procedimiento o herramienta, se deberá revisar el tiempo promedio y ver cómo se refleja el cambio.</p> <p>El jefe de mantenimiento puede aplicar una serie de</p>	

CONTENIDO	NOTAS
<p>técnicas de evaluación a operaciones de mantenimiento no repetitivas. La aplicación de cada técnica depende de la naturaleza de la tarea, el grado de precisión requerido, los costos involucrados y las consideraciones humanas. Estas técnicas son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estudio de tiempos.</li> <li>- Valores de tiempo predeterminados.</li> <li>- Muestreos en el trabajo.</li> <li>- Registros anteriores.</li> <li>- Estándares de mantenimiento universales.</li> </ul> <p>El mantenimiento de emergencia, frecuentemente aumenta las cargas de trabajo. La seriedad y reiteración de las emergencias no se pueden predecir. Se sabe que la frecuencia de ocurrencia puede minimizarse de un 10% a 15% del total de la carga de trabajo. La planeación y programación de mantenimiento preventivo y de rutina debe dar la suficiente flexibilidad para tener fuerza en las emergencias.</p> <p>Los índices usuales para medir el desempeño y productividad del personal se presentan a continuación, con porcentajes esperados actuales y futuros:</p> <p><b>I. MEDIDA DEL DESEMPEÑO</b></p> $MD = \frac{\text{horas trabajadas en trabajo planeado}}{\text{horas productivas en trabajo planeado}} \times 100$	

CONTENIDO	NOTAS
<p>Valor actual = 60-80%</p> <p>Valor futuro = 85-90%</p>	
<p>2. EFECTIVIDAD</p> $E = \frac{\text{horas trabajadas en trabajo planeado}}{\text{tot. de horas trabajadas en trabajo planeado y no planeado}} \times 100$ <p>Valor actual = 50-65%</p> <p>Valor futuro = 80%</p>	
<p>3. RETRASOS</p> <p>Va = 10-20%</p> $R = \frac{\text{horas de retraso}}{\text{total de horas trabajadas planeadas y no planeadas}} \times 100$ <p>Vf = &lt; 15%</p>	
<p>4. COBERTURA</p> $C = \frac{\text{horas productivas según estándares universales}}{\text{horas productivas planeadas y no planeadas}} \times 100$ <p>Va = 65-80%</p> <p>Vf = 90%</p>	

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

CONTENIDO	NOTAS
<p>5. REALIZACION DEL PROGRAMA</p> $RP = \frac{\text{horas completadas del programa}}{\text{horas programadas}} \times 100$ <p>Va = 60-80% Vf = 80%</p>	
<p>6. TRABAJOS DE EMERGENCIA</p> $TE = \frac{\text{horas trabajadas en emergencias}}{\text{horas trabajadas}} \times 100$ <p>Va = <math>\leq 5\%</math> Vf = 2%</p>	
<p>7. MANTENIMIENTO PREVENTIVO</p> $MP = \frac{\text{horas trabajadas en mantenimiento preventivo}}{\text{horas totales trabajadas}} \times 100$ <p>Va = 5% Vf = <math>\geq 15\%</math></p>	

CONTENIDO	NOTAS
<p>Una vez que el sistema de evaluación ha sido implantado, la información se adquiere rápidamente. Los datos del desempeño de la fuerza de trabajo (por individuo, cuadrilla o departamento) puede tenerse, por ejemplo, en un registro semanal. El reporte de retrasos e interrupciones no productivas, se hacen mensualmente.</p> <p>Los índices mostrados reflejan el desempeño y productividad del personal en el trabajo. El valor Va (Valor actual) se refiere al rango de valores encontrado normalmente. El valor Vf (valor a futuro) se refiere al valor que se esperaría alcanzar en el futuro.</p> <p><b>6.7 MANTENIMIENTO DE EQUIPO ELECTROMECHANICO</b></p> <p><b>INTRODUCCION</b></p> <p>Todas las plantas industriales sin importar su naturaleza, requieren para su operación continua y eficiente de un mantenimiento adecuado, el cual deberá ser programado oportunamente de acuerdo a los tipos de equipos y/o especificaciones de los fabricantes.</p> <p>Existen 2 tipos de mantenimiento en las plantas y éstos son: el preventivo y el correctivo. En el primer caso dicho mantenimiento se realiza, como su nombre lo indica para prevenir problemas mayores o colapsos en los equipos; el segundo, se realiza para corregir el</p>	

CONTENIDO	NOTAS
-----------	-------

problema mayor en los equipos, originado por no contar con un mantenimiento preventivo adecuado.

### **IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO**

Nos referimos específicamente al mantenimiento preventivo señalando las ventajas o beneficios al lograr implementar con éxito un programa periódico de mantenimiento.

- Se reducen prácticamente a cero los paros de plantas por fallas imprevistas.
- Se puede planear y asegurar mejor la producción al saber que no habrá paros en los equipos.
- Se reducen los costos de mantenimiento ya que un mantenimiento preventivo no implica reparaciones mayores como es el caso del mantenimiento correctivo.
- Aumenta la eficiencia global de la planta al haber menos paros por emergencia, ya que éstos al existir, incrementan los tiempos muertos en las máquinas bajando la eficiencia de la mano de obra.
- La vida útil de la maquinaria se prolonga y disminuyen los costos por reposición de la misma.
- Mejoría en el ambiente de trabajo. Como consecuencia de una operación tranquila y eficiente originada por el mantenimiento realizado, todo el

CONTENIDO	NOTAS
<p>personal podrá hacer una mejor planeación de su trabajo ya que no estará sometido a sobresaltos originados por fallas constantes, cuando no existe mantenimiento.</p> <p><b>MANTENIMIENTO DE EQUIPO ELECTRICO</b></p> <p><b>SUBESTACION ELECTRICA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Transformadores</li> <li>- Interruptores</li> <li>- Cuchillas seccionadoras</li> <li>- Transformadores de medición y control (Tc y Tp)</li> <li>- Apartarrayos y red de tierras</li> <li>- Tableros de medición y control</li> <li>- Bancos de baterías y cargador</li> <li>- Centro de control de motores</li> <li>- Sistemas de distribución</li> </ul> <p><b>TRANSFORMADORES</b></p> <p><b>DEFINICION</b></p> <p>El transformador es una máquina estática de inducción, en la cual la energía eléctrica es transformada en sus dos factores: tensión e intensidad. Cualquiera que sea el uso que se haga del transformador, se llama primario el circuito que recibe la energía y secundario el que la suministra a los aparatos receptores.</p>	

CONTENIDO	NOTAS
<p>Su constitución básica comprende un núcleo magnético cerrado, formado por planchas de hierro de reducido espesor, aisladas entre sí y sobre cuyas columnas van montados los arrollamientos primario y secundario</p> <p><b>CLASIFICACION</b></p> <p>Los transformadores de acuerdo al tipo de enfriamiento se denominan como sigue:</p> <p><b>TIPO A.</b> Enfriamiento natural, el aire del medio ambiente enfría por medio de la chapa o los tubos del transformador.</p> <p><b>TIPO AF.</b> Enfriamiento natural con ventilación forzada, además del enfriamiento natural, se utiliza una circulación de aire forzada por medio de ventiladores.</p> <p><b>TIPO OAF.</b> Enfriamiento natural con circulación de aceite y ventilación forzada, incluye además enfriamiento por medio de una bomba circuladora de aceite a través de los radiadores.</p> <p><b>PROTECCIONES</b></p> <p>Los transformadores cuentan con las siguientes protecciones las cuales operan los relés que controlan la apertura del interruptor que desconecta al transformador del sistema.</p>	

CONTENIDO	NOTAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Por alta temperatura</li> <li>- Por falla de fases</li> <li>- Protección Bucholz</li> <li>- Protección a tierra</li> </ul> <p><b>MANTENIMIENTO</b></p> <p>El siguiente programa de mantenimiento deberá realizarse cuando menos una vez al año.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspección física del aislamiento</li> <li>- Medición de la resistencia eléctrica entre fases</li> <li>- Medición de la resistencia eléctrica de cada fase respecto a tierra</li> <li>- Medición de la resistencia eléctrica del aceite</li> <li>- Filtrado de aceite</li> <li>- Cambio de bornes y conexiones, puede variar el intervalo de tiempo según las condiciones del medio ambiente donde está instalado</li> <li>- Recalibración de instrumentos de protección</li> <li>- Reapretado de conexiones</li> </ul> <p><b>INTERRUPTORES</b></p> <p><b>DEFINICION</b></p> <p>Un interruptor, llamado en el lenguaje técnico disyuntor, es un aparato destinado a establecer o cortar la continuidad de un circuito eléctrico bajo carga y construido de tal modo que esta continuidad puede ser</p>	

CONTENIDO	NOTAS
<p>mantenida después de cada maniobra de cierre o apertura. Dicho en otras palabras es capaz de conectar o desconectar al sistema eléctrico maquinaria o equipo y/o proteger un circuito eléctrico cuando se produce una sobrecarga.</p> <p><b>CLASIFICACION</b></p> <p>Estos se clasifican de acuerdo al tipo o clase de elemento que se utilice en el interruptor para extinguir el arco producido al operar:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Interruptores en aceite</li><li>- Interruptores neumáticos</li><li>- Interruptores en Hexafloruro de Azufre</li><li>- Interruptores baja tensión. El arco se produce y extingue en los contactos por lo que se diseñan para que tengan una apertura o cierre rápido y el arco dure el menos tiempo posible.</li></ul> <p><b>MANTENIMIENTO</b></p> <p>Se requiere un mantenimiento anual a fin de conservarlos en buenas condiciones de operación y comprende lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Revisión de mecanismos mecánicos y cambio de piezas desgastadas</li><li>- Revisión de contactos y sustitución de los mismos en caso de presentar desgaste</li></ul>	

CONTENIDO	NOTAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cambio de aceite en el caso de los de este tipo</li> <li>- Revisión y corrección por fugas de aire o gas en los de esta clase</li> <li>- Reapretado de conexiones</li> <li>- Pruebas que incluyen: de corriente para apertura y cierre nominal de acuerdo a especificaciones de los fabricantes, de sobrecarga, de temperatura, de aislamiento y de presión</li> </ul>	
<p><b>CUCHILLAS SECCIONADORAS</b></p> <p><b>DEFINICION</b></p> <p>Para aislar las diversas partes de una instalación eléctrica se utilizan seccionadores llamados también cuchillas desconectadoras. Una cuchilla normal unipolar para tensión media consta de una base metálica de fundición o un perfil laminado con 2 aisladores soporte que llevan sendos bornes de conexión, en uno de éstos va el contacto articulado de un extremo de la cuchilla que cierra o interrumpe el circuito, mientras que el otro borne está provisto de un contacto de resortes en el cual enchufa el extremo de la cuchilla.</p> <p>Las cuchillas son de latón o cobre; los aisladores soporte de porcelana y su mecanismo de operación puede ser manual, donde utiliza una pértiga aislada especial para abrirlas o bien pueden ser accionadas por</p>	

CONTENIDO	NOTAS
<p>mecanismos motorizados ya sea eléctricos o neumáticos.</p> <p>Existen otros tipos de desconectadores los cuales constan de una cuchilla portafusible que se usa para interrumpir los circuitos cuando se producen sobreintensidades. En este caso el fusible, que son hilos o tiras metálicas de reducida sección se funden por el calentamiento producido por la sobrecorriente y se interrumpe el circuito.</p> <p><b>MANTENIMIENTO</b></p> <p>Esta clase de equipo no requiere mucho mantenimiento y lo que se busca sólomente es que las cuchillas no se peguen por la falta de movilidad y medio ambiente sucio, por lo tanto, requieren de limpieza regularmente así como la revisión de los mecanismos de accionamiento cada 6 meses y cambio de partes desgastadas.</p> <p><b>TRANSFORMADORES DE MEDICION Y CONTROL (Tc, Tp)</b></p> <p><b>DEFINICION</b></p> <p>Estos transformadores se denominan de media medición y son de 2 clases de tensión (Tp) y de intensidad (Tc) y su operación se explica como sigue: Los aparatos de medición y relés instalados en los cuadros de distribución eléctrica no están construidos para resistir altas tensiones ni grandes intensidades de corriente, ya</p>	

CONTENIDO	NOTAS
<p>que son fabricados para voltajes de diseño de 100 @ 110 voltios y una intensidad de acuerdo a una relación de transformación de 13,800 o mayor/110 voltios y una intensidad de 200-300/5 amperes para que puedan ser conectados a los aparatos de medición y puedan operarse con seguridad.</p> <p><b>MANTENIMIENTO</b></p> <p>Los transformadores de potencial (TP's) se fabrican contenidos en aceite y con disposición monofásica y los de corriente (TC's) son monofásicos y de tipo seco y requieren de un programa de mantenimiento preventivo cada seis meses que implica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpieza de bornes</li> <li>- Cambio de aceite</li> <li>- Verificación de condiciones de aislamiento</li> <li>- Reapretado de conexiones</li> <li>- Medición de la relación de transformación</li> <li>- Pruebas operativas</li> </ul> <p><b>APARTARRAYOS Y REDES DE TIERRAS</b></p> <p><b>APARTARRAYOS</b></p> <p><b>DEFINICION</b></p> <p>Con el fin de evitar los riesgos de las sobretensiones se utilizan estos dispositivos que derivan a tierra las ondas producidas por descargas atmosféricas las cuales pueden ser de gran intensidad de corriente.</p>	

CONTENIDO	NOTAS
<p>Se denominan apartarrayos a los aparatos que limitan la amplitud de las sobretensiones dentro de la instalación eléctrica</p> <p><b>FUNCIONAMIENTO</b></p> <p>El apartarrayos se conecta permanentemente a las líneas eléctricas que van a proteger y sólo operan cuando una descarga eléctrica es mayor a la tensión de servicio. Esto se consigue por medio de un explosor en el cual, uno de sus electrodos está conectado a la línea y el otro a la red de tierras. El explosor se vuelve conductor cuando la tensión que se registra es superior a la de servicio en un determinado valor y drena la chispa a tierra.</p> <p><b>MANTENIMIENTO</b></p> <p>Implica limpieza del aislamiento externo regularmente cuando los paros por mantenimiento de la planta lo permitan y protegerlo de la humedad ya que ésta lo deteriora si entra el explosor. Los apartarrayos pueden funcionar correctamente por mucho tiempo a menos que sean destruidos por una descarga mayor a la de diseño.</p> <p><b>REDES DE TIERRA</b></p> <p><b>DEFINICION</b></p> <p>Es una malla conductora que suministra un camino de baja impedancia entre la superficie del suelo y las carcasas de los equipos eléctricos.</p>	

CONTENIDO	NOTAS
<p>Son una parte muy importante de la instalación y de ella depende la seguridad de la misma y de los operadores. El valor de las tomas de tierra en una red es de 10 a 15 ohmios y en las de alta tensión no debe pasar de 20 ohmios.</p> <p>La red de tierra comprende un circuito de conductores de cobre desnudo o hierro galvanizado unidos entre sí y conectados a uno o varios electrodos o tomas de tierra donde tendrá que conectarse toda la maquinaria instalada a fin de proteger al personal, así mismo un electrodo de tierra deberá estar al pie de los apartarrayos, descargadores y neutros de alta tensión a fin de que las corrientes pasen a tierra lo más directamente posible.</p> <p><b>ELECTRODO O TOMA DE TIERRA</b></p> <p>Estos deben estar contruidos de placas, tubos, barras u otros perfiles de metal resistentes a la acción del terreno. En caso de terrenos muy corrosivos se emplearán electrodos de cobre o hierro galvanizado, las dimensiones de estos electrodos deben ser máximo de 1.6 cm de diámetro y 2 m de longitud.</p> <p><b>REVISION DE TIERRAS</b></p> <p>Considerando el punto de vista de seguridad, una instalación, debe ser verificada en el momento de su instalación y comprobada anualmente en momentos en que el terreno esté seco.</p>	

CONTENIDO	NOTAS
<p><b>TABLEROS DE MEDICION Y CONTROL</b></p> <p><b>DEFINICION</b></p> <p>Se denominan cuadros de distribución los destinados a la colocación de aparatos de medición y control, los cuales monitorean y controlan la operación de una planta.</p> <p><b>CLASE DE APARATOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Amperímetros</li><li>- Voltímetros</li><li>- Frecuencímetros</li><li>- Kilowattorímetro</li><li>- Fasímetro</li><li>- Medidor de Factor de Potencia</li></ul> <p>Los aparatos anteriores son los principales con los que deben estar familiarizados los operadores, ya que la observación de los mismos nos da idea de como está operando la planta.</p> <p><b>MANTENIMIENTO</b></p> <p>Este implica limpieza frecuente y recalibración anual</p> <p><b>BANCO DE BATERIAS Y CARGADOR</b></p> <p><b>DEFINICION</b></p> <p>La corriente auxiliar con la que operan todos los</p>	

CONTENIDO	NOTAS
<p>dispositivos de conexión de los interruptores, por la acción de los diversos relés, proviene de un banco de baterías como un medio más seguro de disponer de energía para realizar esta misión; así mismo, la conexión de los interruptores y el alumbrado de emergencia depende de la misma fuente de energía, por lo tanto es de suma importancia contar con un banco de baterías bien mantenido incluyendo su cargador el cual sea capaz de suministrar una carga completa para 24 horas de operación</p> <p><b>CAPACIDAD</b></p> <p>El rango de los bancos de baterías es de 125 a 220 volts normalmente. En todos los casos se requiere un cargador de baterías de la capacidad apropiada.</p> <p><b>MANTENIMIENTO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Llevar registro semanal de la intensidad de corriente de cada batería</li> <li>- Verificar semanalmente la densidad del electrolito y su nivel. Agregar si falta</li> <li>- Limpiar y engrasar las conexiones entre terminales de cada batería</li> <li>- Limpieza general del banco de baterías</li> <li>- Registro semanal de corriente y voltaje</li> </ul>	

CONTENIDO	NOTAS
<ul style="list-style-type: none"><li>- Limpieza del cargador de baterías</li><li>- Verificar operación correcta del cargador</li></ul>	
<b>CENTRO DE CONTROL DE MOTORES</b>	
<b>DEFINICION</b>	
<p>Un centro de control de motores (CCM) es un gabinete eléctrico donde se agrupa una sección completa o parte del equipo que opera una planta o proceso. Está diseñado para un voltaje y capacidad determinada de corriente, la cual es recibida en un bus general al cual se conectan los arrancadores que controlarán el arranque y paro de los equipos motrices que operan la planta.</p>	
<b>MANTENIMIENTO</b>	
<p>El mantenimiento de un CCM debe ser anual e implica:</p>	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Limpieza (aspirado de polvo acumulado)</li><li>- Reapretado de conexiones</li><li>- Revisión y cambio en su caso de contactos fijos y móviles de los arrancadores</li><li>- Cambio de aceite en interruptores de este tipo</li><li>- Revisión de bobinas y relevadores</li></ul>	

CONTENIDO	NOTAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisión de fusibles y cambio si se requiere</li> <li>- Pruebas de transformadores de control</li> <li>- Cambio de luces indicadoras</li> </ul> <p><b>SISTEMA DE DISTRIBUCION</b></p> <p><b>DEFINICION</b></p> <p>Se denomina así al centro de distribución eléctrica que alimenta a los centros de control de motores, equipos eléctricos individuales y circuitos de alumbrado, el cual a su vez es alimentado por los transformadores de potencia.</p> <p>Cada panel de distribución según el caso, es operado por un interruptor que cuenta o puede tener todos los instrumentos para medición y protección del equipo que alimenta.</p> <p><b>MANTENIMIENTO</b></p> <p>Este mantenimiento es similar al descrito en el punto anterior, agregando que los aparatos de medición y protección deberán ser recalibrados</p> <p><b>EQUIPO MOTRIZ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Motores eléctricos</li> <li>- Bombas</li> <li>- Reductores de velocidad</li> </ul>	

CONTENIDO	NOTAS
<ul style="list-style-type: none"><li>- Compresores</li><li>- Tuberías y válvulas</li></ul> <p><b>MOTORES ELECTRICOS</b></p> <p><b>TIPOS</b></p> <p>Existe una gran diversidad de motores eléctricos los cuales se clasifican en motores de corriente directa y de corriente alterna.</p> <p><b>OPERACION</b></p> <p>Los motores de corriente alterna operan a una velocidad fija de acuerdo al número de polos que tengan y pueden ser de inducción o sincrónicos.</p> <p>Los motores de corriente directa pueden variar su velocidad y se utilizan para procesos especiales.</p> <p><b>MANTENIMIENTO</b></p> <p>El mantenimiento recomendado debe realizarse una vez al año, y deberá incluir revisión de los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Aislamiento del estator</li><li>- Aislamiento del rotor o armadura</li><li>- Desgaste de la flecha</li></ul>	

## PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

CONTENIDO	NOTAS
<ul style="list-style-type: none"><li>- Condición de los rodamientos</li><li>- Inspección de las tapas y rectificado de caja de baleros</li><li>- Limpieza general</li><li>- Revisión del acoplamiento</li><li>- Lubricación</li></ul>	
<b>BOMBAS</b>	
<b>TIPO DE BOMBAS</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Centrífugas horizontales</li><li>- Centrífugas verticales</li><li>- Sumergibles</li><li>- Verticales tipo turbina</li><li>- Reciprocantes</li><li>- De engranes</li></ul>	
<b>MANTENIMIENTO</b>	
<p>El mantenimiento debe ser anual y comprende lo siguiente:</p>	

## PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

CONTENIDO	NOTAS
<ul style="list-style-type: none"><li>- Limpieza general</li><li>- Cambio de impulsor si tiene desgaste</li><li>- Cambio de sello mecánico o estopero</li><li>- Cambio de mangas</li><li>- Revisión de chumaceras o baleros y cambiar si se requiere</li><li>- Revisión de acoplamiento</li><li>- Lubricación</li></ul>	
<b>REDUCTORES DE VELOCIDAD</b>	
<b>DEFINICION</b>	
<p>Este tipo de equipo se utiliza para obtener velocidades de giro muy bajas o muy altas que no pueden ser logradas con acoplamiento directo de motores.</p>	
<b>TIPOS</b>	
<p>Se clasifican de acuerdo a la posición del eje en: verticales, horizontales y en ángulo; de acuerdo al número de salidas en simples y dobles.</p>	

CONTENIDO	NOTAS
<p><b>MANTENIMIENTO</b></p> <p>También se recomienda con periodicidad anual y comprende:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Limpieza general</li><li>- Cambio de retenes</li><li>- Revisión de desgaste en rodamientos, engranes y piñones y cambio si se requiere</li><li>- Revisión por desgaste de flecha motriz y loca, reposición y reparación según se requiera</li><li>- Cambio de aceite</li><li>- Inspección de acoplamiento</li></ul> <p><b>COMPRESORES</b></p> <p><b>DEFINICION</b></p> <p>Es una máquina que se usa para elevar la presión de fluidos gaseosos principalmente aire comprimido para diversos usos.</p> <p><b>TIPOS</b></p> <p>Existen varios tipos de compresores a saber:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Centrífugos</li></ul>	

## PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

CONTENIDO	NOTAS
<ul style="list-style-type: none"><li>- De tornillo</li><li>- Reciprocantes</li></ul> <p><b>MANTENIMIENTO</b></p> <p>Se recomienda un mantenimiento anual que consiste en lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Limpieza general</li><li>- Revisión de válvulas de admisión y descarga y cambiar si se requiere</li><li>- Limpieza de chaqueta de enfriamiento del cilindro para eliminar incrustaciones</li><li>- Inspección de cojinetes, cambiarlos si es necesario</li><li>- Inspección de baleros, cambiarlos si es necesario</li><li>- Cambio de aceite del cárter</li><li>- Cambio de juntas</li><li>- Desincrustación de interenfriador si cuenta con él</li><li>- Verificar y recalibrar válvulas de seguridad</li></ul>	

CONTENIDO	NOTAS
<p><b>TUBERIAS Y VALVULAS</b></p> <p><b>TUBERIAS</b></p> <p>Existe una gran variedad de tuberías metálicas las cuales se clasifican de acuerdo a su cédula que representa el espesor de la misma. Así por ejemplo, podemos decir que una tubería de cédula Num 10 corresponde a un espesor delgado y una de cédula 160 corresponde a una pared gruesa que puede soportar muy altas presiones.</p> <p><b>MANTENIMIENTO</b></p> <p>No existe una periodicidad fija para realizar el mantenimiento de este tipo de instalaciones, por lo tanto para poder definirlo se deberá conocer el tipo de fluido que se está manejando, ya que puede producir desecho o incrustaciones o corrosión en el interior de la misma.</p> <p>En base al tipo de fluido se selecciona el plan adecuado de mantenimiento ya que siempre será mejor proteger la tubería que cambiarla.</p> <p>Las acciones más comunes en el mantenimiento de las tuberías consiste en la limpieza interior con medios químicos y/o mecánicos; limpieza exterior y aplicación de recubrimiento anticorrosivo y en algunos casos aplicación de protección catódica.</p>	

<b>CONTENIDO</b>	<b>NOTAS</b>
<p><b>VALVULAS</b></p> <p>Estos dispositivos se utilizan para el control de flujo de fluidos en las tuberías y tanques de almacenamiento. Se fabrican para diversas presiones de acuerdo a su aplicación y pueden ser de operación manual o motorizadas.</p> <p><b>TIPOS DE VALVULAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- De Compuerta</li><li>- De Globo</li><li>- De Aguja</li><li>- De Cuchilla</li><li>- De Mariposa</li><li>- Esféricas</li></ul> <p><b>MANTENIMIENTO</b></p> <p>El mantenimiento se realiza con periodicidad anual y comprende:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Limpieza general</li><li>- Inspección de piezas interiores y cambio si se requiere</li><li>- Lubricación general</li></ul>	

<b>CONTENIDO</b>	<b>NOTAS</b>
------------------	--------------

## **7. HIGIENE Y SEGURIDAD**

En EUA, la frecuencia de lesiones (incapacitación por lesiones por millón de horas-hombre trabajados), en trabajadores de plantas de tratamiento de aguas residuales es sustancialmente mayor que para trabajadores de otras industrias. En México ocurre algo similar, aunque no se tienen estadísticas relacionadas con plantas de tratamiento.

El riesgo a enfermedades, principalmente la hepatitis, siempre se ha relacionado con plantas de tratamiento de aguas residuales. Las lesiones y enfermedades llevan a padecimientos y pérdidas de los recursos humanos. Además se tiene un impacto negativo en la eficiencia de la planta, la moral de los empleados, las relaciones públicas, y finalmente una incidencia en los costos.

La dirección efectiva de las plantas de tratamiento reflejan la excelencia en operación, incluyendo aspectos de higiene y seguridad. La higiene y seguridad se deben iniciar y mantener para prevenir enfermedades y accidentes en la planta. Los directivos necesitan mostrar interés en el establecimiento de programas de control de accidentes, incluyendo prevención de emergencias y de enfermedades ocupacionales.

<b>CONTENIDO</b>	<b>NOTAS</b>
<p><b>PROGRAMAS</b></p> <p>La mayor parte de los programas de higiene y seguridad para plantas de tratamiento de aguas residuales contienen tres elementos:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Políticas por escrito de higiene y seguridad.</li><li>- Comités de higiene y seguridad</li><li>- Capacitación en higiene y seguridad</li></ul> <p>Un buen programa proporcionará primeros auxilios y servicios médicos, además de un manual con información sobre prevención de accidentes y lesiones.</p> <p>La principal función del Comité de Higiene y Seguridad es la promoción del programa; algunas otras actividades del son:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Realizar inspecciones.</li><li>- Proporcionar y sugerir capacitación.</li><li>- Conducir investigaciones de accidentes y lesiones.</li><li>- Desarrollo del manual de higiene y seguridad.</li></ul> <p>La capacitación es importante y sirve de medida preventiva contra accidentes y enfermedades; un programa de capacitación incluirá:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Peligros en las plantas de aguas residuales.</li><li>- Higiene y salud industrial para el personal.</li><li>- Equipos de protección, incluyendo protección respiratoria.</li><li>- Manejo y almacenamiento de materiales.</li></ul>	

<b>CONTENIDO</b>	<b>NOTAS</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Uso seguro de herramientas y equipos.</li><li>- Protección y control de incendios.</li><li>- Primeros auxilios, incluyendo respiración artificial.</li><li>- Mantenimiento industrial.</li><li>- Reporte de accidentes y enfermedades.</li><li>- Investigación de accidentes y enfermedades.</li><li>- Seguridad en instalaciones eléctricas.</li><li>- Procedimientos de entrada a espacios confinados y rescate.</li><li>- Planeación de emergencias.</li></ul> <p><b>MEDIDAS DE HIGIENE</b></p> <p>Los trabajadores relacionados con el manejo de aguas residuales y lodos generados en los procesos de tratamiento, están expuestos al contacto con microorganismos, por lo que su riesgo de contraer enfermedades infecciosas es alto; las siguientes enfermedades son comunes para quienes trabajan en plantas de tratamiento:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Hepatitis A infecciosa.</li><li>- Infecciones virales.</li><li>- Infestación de parásitos.</li><li>- Enfermedades gastrointestinales.</li><li>- Anormalidades en fosas nasales, oídos y piel por infecciones.</li></ul> <p>La mejor defensa contra infecciones virales y bacterianas es la observación de prácticas de higiene personal. A continuación se dan algunas recomendaciones para personas que trabajan cerca de</p>	

CONTENIDO	NOTAS
<p>aguas residuales o lodos.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Mantener manos y dedos lejos de la nariz, boca, ojos y oídos.</li><li>- Usar guantes de hule cuando se limpian bombas o equipos, se maneje agua residual, rejillas, lodos o arena, u otras tareas que involucren contacto directo con las aguas residuales o lodos.</li><li>- Usar guantes siempre que se tenga una lesión en las manos, como quemadura, cortada, raspón, etc, para evitar el contacto directo de microorganismos con el torrente sanguíneo.</li><li>- Lavarse las manos con jabón, preferentemente con agua caliente, antes de comer o fumar y después de terminar los trabajos.</li><li>- Mantener las uñas cortas y remover los materiales extraños que se introduzcan en las mismas.</li><li>- Se recomienda el uso de dos gavetas por trabajador; una para guardar ropa de calle y limpia y para la ropa de trabajo.</li><li>- Informar cualquier lesión por pequeña que sea incluyendo raspones. para que se apliquen primeros auxilios,</li><li>- Bañarse al finalizar su turno de trabajo.</li></ul>	

CONTENIDO	NOTAS
<p>Para asegurar la máxima protección a la salud, los empleados deben recibir vacunación contra:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hepatitis A.</li> <li>- Hepatitis B.</li> <li>- Influenza.</li> <li>- Sarampión.</li> <li>- Paperas.</li> <li>- Neumonía.</li> <li>- Rubeola.</li> <li>- Tétanos y difteria.</li> </ul> <p><b>SUSTANCIAS PELIGROSAS</b></p> <p>Se requiere desarrollar un programa de identificación, manejo y control de sustancias peligrosas, como son los productos químicos. Se debe conocer su peligro potencial y su manejo adecuado para tomar las precauciones necesarias.</p> <p>Las prácticas recomendadas para los trabajadores que manejan este tipo de sustancias, a fin de salvaguardar su integridad física, son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso de equipos de protección.</li> <li>- Procedimientos adecuados en el mantenimiento y almacenamiento de sustancias peligrosas.</li> <li>- Uso de aspiradoras y equipos de limpieza para el área de almacenamiento y lugares de trabajo.</li> </ul>	

<b>CONTENIDO</b>	<b>NOTAS</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Areas prohibidas para fumar en lugares donde se manejen sustancias inflamables y explosivas.</li><li>- Separación de áreas de baños y comedores, de áreas de almacenamiento.</li><li>- Uso de etiquetas en los recipientes que incluyan información de su manejo, y primeros auxilios.</li><li>- Colocación de señales de precaución y alerta para los trabajadores.</li><li>- Carteles con instrucciones de emergencia en lugares críticos.</li><li>- Acciones para emergencias, como incendios, derrames y fugas, acompañadas de instrucciones para primeros auxilios.</li><li>- Capacitación para uso y manejo de sustancias peligrosas.</li></ul>	
<p><b>ESPACIOS CONFINADOS</b></p> <p>Un espacio confinado es un área accesible, con cualquiera de las siguientes desventajas características: accesos limitado para entrar y salir; ventilación natural desfavorable; espacio escaso para trabajadores. La mayor parte de las muertes, lesiones y enfermedades se presentan en espacios confinados y por exposiciones a gases tóxicos o deficiencias de oxígeno en la atmósfera.</p>	

CONTENIDO	NOTAS
<p>Los peligros que puede tener un trabajador en espacios confinados son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Deficiencia de oxígeno en la atmósfera.</li> <li>- Atmósfera inflamable.</li> <li>- Atmósfera tóxica.</li> <li>- Temperaturas extremas.</li> <li>- Derrumbe de materiales.</li> <li>- Ruidos amplificados</li> <li>- Resbalones por pisos húmedos.</li> <li>- Caída de objetos.</li> </ul> <p>Las precauciones que se deben observar en estos espacios incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pruebas y monitoreo de los gases en la atmósfera del espacio confinado.</li> <li>- Ventilación continua general, o local con ventiladores manuales.</li> <li>- Equipos de protección personal, principalmente para respiración.</li> <li>- Señales y etiquetas de precaución y de peligro.</li> <li>- Capacitación del personal que trabaja en espacios confinados.</li> <li>- Revisión médica periódica.</li> <li>- Autorizaciones para entrar a espacios confinados.</li> </ul>	

<b>CONTENIDO</b>	<b>NOTAS</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Aislamiento de espacios confinados.</li><li>- Personal capacitado en diferentes partes de la planta.</li><li>- Procedimientos por escrito para trabajar, y poder realizar actividades de rescate.</li><li>- Equipos de respiración disponibles.</li></ul>	
<b>MEDIDAS DE PROTECCION</b>	
<p>Deben ser consideradas desde el diseño de las instalaciones; en forma resumida las más importantes son:</p>	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Cercado de la planta de tratamiento o de unidades donde el público no debe tener acceso.</li><li>- Facilidades de estacionamiento y andadores que lleven a las oficinas de la planta.</li><li>- Areas de almacenamiento fuera del alcance de personal extraño.</li><li>- Iluminación adecuada al trabajo que se desarrolle.</li><li>- Ventilación para prevenir ambientes explosivos.</li><li>- Protección contra incendios tanto de oficinas como de almacenes, sala de sopladores, sala de cloración, etc.</li></ul>	

<b>CONTENIDO</b>	<b>NOTAS</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Agua potable suficiente para las actividades normales de la planta, incluyendo abastecimiento a laboratorios, baños, regaderas, etc.</li><li>- Cercas de protección y señales de alerta en instalaciones eléctricas.</li><li>- Implantación de medidas de seguridad en el laboratorio.</li></ul> <p>Se hará mención de algunas actividades que se consideran peligrosas, para las cuales deben seguirse procedimientos establecidos para que puedan llevarse a cabo:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Trabajos bajo la superficie, en alcantarillados, registros, estaciones de bombeo, desarenadores, túneles, trincheras, tanques, etc.</li><li>- Levantar objetos que por su forma, tamaño, peso, etc, pueden causar lesiones en la espalda, o accidentes.</li><li>- Uso de escaleras; las caídas en ellas son una de las principales causas de lesiones.</li><li>- Trabajos en áreas de producción y manejo de instalaciones de gas.</li></ul>	



FACULTAD DE INGENIERIA  
DIVISION DE INGENIERIA

M.  
C.A.

## CURSOS ABIERTOS

### OPERACION Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE LODOS ACTIVADOS

## GLOSARIO

1996.

CONTENIDO	NOTAS
<p><b>8. GLOSARIO</b></p> <p><b>ACLIMATACION.</b> Ajuste a un cambio en el ambiente, como respuesta dinámica de los organismos.</p> <p><b>AERACION.</b> Contacto íntimo del agua con el aire, conseguido por diferentes medios: rociando el líquido en el aire, burbujeo de aire en el agua, o agitación del líquido en contacto con el aire.</p> <p><b>AERACION MECANICA.</b> Introducción de oxígeno atmosférico en el líquido por acción mecánica de paletas, turbinas, rocío u otro sistema.</p> <p><b>AGUA CRUDA.</b> Agua residual que no ha recibido ningún tratamiento.</p> <p><b>AGUAS RESIDUALES.</b> Agua usada y desechada por la comunidad o por la industria, y que posee materia disuelta y en suspensión.</p> <p><b>AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.</b> Aguas de desecho originadas principalmente en casas habitación, oficinas e instituciones; normalmente no contienen agua subterránea, agua superficial ni agua de lluvia.</p> <p><b>AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES.</b> Aguas de desecho de fuentes o de procesos industriales.</p> <p><b>AMBIENTE.</b> Generalmente se refiere a las condiciones</p>	

CONTENIDO	NOTAS
<p>dinámicas de vida que prevalecen en cierta área en estudio.</p> <p><b>BACTERIAS.</b> Grupo de organismos unicelulares faltos de clorofila que realizan una gran variedad de procesos de tratamientos biológicos incluyendo oxidación biológica, digestión de lodos, nitrificación y desnitrificación.</p> <p><b>BACTERIA AEROBIA.</b> Bacteria que requiere oxígeno elemental libre para poder vivir.</p> <p><b>BACTERIA ANAEROBIA.</b> Bacteria que crece solamente en ausencia de oxígeno elemental libre.</p> <p><b>BACTERIA FACULTATIVA.</b> Bacteria que puede adaptarse por sí misma a crecer, y metabolizar en presencia o ausencia de oxígeno libre.</p> <p><b>BACTERIA PATOGENA.</b> Bacterias que causan enfermedades en el organismo huésped por su crecimiento como parásito.</p> <p><b>CARGA ORGANICA.</b> Contenido de DBO, expresado generalmente como kilos de DBO por unidad de tiempo, de las aguas que pasan por un sistema de tratamiento o un cuerpo de agua.</p> <p><b>CLARIFICADOR.</b> Cualquier tanque sedimentador circular o rectangular para remover sólidos sedimentables en agua o aguas residuales.</p>	

CONTENIDO	NOTAS
<p><b>COCOS.</b> Bacterias en forma de esfera.</p>	
<p><b>CONCENTRACION.</b> Cantidad de una sustancia disuelta en una unidad de volumen de solución, o aplicada a una unidad de peso de sólidos, normalmente expresada en miligramos por litro.</p>	
<p><b>CONO IMHOFF.</b> Recipiente graduado en forma de cono para medir el volumen de sólidos sedimentables mediante sedimentación en cierto tiempo.</p>	
<p><b>CORTOCIRCUITO.</b> Condición hidráulica que ocurre en ciertas partes del tanque por donde el tiempo de paso es menor al tiempo medio de retención hidráulica.</p>	
<p><b>DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO).</b> Cuantificación de la cantidad de oxígeno utilizado en la oxidación bioquímica de materia orgánica en determinado tiempo, temperatura y condiciones específicas. Se determina como la disponibilidad de materia como alimento biológico y la cantidad de oxígeno usado por los microorganismos durante la oxidación.</p>	
<p><b>DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO).</b> Cuantificación del oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica carbonácea en las aguas residuales, usando sales inorgánicas de dicromato o permanganato como oxidante en una prueba de aproximadamente dos horas.</p>	
<p><b>DESECHOS TOXICOS.</b> Desechos que pueden causar</p>	

CONTENIDO	NOTAS
<p>una respuesta adversa cuando entran en contacto con entidades biológicas.</p>	
<p><b>DESNATADOR.</b> Mecanismo para remover grasa flotante y natas en la superficie de un tanque.</p>	
<p><b>DIFUSOR.</b> Mecanismo de diversos diseños para transferir oxígeno del aire al líquido.</p>	
<p><b>EFICIENCIA.</b> Resultados de cualquier operación en relación a la energía y esfuerzo realizado para alcanzar tales resultados. Es la relación con la cantidad total (normalmente de contaminantes) que sale del sistema y la cantidad total que entra, expresada en porcentaje.</p>	
<p><b>EFLUENTE.</b> Líquido que fluye fuera de un proceso o espacio confinado.</p>	
<p><b>EFLUENTE TERCIARIO.</b> Porción líquida de aguas residuales que sale del tratamiento terciario.</p>	
<p><b>EPIDEMIA.</b> Enfermedad que ocurre simultáneamente en un alto porcentaje de la población. Normalmente a nivel local.</p>	
<p><b>EXCESO DE LODOS.</b> Lodos removidos del sistema de lodos activados para evitar el crecimiento excesivo de la masa biológica.</p>	
<p><b>FLUJO PISTON.</b> Flujo en el cual las partículas del fluido son descargadas de un tanque o tubería en el mismo orden en que entran.</p>	

CONTENIDO	NOTAS
<p><b>GASTO MEDIO.</b> Promedio aritmético del volumen del líquido que pasa en determinado tiempo en un punto dado.</p>	
<p><b>INDICE VOLUMETRICO DE LODOS.</b> Relación del volumen de lodos sedimentados (en ml), de una muestra de 1000 ml del licor mezclado durante 30 min y la concentración del licor mezclado (mg/l) multiplicados por 1000.</p>	
<p><b>JET.</b> Chorro de agua y/o aire a presión que emana de un orificio o tubo.</p>	
<p><b>LICOR MEZCLADO.</b> Mezcla de aguas residuales crudas o sedimentadas con lodos activados contenidas en el tanque de aeración, parte medular del proceso.</p>	
<p><b>LODO FILAMENTOSO.</b> Lodo activado caracterizado por el excesivo crecimiento de bacterias filamentosas con características de sedimentación deficiente.</p>	
<p><b>MANTO DE LODOS.</b> Acumulación de lodos hidrodinámicamente suspendidos dentro de un cuerpo de agua o aguas residuales (normalmente se presenta en los sedimentadores).</p>	
<p><b>METABOLISMO.</b> Proceso bioquímico de organismos vivos en el cual se utiliza alimento y se generan desechos.</p>	
<p><b>MICROORGANISMOS.</b> Pequeños organismos, plantas o animales, normalmente microscópicos</p>	

CONTENIDO	NOTAS
<p>invisibles, como algas, bacterias, hongos, protozoarios y virus.</p> <p><b>MONITOREO.</b> Observación rutinaria, muestreo y análisis de parámetros determinados para estimar índices de comportamiento y eficiencias de tratamiento.</p> <p><b>NITROGENO ORGANICO.</b> Nitrógeno químicamente ligado en moléculas orgánicas, tales como las proteínas, aminas, y aminoácidos.</p> <p><b>NUTRIENTES.</b> Cualquier sustancia que sea asimilada por los organismos y promueva su crecimiento, generalmente aplicado a fósforo y nitrógeno, aunque también existen otros elementos esenciales y elementos traza.</p> <p><b>ORGANISMO AUTOTROFO.</b> Célula que utiliza materia inorgánica para su crecimiento y energía.</p> <p><b>ORGANISMOS FILAMENTOSOS.</b> Bacterias, hongos y algas que crecen en colonias en forma de hilos que dan como resultado una masa biológica que no sedimenta bien.</p> <p><b>ORTOFOSFATOS.</b> Sales que contienen fósforo como <math>(PO_4)^{-3}</math>, nutriente requerido para el crecimiento de plantas y animales.</p> <p><b>OXIGENO DISUELTO (OD).</b> Es el oxígeno disuelto en el agua, agua residual u otro líquido; usualmente se expresa en mg/l.</p>	

CONTENIDO	NOTAS
<p><b>PROCESO BIOLÓGICO.</b> Proceso mediante el cual las actividades metabólicas de las bacterias y otros microorganismos desdoblan la materia orgánica compleja en sustancias más simples y estables.</p>	
<p><b>PROCESO DE LODOS ACTIVADOS.</b> Proceso de tratamiento biológico de las aguas residuales en el cual la mezcla de agua residual con lodos activados es agitado y aerado. El lodo activado es separado del agua tratada mediante sedimentación, y desechado o recirculado al sistema.</p>	
<p><b>PROTOZOARIOS.</b> Pequeños animales unicelulares que incluyen amibas, ciliados y flagelados.</p>	
<p><b>RECIRCULACION DE LODOS.</b> Lodos activados sedimentados que son regresados al tanque de aeración y mezclados con el agua cruda o sedimentada influente.</p>	
<p><b>RELACION ALIMENTO-MICROORGANISMOS (F/M).</b> Relación utilizada en el proceso de lodos activados, expresada como kg DBO<sub>5</sub> por kg de sólidos suspendidos volátiles del licor mezclado por día (kg DBO<sub>5</sub>/kg x SSVLM día).</p>	
<p><b>SEDIMENTADOR SECUNDARIO.</b> Tanque de sedimentación que sigue al proceso biológico diseñado para remover por gravedad, la mayor parte de la materia en suspensión. También es conocido como clarificador.</p>	
<p><b>SEPTICIDAD.</b> Condición producida por el crecimiento</p>	

CONTENIDO	NOTAS
de organismos anaerobios.	
<b>SOBRENADANTE.</b> Estrato superior del líquido en tanques de aguas residuales (sedimentadores, espesadores, etc.)	
<b>SOLIDOS DISUELTOS.</b> Sólidos en solución que no pueden ser removidos por filtración.	
<b>SOLIDOS SEDIMENTABLES.</b> Materia en las aguas residuales que no puede permanecer en suspensión durante cierto periodo de sedimentación.	
<b>SOLIDOS SUSPENDIDOS.</b> Sólidos insolubles que flotan en la superficie, o que están en suspensión en el agua, aguas residuales u otros líquidos. Residuos no filtrables (métodos estándar).	
<b>SOLIDOS SUSPENDIDOS EN EL LICOR MEZCLADO (SSLM).</b> Concentración de sólidos suspendidos en el licor mezclado del proceso de lodos activados, expresados en miligramos por litro (mg/l).	
<b>SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES EN EL LICOR MEZCLADO (SSVLM).</b> Fracción de los sólidos suspendidos en el licor mezclado del proceso de lodos activados que pueden ser carbonizados a 550 °C. Son indicadores de la concentración de microorganismos para realizar la oxidación biológica.	
<b>SOLIDOS TOTALES.</b> La suma de sólidos disueltos y suspendidos presentes en el agua o aguas residuales.	

CONTENIDO	NOTAS
<p><b>TANQUE DE CONTACTO.</b> Tanque utilizado en el tratamiento de agua o aguas residuales para promover el contacto entre lodos biológicos o productos químicos con el líquido.</p>	
<p><b>TIEMPO DE RETENCION.</b> Tiempo en que el flujo de agua o de aguas residuales es retenido en un tanque para almacenamiento, o paso para llevar a cabo reacciones biológicas, físicas o químicas; también se conoce como tiempo de contacto o tiempo de detención.</p>	
<p><b>TIEMPO DE RETENCION DE SOLIDOS.</b> También conocido como tiempo de retención celular.</p>	
<p><b>TIEMPO MEDIO DE RETENCION CELULAR.</b> Es el tiempo promedio que una unidad de masa celular permanece en el sistema de lodos activados. Se calcula como los sólidos suspendidos totales del mezclado en el sistema (tanque de aeración más sedimentador secundario) dividido entre la purga del sistema.</p>	
<p><b>TRANSFERENCIA DE OXIGENO.</b> Intercambio de oxígeno entre las fases líquida y gaseosa. Cantidad de oxígeno absorbido por el líquido comparado con la cantidad introducida en el líquido a través de un mecanismo de oxigenación, usualmente expresada en porcentaje.</p>	
<p><b>TRATAMIENTO CONVENCIONAL.</b> Procesos de tratamiento de agua o aguas residuales conocidos y establecidos, excluyendo los tratamientos terciarios o avanzados. Generalmente consisten en tratamiento</p>	

CONTENIDO	NOTAS
<p>primario y secundario.</p> <p><b>TRATAMIENTO SECUNDARIO.</b> Concepto comúnmente aplicado a tratamientos que consisten en clarificación seguida de un tratamiento biológico.</p> <p><b>TRATAMIENTO Terciario.</b> Tratamiento de aguas residuales que sigue a la etapa de tratamiento biológico o secundario. Este término generalmente implica la remoción de nutrientes, como fósforo y nitrógeno y un alto porcentaje de sólidos suspendidos. El término está siendo remplazado por el de tratamiento avanzado.</p> <p><b>TOXICIDAD.</b> Efecto adverso que tiene una sustancia en cierta concentración sobre un organismo vivo.</p> <p><b>VIRUS.</b> La forma de vida más pequeña (10-300 <math>\mu\text{m}</math> de diámetro) capaz de producir infecciones y enfermedades al hombre y a los animales.</p> <p><b>VOLATIL.</b> Capacidad de una sustancia para ser evaporada a bajas temperaturas.</p>	

## 9. BIBLIOGRAFIA

### 9.1 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Hammer, M. J. **WATER AND WASTEWATER TECHNOLOGY**, John Wiley and Sons, Inc., New York, 1977.
- Horan, N. J., **BIOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT SYSTEMS**. John Wiley and Sons, Ltd. West Sussex, England, 1990.
- Junkins, R., Deeny K., Eckhoff, T., **THE ACTIVATED SLUDGE PROCESS**, Ann Arbor Science Publishers, West Chester, Pennsylvania, 1983.
- LeFranc, R., **LAS TECNICAS AUDIOVISUALES**, El Ateneo, S.A., Buenos Aires , 1978.
- Moeller, Ch. G. y Ferat, T. C., **MICROBIOLOGIA SANITARIA (Manual de Prácticas)**, Facultad de Ingeniería, División de Estudios de Posgrado, U N A M, 1993.
- Water Pollution Control Federation Environment Canada, **WASTEWATER TREATMENT SKILL TRAINING PACKAGE ACTIVATED SLUDGE**, Richelieu Graphics Hull, Quebec, Canada , 1980.
- Water Pollution Control Federation, **PLANT MAINTENANCE PROGRAM** Lancaster Press, Lancaster, Pennsylvania, 1982
- Water Pollution Control Federation **CLARIFIER DESIGN**, Lancaster Press, Lancaster, Pennsylvania , 1985

- Water Pollution Control Federation **ACTIVATED SLUDGE**, Alexandria, Virginia, 1988.
- Water Pollution Control Federation and the American Society of Civil Engineers, **AERATION**, New York, 1988.
- Water Pollution Control Federation **OPERATION OF MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT PLANTS**, Imperial Printing Co., St. Joseph, Michigan, 1990.
- Water Pollution Control Federation **WASTEWATER BIOLOGY: THE MICROLIFE**, Imperial Printing Co., St. Joseph, Michigan, 1991.
- Pardiñas, F., **METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION EN CIENCIAS SOCIALES**, Siglo XXI, Editores, S.A., México, D.F., 1981.

## 9.2 BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

- Environmental Protection Agency, **WASTEWATER TREATMENT FACILITIES FOR SEWERED SMALL COMMUNITIES**, Washington, D.C., 1977.
- Environmental Protection Agency, **FINE PORE AERATION SYSTEMS**, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 1989.
- Greenberg, A.D., Clercerland, L. S. and Eaton A.D., **STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER**, APHA, AWWA AND WEF, Publication Office American Public Health Association, 1015 Fifteenth

Street, NW, Washington, D.C. 20005, 1992.

- Mandt, M. and Bell, B., **OXIDATION DITCHES IN WASTEWATER TREATMENT**, Ann Arbor Science Publishers Collingwood, Michigan, 1982.
- Manzano R., Albarran, R., Costero, A., **INDICADORES BIOLÓGICOS EN LA OPERACION DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE LODOS ACTIVADOS**, Instituto de Ingenieria, UNAM México, D.F., 1985.
- Middlebrooks, E. J., **INDUSTRIAL POLLUTION CONTROL**, John Wiley and Sons, Inc. , New York ,1979.
- Richard, M. G., **ACTIVATED SLUDGE MICROBIOLOGY**, Aspen Printing Rockville, Maryland, 1991.
- Water Environment Federation and the American Society of Civil Engineers, **DESIGN OF MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT PLANTS**, Book Press, Inc. Battleboro, Vermont 1992.
- Water Pollution Control Federation, **SAFETY AND HEALTH IN WASTEWATER SYSTEMS**, Lancaster Press, Lancaster Pennsylvania, 1983.
- Water Pollution Control Federation, **OPERATION OF EXTENDED AERATION PACKAGE PLANTS**, Automated Graphics Systems, Inc., Washington, D.C. 1985.
- Water Pollution Control Federation, **SIMPLIFIED LABORATORY PROCEDURES FOR WASTEWATER EXAMINATION**, Lancaster Press, Inc., Lancaster, Pennsylvania, 1985.

Water Pollution Control Federation, **OPERATING ACTIVATED SLUDGE  
USING OXYGEN UPTAKE**, U.S.A., 1989.

Wilson, F., **DESIGN CALCULATIONS IN WASTEWATER  
TREATMENT**, Chaucer Press, Ltd., England, 1981.