

125  
108

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE INGENIERIA

"procesos físicos y biológicos para prevenir la  
contaminación de aguas"

T E S I S

Que para obtener el título de  
INGENIERO CIVIL  
p r e s e n t a

VICENTE MALAGON LARA

1 9 8 2



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN



Vicerrectoría Regional  
Toluca

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
60-1-277 T.E.

Señor VICENTE MALAGON LARA,  
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que aprobado por esta Dirección, propuso el Profr. Ing. Ernesto Murguía Vaca, para que lo desarrolle como tesis - para su Examen Profesional de la carrera de Ingeniero CIVIL.

"PROCESOS FISICOS Y BIOLÓGICOS PARA PREVENIR LA  
CONTAMINACION DE AGUAS"

1. Introducción.
2. Procesos físicos.
3. Procesos biológicos.
4. Comentarios.
5. Conclusiones y recomendaciones.

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Coordinación de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria, 8 de Junio de 1982  
EL DIRECTOR

ING. JAVIER JIMENEZ ESPRIU

JJE/FAH/ser

I N D I C E

I , - INTRODUCCION

II , - PROCESOS FISICOS

III , - PROCESOS BIOLOGICOS

IV , - COMENTARIOS

V , - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## I.- INTRODUCCION

El agua es el elemento insustituible para todas las formas de vida.

El hombre confiado en la aparente abundancia de este recurso lo ha contaminado gravemente y como consecuencia está destruyendo la vida acuática.

El 75% de la tierra está formada por cuerpos de agua, de ésta el 95% es salada y el 5% es dulce.

Fero la disponibilidad de agua dulce se reduce debido a las grandes proporciones congeladas en los casquetes polares y en las partes altas de las montañas o almacenamiento en los depósitos subterráneos.

La contaminación del agua al punto de ser insustituible en países como el nuestro, se debe en gran medida por el porcentaje de la población, al hábito de desechos industriales y por la necesidad de mejorar la protección apropiada.

El problema de agua dulce en el mundo es un problema de las Naciones Unidas, que se debe resolver a través de la cooperación y el intercambio de información.

tecimiento de agua potable a las comunidades rurales y urbanas.

El origen principal de la contaminación del agua proviene de las industrias, a través de las descargas de los desechos líquidos y sólidos en suspensión o sedimentos; también de los servicios municipales, por medio de la descarga de los sistemas de alcantarillado; de las actividades agropecuarias, del lavado y drenado de las tierras, uso de plaguicidas y fertilizantes, desperdicios de las cosechas, etc.; de los centros de recreación (albercas), del fecalismo a ras del suelo, basuras y desperdicios varios.

Para prevenir y controlar la contaminación del agua, se han tomado en cuenta los siguientes aspectos:

- a) Los planes regionales por cuencas y subcuencas.
- b) El Censo Industrial, dando prioridad a establecimientos con elevado consumo de agua.
- c) La valoración de los recursos acuíferos en volúmenes, calidad, composición, variaciones y grado de contaminación actual.
- d) Estudios socioeconómicos que permitan establecer las posibilidades de desarrollo de cada región y consecuentemente, las necesidades de abastecimiento y conservación del agua para todos los usos.
- e) La investigación del origen y características de la contaminación del agua, a fin de elaborar y aplicar las normas técnicas para su control.



te en lograr que la materia orgánica, y entre ésta muchos microorganismos, sirvan de alimento a las bacterias que son las que intervienen en la transformación.

Los procesos biológicos de tratamiento se podrán dividir entonces en aerobios, anaerobios y combinados.

En el proceso aerobio, trabajarán únicamente las bacterias del mismo tipo e igualmente las bacterias anaerobias para el proceso correspondiente.

En el proceso combinado podrán evolucionar los dos tipos de microorganismos siempre y cuando, en el mismo ambiente se encuentren las dos condiciones vitales, como sucede en depósitos profundos de aguas negras.

Haciendo una descripción de las bacterias que intervienen en los procesos de tratamiento feteros que:

Las bacterias aerobias se encuentran en la superficie, se alimentan de materia orgánica que también se encuentra en presencia de oxígeno libre,

Las bacterias anaerobias se encuentran en los depósitos que se forman en la parte inferior de los depósitos de aguas negras, donde el oxígeno no puede penetrar y se encuentran en condiciones de

Dentro de los procesos biológicos tenemos: El proceso de Lodos Activados, Las lagunas de estabilización.

## II.- PROCESOS FISICOS.

### REJAS Y REJILLAS.

Son marcos formados por barras, de espesor, anchos y espaciamento según especificaciones siguientes:

Tamaño de las barras.	Especificación
Espesor	1/4 - 5/8"
Ancho	1 - 3"
Espaciamento	1 - 2"
Angulo c/la horizontal	60 - 45º
Vel. de aproximación m/seg	0,30 - 0,60
Pérdida de carga permisible	15 cm.

Para proteger las bombas, dispositivos de distribución, conductos y válvulas, contra objetos sueltos, como pedruzcos de madera y remaches muertos se utilizarán rejillas con espaciamientos comprendidos entre 3,5 y 10 cm.

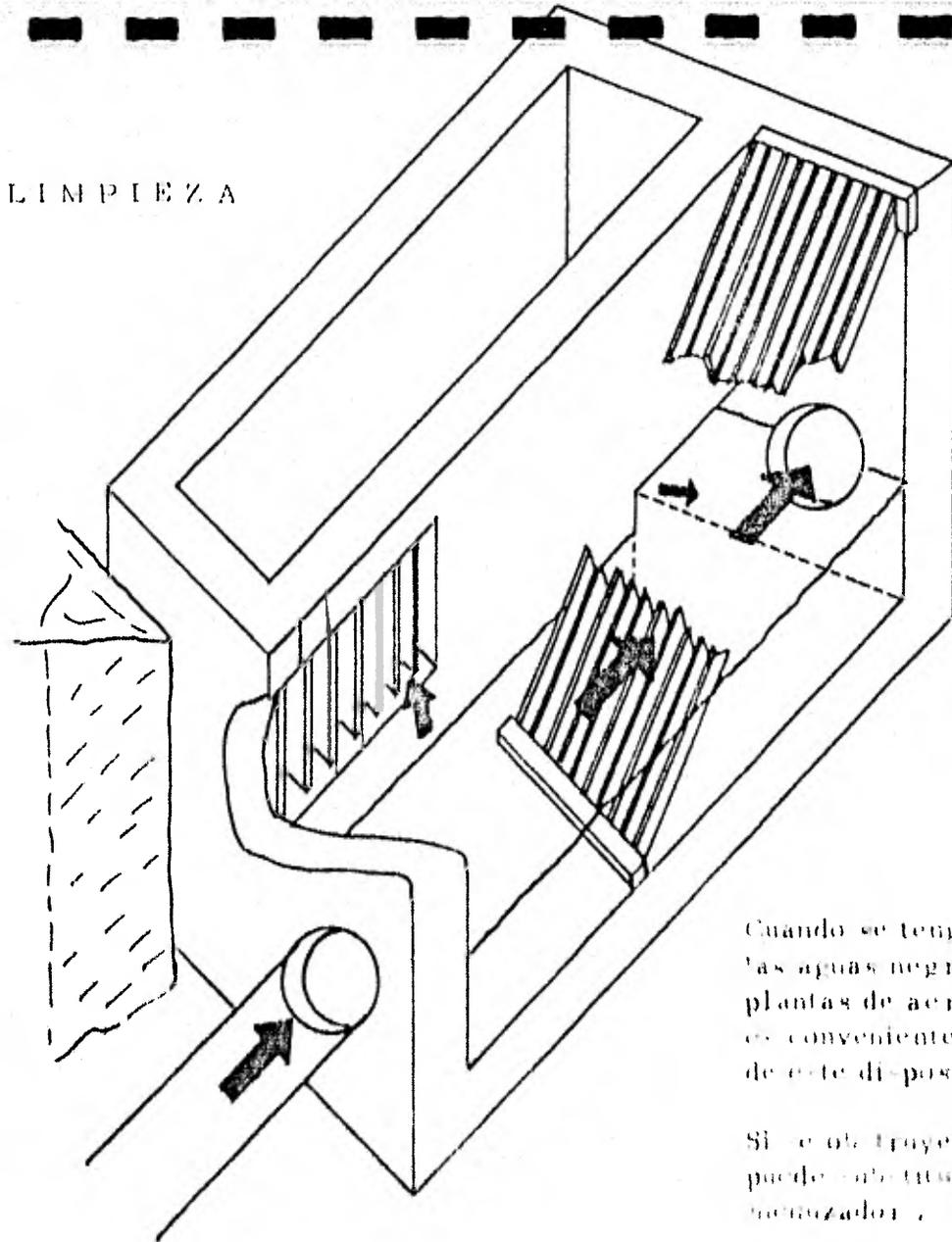
Pueden ver figuras (permanentes) en planos de instalación.

CEDAZOS.

Son rejas finas de aberturas pequeñas y formadas por alambre de fierro cobre o bronce o también pueden ser chapas perforadas, detienen como máximo una tercera parte de la materia orgánica.

Pueden ser fijas o móviles.

REJILLA DE LIMPIEZA  
MANUAL.



Cuando se tengan que bombear las aguas negras o precediendo plantas de aereación extendida, es conveniente la instalación de este dispositivo.

Si se abre a traya frecuentemente puede substituirse por un desbromizador.

## TANQUE SEPTICO.

El tanque séptico proporciona el procedimiento más simple de tratamiento primario de las aguas negras.

El tanque séptico se usa en poblaciones carentes de drenaje o sistemas colectores.

Las funciones del tanque séptico son:

- 1.- Remoción de sólidos sedimentables.
- 2.- Tratamiento biológico anaerobio.
- 3.- Almacenamiento de lodo y grasas.

Estas construcciones se diseñan generalmente para un tiempo de retención de 24 horas para tanques sépticos municipales (uso poco frecuente), y de 3 días para tanques sépticos domiciliarios de pequeño tamaño.

Los tanques sépticos pueden ser rectangulares, cilíndricos, verticales o cilíndricos horizontales.

Los materiales usados para estas construcciones son:

Mampostería de piedra o tabique, concreto precolado o colados en sitio y asbesto cemento.

Los volúmenes recomendados para tanques que manejar entre 2 a 5.6 m<sup>3</sup>/día.

$$V = 1.5 Q \quad (1)$$

V = volumen en m<sup>3</sup> y Q = gasto en m<sup>3</sup>/día.

Para gastos en aguas negras de 5.6 m<sup>3</sup>/día a 60 u 80 m<sup>3</sup>/día.

$$V = 4.25 + 0.75 Q \quad (2).$$

Los tanques de capacidad reducida (fórmula 1) son generalmente de una sola cámara.

Los de mayor capacidad (fórmula 2) se recomienda diseñarlos con dos compartimientos. El primer compartimiento sirve como un sedimentador primario y tendrá de 2 a 3 veces el volumen del segundo compartimiento.

Las velocidades de las aguas que floran al tanque deben ser bajas con el objeto de evitar un turbulencia dentro del volumen receptor receptor.

El agua saliente del tanque séptico necesita un tratamiento posterior de oxidación, puesto que no contiene oxígeno suficiente por haber sido aprovechado por las bacterias.

Esta recomendación es para tanques sépticos de capacidad reducida.

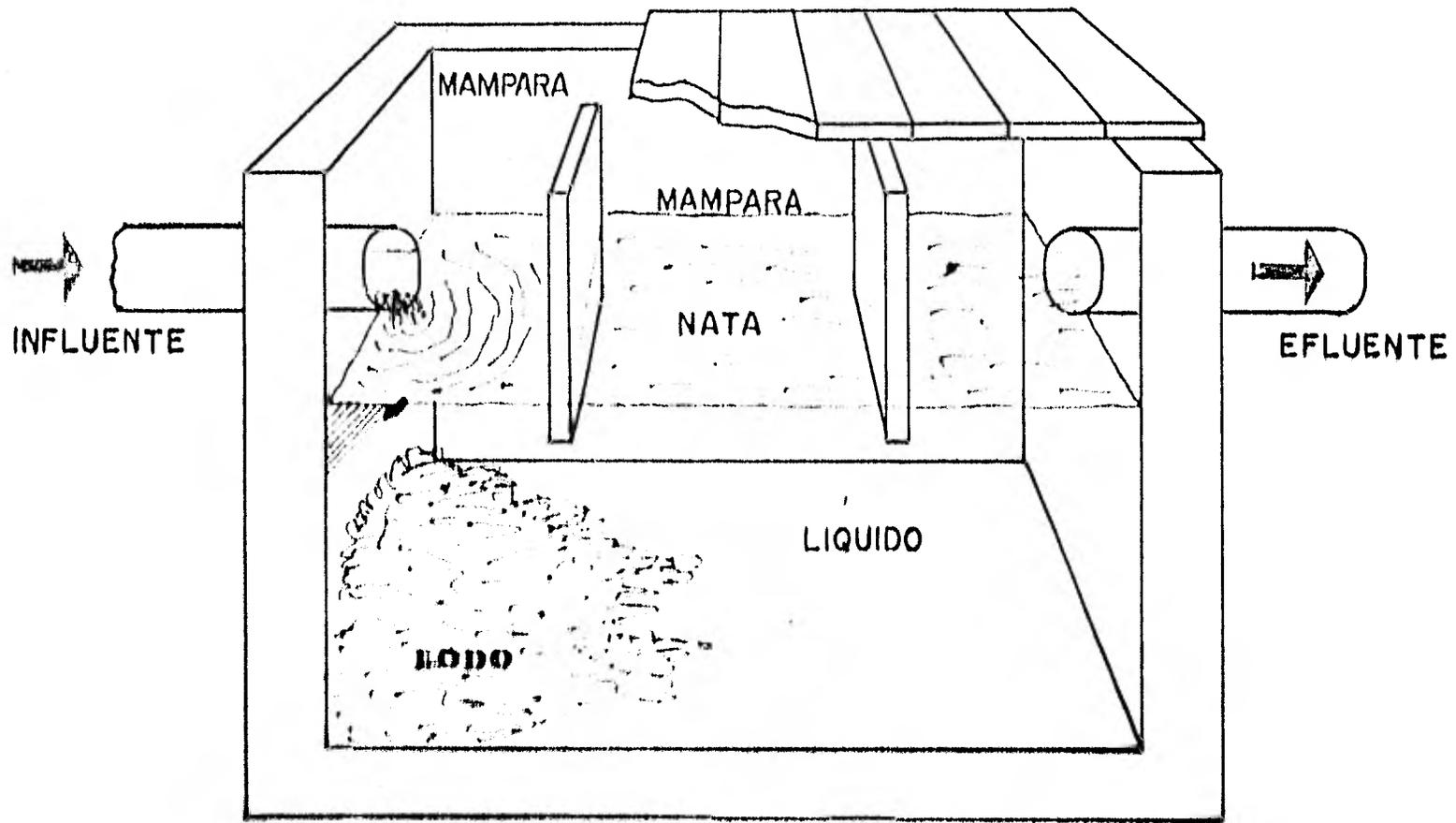
- a) Por riego subterráneo de tubería perforada.
- b) Por filtración superficial de terrenos adecuados o bien depositando las aguas tratadas en zanjas previamente rellenas con arena de -- grava.
- c) Por cámaras de oxidación consistente en tanques semejantes a las -- mismas fosas pero descubiertos, conteniendo piedra quebrada a mane- ra de filtro.

Dimensiones normativas de tanques rectangulares.

VOLUMEN	ANCHO	LARGO	PROFUNDIDAD
(m <sup>3</sup> )	(m)	(m)	(m)
3.90	1.20	2.70	1.20
4.75	1.20	3.30	1.20
5.70	1.50	3.15	1.20
6.50	1.50	3.60	1.20
7.50	1.50	4.20	1.20
8.40	1.80	3.90	1.20
9.40	1.80	4.35	1.20
10.35	1.80	4.80	1.20
11.00	1.80	5.10	1.20
12.15	1.80	4.50	1.50
12.95	1.80	4.80	1.50
13.75	1.80	5.10	1.50
15.10	2.10	4.50	1.50
16.40	2.10	4.80	1.50
22.15	2.40	6.15	1.50

VOLUMEN	ANCHO	LARGO	PROFUNDIDAD
(m3)	(m)	(m)	(m)
25.90	2.40	7.20	1.50
29.80	2.40	6.90	1.80

# DETALLE DE UN TANQUE SEPTICO



TANQUES IMHOFF.

Son verdaderos sedimentadores descubiertos ó modificación que corrige dos defectos principales del tanque séptico que son:

- a) Impedir que los sólidos que se han separado de las aguas contaminadas se mezclen nuevamente con ellas, permitiendo la retención de éstos sólidos para su descomposición en la misma unidad.
- b) Proporcionar un efluente adaptable a un tratamiento ulterior.

La utilización del tanque Imhoff será aconsejable a instalaciones que manejen gastos mayores de 60 a 80 m<sup>3</sup>/día.

En un tanque Imhoff se distinguen 3 compartimientos ó zonas principales que son:

- 1.- Zona de sedimentación.
- 2.- Cámara de digestión.
- 3.- Cámara de espesa.

1.- Zona de sedimentación (Cámara de deslucio continuo). En la sección

superior.- Se calcula en forma similar a un tanque de sedimentación, sus dimensiones están determinadas por la velocidad de escurrecimiento el período de retención y la cantidad de agua por tratar.

Carga superficial:  $\frac{24 \text{ m}^3}{\text{m}^2 \times \text{día}}$

Tiempo de retención de 2 a 3 hrs.

Relación largo/ancho mínima: 3/1

Carga sobre el vertedor; menor de 7 lps/m.

El fondo de la cámara de sedimentación ó región de la tolva las pendientes van de acuerdo a la siguiente relación:

$\frac{5 \text{ vertical}}{4 \text{ horizontal}}$ .

Con el fin de que el material que sedimente descerda a la cámara de digestión de lodos.

La relación de la longitud a la anchura puede variar entre 5:1 y 3:1; con la profundidad de la abertura igual aproximadamente a la anchura.

La longitud del compartimento no debe ser menor de unos 30 m.

La anchura de la cámara está determinada por consideraciones de economía y conveniencia, no debe ser tan grande que permita la formación de corrientes transversales, conduciendo a lodos por encima la cámara, se han construido cámaras para la tolva de profundidades de 1.5 a 4.5 m. en cuanto a altura se prefieren las de 7 a 10.50 m.

Los dispositivos de entrada y de salida deben establecerse de tal modo que puedan invertir la dirección del escurrimiento en el tanque, a fin de que el lodo acumulado se pueda distribuir más uniformemente en la tolva de la cámara de digestión.

Las aguas deben salir de la cámara de sedimentación sobre un vertedor largo, para producir un mínimo de fluctuaciones en el nivel de las aguas negras del tanque.

El bordo libre debe ser entre 45 a 60 cm.

Kanura o Muesca.- La Abertura mínima medida en la inclinación de la tolva es de 15 cm.

El traslape debe proyectarse 15 a 20 cm, horizontalmente medidos desde el punto inferior de la tolva de menor longitud, para evitar el retorno de los gases al compartimento de sedimentación.

En lugar de traslape puede usarse una traba triangular que deflece los gases.

2.- Cámara de digestión.- Debe dimensionarse de modo que pueda almacenar el lodo de C a M meses, correspondiente al período de retención a las temperaturas operativas.

Se recomienda que el fondo de la cámara de digestión sea plano y que la

capacidad más común la de 85 a 99 lts.

La capacidad efectiva de la cámara se considera que es el volumen total de la misma aproximadamente 15 cm. por debajo del borde más inferior de la ranura con el fondo del compartimento de lodo debidamente inclinado.

La cámara de digestión suele consistir en una, dos o tres conos o pirámides invertidos, llamados tolvas, con paredes inclinadas a razón de 2 horizontal por 1 vertical ó preferentemente más inclinadas sin necesidad de una profundidad demasiado grande en el tanque.

Se coloca un tubo de hierro fundido de 15 a 20 cm. de diámetro, en posición aproximadamente vertical con el extremo inferior a unos 30 cm. del punto más bajo de la cámara de digestión, se usa para quitar el lodo. La pendiente hidráulica para asegurar el escurrimiento del lodo en un tanque Imhoff no debe ser menor de 11 al 15%.

Si es necesario puede usarse un elevador de aire para elevar el lodo -- una vez que se ha extraído del tanque.

El diseño racional de la cámara de digestión debe basarse en el volumen de lodos sedimentables, en un porcentaje de sólidos secos, que permitiera el cálculo de su capacidad efectiva, considerando la gran eficiencia de las partes móviles (Imhoff, 1914).

En el caso de los pozos de sedimentación en pendiente se utiliza batería volánta,

Con estos datos la gravedad específica de los lodos secos se calcula -  
por:

$$Ss = \frac{250}{100 + 1.5 pv}$$

Siendo pv el porcentaje de materia volátil.

Por lo tanto la gravedad específica de los lodos húmedos resulta:

$$S = \frac{100 Ss}{Pss + (100-p)}$$

Siendo p el porcentaje de humedad (97.5 a 95%).

Conocido S el volumen de los húmedos será:

$$V = \frac{Ws 100 + p (Ss-1)}{(100 - p) Ss}$$

En donde Ws es el peso de los sólidos secos.

Durante la digestión la parte volátil se reduce aproximadamente a un -  
tercio, y de los dos tercios restantes una cuarta parte se convierte -  
en fija.

Los lodos digeridos tendrán un nuevo porcentaje de humedad (90 - 85%).

Con estos nuevos valores se calcula el volumen de lodos digeridos húme-  
dos. Con los nuevos valores como  $V_1$  y el tiempo de  $t_1$  digestión, la capa  
capaz del tanque será:

$$V_{digestión} = V_1 \left( \frac{t_1}{t_2} \right)^{1.41} \left( \frac{t_2}{t_1} \right)^{0.41}$$

$V_1$  = volumen de lodos digeridos.

Vd = volúmen de lodos digeridos

t = tiempo de digestión.

Los valores de t dependen de la temperatura en el digestor:

Temperatura °C	10°	15°	21°	26°	32°
Tiempo de diges- tión:					
Días	75	56	42	30	25

3.- CAMRA DE ESPUMAS.- Su volúmen debe ser aproximadamente la mitad -- de la cámara de digestión.

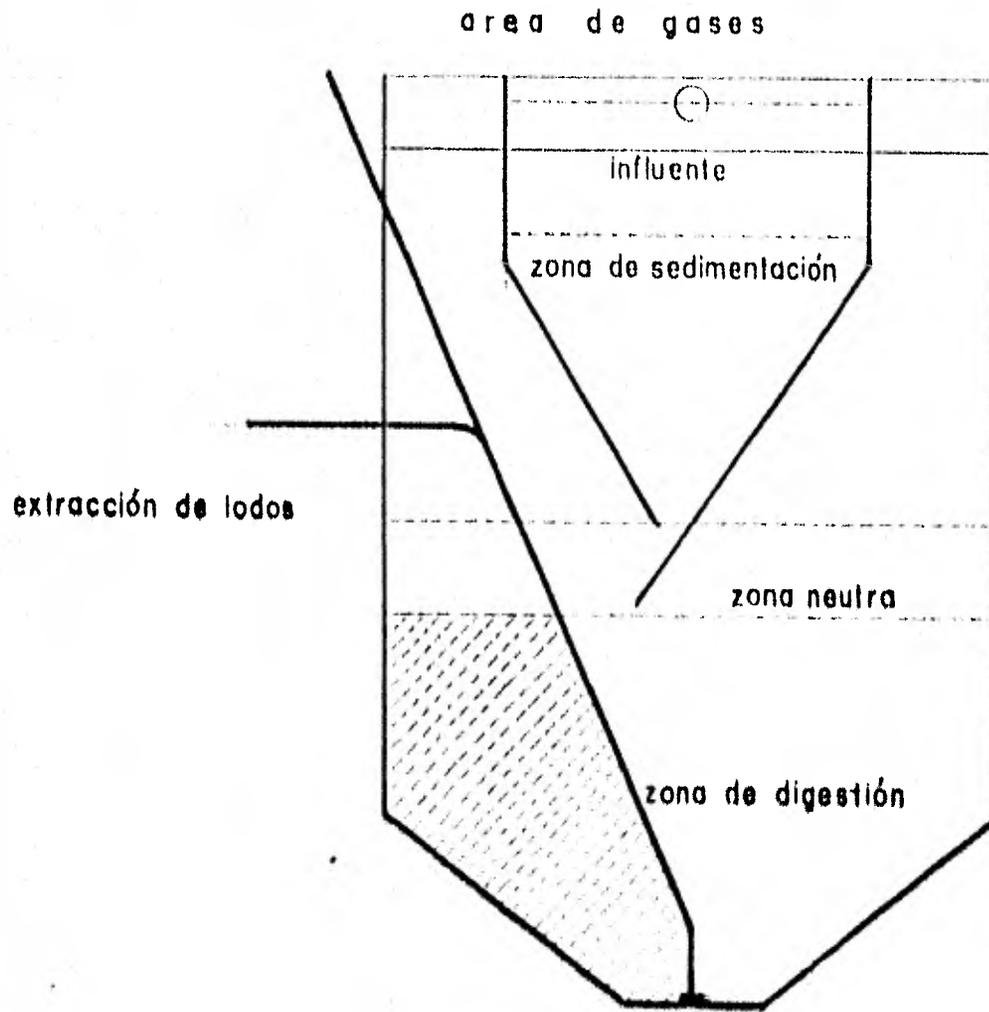
El área superficial del área expuesta a la atmósfera debe ser 25 a 30% de la proyección horizontal de la parte superior de la cámara de diges-  
tión.

El ancho mínimo de ésta (s) cámara (s) será de 45 cm. siendo recomenda-  
ble 60 cm.

El borde libre debe ser de 45 a 60 cm.

Entre la zona de recalentamiento y la de digestión se dejará un espacio  
que se denominará zona de salida con un espesor no menor de 4" cm.

# TANQUE IMHOFF CORTE TRANSVERSAL



### III.- PROCESOS BIOLÓGICOS.

#### LODOS ACTIVADOS.

Es un proceso biológico de contacto, en el que los organismos vivos - aerobios y los sólidos orgánicos de las aguas negras, se mezclan íntimamente en un medio ambiente favorable para la descomposición aeróbica de los sólidos.

El proceso de lodos activados se emplea generalmente después de la sedimentación simple.

Los lodos activados están formados por floculos parduscos que consisten, principalmente, en materia orgánica procedente de las aguas negras, poblados por miríadas de bacterias y otras formas de vida biológica.

Los lodos activados con sus organismos vivos absorben la materia orgánica coloidal y en solución suspendida en las aguas negras - con lo que disminuye considerablemente el olor y el patógeno.

Los lodos activados pueden ser utilizados como abono durante su período

de contacto con las aguas negras a tratar, mediante algún método de - -  
agitación.

Etapas para el proceso de lodos activados.

- I. Mezclao de los lodos activados con las aguas negras que se van a tratar.
- II. Aeración y agitación de este licor mezclado durante el tiempo que que sea necesario.
- III. Separación de los lodos activados, del licor mezclado.
- IV. Recirculación de la cantidad adecuada de los lodos activados, para mezclarlos con las aguas negras.
- V. Disposición del exceso de lodos activados.

Se han desarrollado diversas variaciones para llevar a cabo los pasos -  
anteriores, con el propósito de lograr diferentes condiciones.

Al proceso original se le conoce como "Método convencional de lodos -  
activados" y se le han asignado nombres específicos a las variaciones.

Definición de dos términos de uso corriente:

Índice volúmetrico de los lodos: Es el volúmen en ml. que ocupa un gra-  
mo de lodos activados en el licor mezclado, una vez que se ha dejado sos-  
dimentar durante 30 minutos.

Índice de lodos: Es el tiempo, en segundos, que requiere una partícula de lodos para asentarse en el proceso de trata-  
miento de aguas negras de lodos activados.

$$\text{Edad de los lodos} = \frac{V \times A}{Q \times C}$$

V = Volúmen de tanque de aeración en m<sup>3</sup> (o en mg).

A = Concentración de los sólidos en el tanque de aeración en p.p.m.

Q = Gastos de aguas negras en m<sup>3</sup>/día (o en mgd.).

C = Concentración de sólidos suspendidos en las aguas negras que entran al tanque de aeración en p.p.m. (excluyendo los lodos recirculados).

Para la mayoría de aguas negras domésticas es satisfactoria una edad de tres a cuatro días.

1. Mezclado de los lodos activados con las aguas negras en tratamiento.

Es importante que los lodos activados recirculados se mezclen bien con las aguas negras. Este mezclado se lleva a cabo agregando los lodos recirculados a las aguas negras reinventadas en el extremo de alimentación del tanque de aeración, donde la agitación crea un mezclado rápido y satisfactorio.

11. Aeración y agitación del lodo mezclado. Con la aeración de los lodos se logran tres objetivos:

a) El mezclado de los lodos activados recirculados con las aguas negras.

b) La oxidación de los lodos y la agitación de la mezcla.

- c) El suministro de oxígeno que se requiere para la oxidación biológica.

Métodos o sistemas de aereación:

- a) Sistema de difusión de aire.- Se suministra aire a baja presión de 0.5 a 0.7 kilos (18 a 10 Libras), mediante sopladores y se pasa a través de diferentes tipos de material poroso en placas o en tubos, que reparten el aire en forma de pequeñas burbujas.
- b) Aeradores Mecánicos.- Son de dos tipos: de paletas y de tubo de tiro vertical. Los de paleta son un romlle con paletas o cepillos sumergidos parcialmente en las aguas negras que giran sobre un eje horizontal. El aire se absorbe por contacto superficial y por las gotas que se lanzan al aire por medio del mecanismo de paletas. Con los de tubo de tiro vertical, las aguas negras se hacen circular de hacia arriba o hacia abajo a través de un tubo vertical central por medio de un impulsor giratorio. La cantidad de aire que se requiere depende de los siguientes factores:

- 1.- La carga de la B.O.
- 2.- La cantidad de los lodos activados,
- 3.- La concentración de  $O_2$  en el agua.
- 4.- La eficiencia de absorción de  $O_2$  por las burbujas de aire.

El sistema de aereación por difusión de aire se utiliza para aguas negras

negras con un mínimo de 2 ppm. de OD, bajo cualquier condición de carga de la DBO, en todas las partes de los tanques de aeración, excepto en las inmediaciones de las alimentaciones.

Tiempo de Aeración.- Para lograr un tratamiento completo de las aguas negras y para que el proceso convencional de lodos activados resulte más económico, es adecuado un tiempo de aeración de 6 a 8 horas con -- aire difundido y de 9 a 12 horas con aeración mecánica.

III.- Separación de los lodos activados, del licor mezclado.- Antes de disponer de las aguas negras tratadas en un tanque de aeración, -- descargándolas en aguas receptoras, hay que separar los lodos ac- -- tivos. Esta separación se hace en tanques de sedimentación se- -- condaria o final.

IV.- Recirculación de la cantidad adecuada de los lodos activados pa- -- ra mezclarlos con las aguas negras. La cantidad de lodos de- -- vueltos al tanque de aeración ha de ser suficiente para producir la purificación deseada en el tiempo disponible para la aeración y no obstante proporcionar un exceso para lograr un aproximado de 10% de exceso de lodos.

La cantidad de lodo retornado, para un nivel de 10 hasta 50 por ciento del volumen de las aguas negras, es suficiente.

V. Tratamiento y disposición de los lodos secundarios.

El exceso final de lodos activados se trata y dispone junto con -- los lodos de los tanques de sedimentación primaria. Es común bom-- bear el exceso de lodos al extremo del influente del tanque de se-- dinentación primaria, donde se depositan junto con los sólidos de las aguas negras crudas.

#### PROCESO CONVENCIONAL DE LODOS ACTIVADOS.

(vease figura "A").

Para aguas negras domésticas, el volumen de lodos recirculados es de 20 a 30% del volumen de aguas negras que se van a tratar.

Los tanques de aeración se diseñan para aire difundido con un tiempo de 6 a 8 horas y si la aeración es mecánica con un tiempo de 9 a -- 12 horas.

Con gastos menores de aguas negras se emplearán tiempos mayores.

El aire se aplica a razón de 7,5 a 11,0 m<sup>3</sup> por cada m<sup>3</sup> de agua negra, o sea a razón de 45 a 70 mg por el litro de DBO que haya abatirse.

Los lodos activados se recirculan manteniendo un contenido de sólidos de 1000 a 2500 ppm en el licor mezclado.

El índice de los lodos y su edad, están respectivamente dentro de los límites de 100 a 200 y de 3 a 4 días.

## MODIFICACIONES AL PROCESO CONVENCIONAL DE LODOS ACTIVADOS.

### a) AERACION ESCALONADA.

(Vease figura "B").

Las aguas negras entran al tanque de aeración por diversos lugares, - pero todos los lodos recirculados se introducen en el primer punto de entrada con o sin una porción de aguas negras.

Si se mantiene la edad de los lodos dentro de los límites de tres a - cuatro días se logra un tratamiento equivalente al proceso convencio-  
nal de lodos activados en casi la mitad de tiempo de aeración.

Por lo tanto se puede usar un tanque de aeración con capacidad a la -  
mitad de la que necesita un proceso convencional, teniendo ahorro en  
costo de construcción y la superficie requerida.

El costo de operación es casi igual para el proceso convencional y -  
para el de aeración escalonada.

### b) AERACION GRAVITARIA.

Este proceso implica que se omite el uso de aire durante el -  
principio del período de aeración.

c) AERACION MODIFICADA.

También se le conoce como tratamiento intensivo con lodos activados. (Vease figura "C").

Es aplicable cuando las aguas receptoras requieren que se efectúe un mayor grado de tratamiento que el que se logra mediante el tratamiento primario, pero no mayores abatimientos de la DBO y de los sólidos suspendidos que el obtenido por el método convencional de lodos activados.

El 10% de los lodos recirculados se mezclan con las aguas negras ya sean crudas o sedimentadas y se olean durante un período de una a dos horas.

Los sólidos suspendidos del licor mezclado disminuyen así a menos de 1,000 ppm., lo cual hace que sean menores los requerimientos de aire.

Con este proceso no conviene un ahorro en los costos de construcción y de operación, así como menos requerimientos que en la planta convencional.

d) AERACION ACTIVADA.

Es un tratamiento que se realiza en dos etapas, con un menor período de operación.

(Vease figura "D").

El cultivo que se produce en la sección de lodos activados y que generalmente se desperdicia como exceso de lodos, se pasa a una sección de aeración activada que recibe también una porción del gasto de aguas ne gras sedimentadas.

En la sección de aeración activada, se aerea la porción de aguas negras sedimentadas que se enviaron ahí, con una baja concentración de sólidos de unas 200 a 400 ppm. Se destinan tanques de sedimentación final para ambas secciones, yendo a dar los efluentes a las aguas receptoras.

Se pueden lograr abatimientos de la DBO de 80 a 85%, así como ahorros en el costo de aire, en comparación con el proceso convencional.

e) ESTABILIZACIÓN POR CONTACTO.

En este método, los lodos biológicamente activos se ponen en contacto íntimo con las aguas negras durante 15 a 30 minutos solamente tiempo durante el cual los lodos activados absorben un gran porcentaje de la materia contaminante suspendida, coloidal y disuelta, de las aguas ne gras.

Entonces la mezcla pasa a un tanque de sedimentación de donde se sepa ran los lodos de pasar a un tanque receptor en el que se estabili zan y se receptan por separado.

f) LIGEROS DE Lodos Activados.

En este proceso se aeran vigorosamente un flujo continuo de aguas con sus sólidos macerados, en un tanque diseñado para retener el flujo de un día. Después pasan las aguas negras aeradas a un tanque de sedimentación convencional para un doble objetivo: el efluente clarificado se derrama en las aguas receptoras y los lodos sedimentados se recirculan rápidamente al compartimiento de aeración.

PROCESO CONVENCIONAL DE LODOS ACTIVADOS

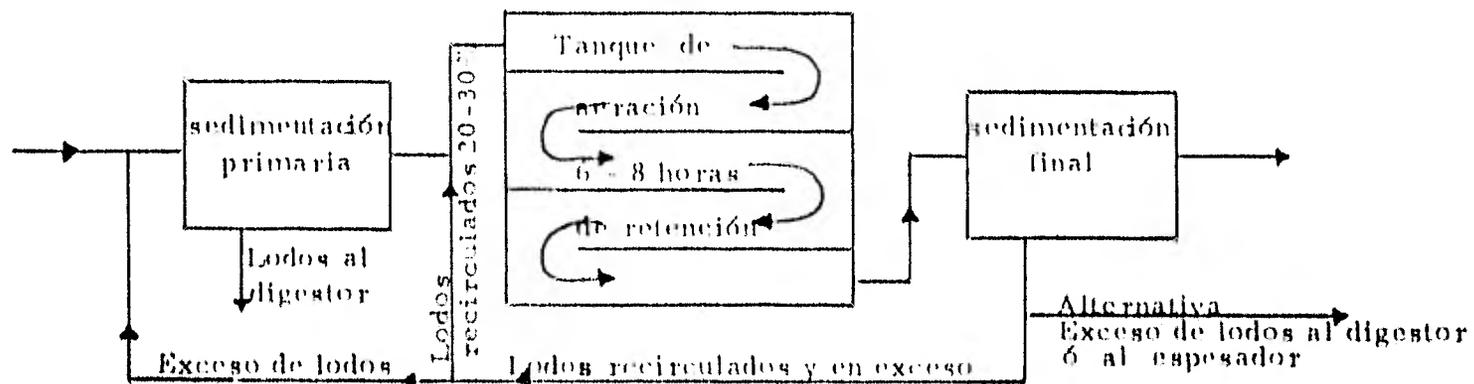


FIGURA " A "

AERACION ESCALONADA

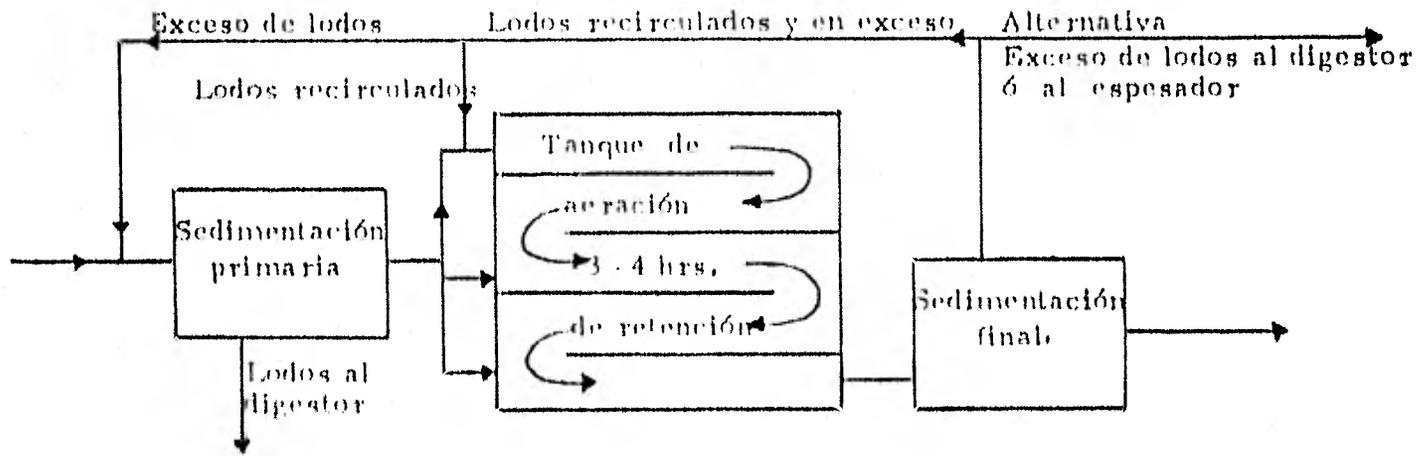


FIGURA "B"

AERACION MODIFICADA

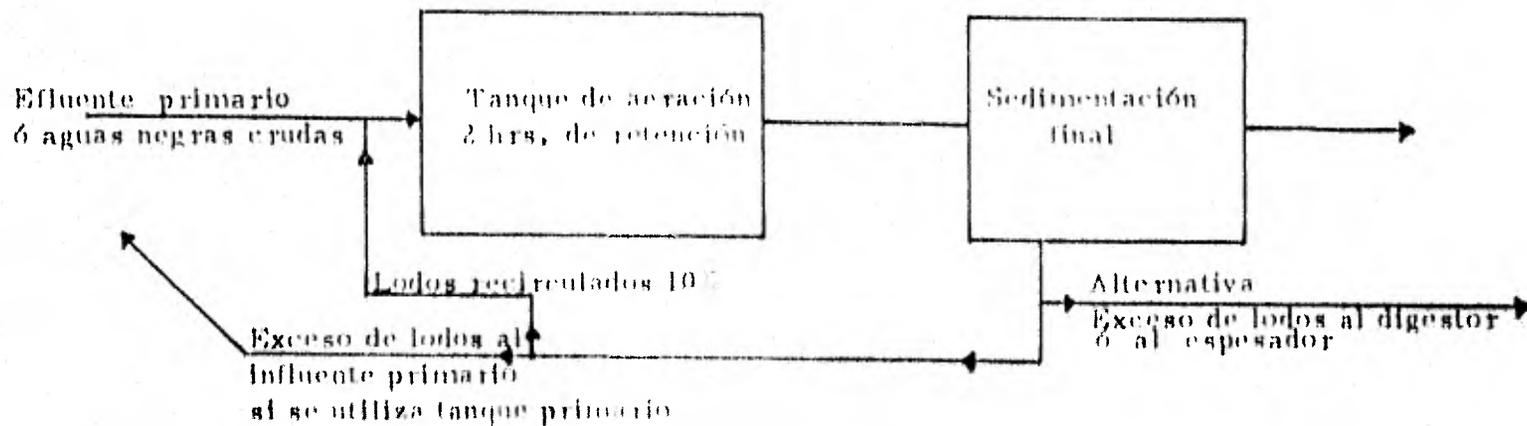


FIGURA "C"

AERACION ACTIVADA

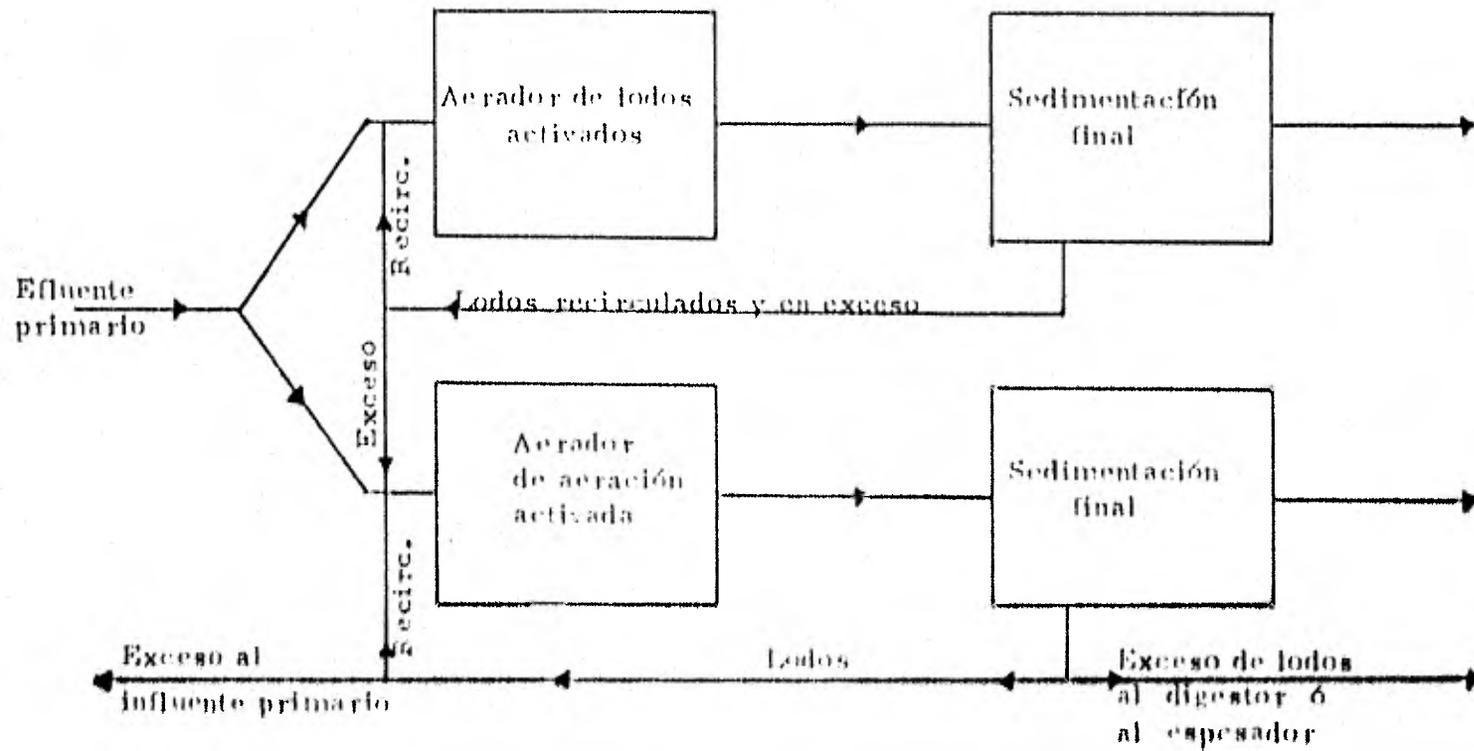


FIGURA "D"

## LAGUNAS DE ESTABILIZACION.

De acuerdo al contenido de oxígeno se clasifican en:

- 1.- Lagunas aerobicas.
- 2.- Lagunas anaerobicas.
- 3.- Lagunas facultativas.

Si el oxígeno es suministrado artificialmente con aeración mecánica - o aire comprimido, se denominan "Lagunas Aereadas".

De acuerdo con el lugar que ocupan con relación a otros procesos se clasifican en:

- a) Primarias o de aguas residuales crudas.
- b) Secundarias.- Si reciben efluentes de otros procesos de tratamiento.
- c) Maduración.- Si su propósito fundamental es reducir el número de organismos patógenos o su empleo en cultivo de peces.

El término de "Lagunas de Oxidación" fue empleado por el Dr. Laursen en 1915.

tividad de oxígeno que producen las algas a través de la fotosíntesis.

1.- Lagunas Aerobicas.- Son estanques de profundidad reducida (0.30 m) y diseñadas para un máxima producción de algas.

Estas lagunas mantienen condiciones aerobicas a todo nivel y tiempo.

Estas unidades han sido aprovechadas para la producción y cosecha de algas y su uso en tratamiento de desecho no es generalizado.

Dimensionamiento:

Balance de energía en la laguna.- Modelo desarrollado por Oswal y Gotaas que establecen que la energía no absorbida (output) es -- igual a la energía solar incidente (input) menos la energía absorbida por las algas,

$$ES = S \cdot A \cdot t \cdot r \quad (1)$$

ES = energía solar incidente (calorías)

A = área (cm<sup>2</sup>)

E = insolación: medida variable (cal/cm<sup>2</sup>/día = Langley/día). -- Se -- valúa de acuerdo con los datos de insolación máxima y mínima para los meses del año,

$$S = (S_{máx} + S_{mín})$$

t = número de horas totales de luz recibida por el número de horas posibles de sol en la localidad,

r = riesgo (igual).

Trabajando con un volumen unitario de un litro el área ocupada es:

$$A = \frac{V}{d} = \frac{1000}{d} \text{ ----- (2)}$$

d = profundidad (cm)

V = volumen

Sustituyendo (2) en (1)

$$ES = 1000 \frac{g}{d} t \text{ ----- (3)}$$

La energía solar absorbida para la estabilización de la materia orgánica y asociada con la liberación de oxígeno es igual a la eficiencia de absorción de energía por la energía incidente y al mismo tiempo igual al calor de combustión de las algas por la concentración de las algas y por el volumen de laguna.

$$H = f \cdot ES = h \cdot c \cdot v, \text{ ----- (4)}$$

H = energía solar absorbida (calorías).

f = eficiencia de absorción o factor de utilización (decimal) varía entre 0.2 y 0.9 con valores medios entre 0.4 y 0.6,

h = calor de combustión de las algas (calorías/mg. de algas) -- (6 cal/g),

c = concentración de algas (mg./l)

v = volumen de la laguna (l litro),

La oxigenación producida por las algas es igual al peso de algas nuevas por un factor de conversión.

Al mismo tiempo, es posible sustituir la oxigenación producida por las algas por la bio-óxima y el peso de las algas nuevas --

por la concentración de algas.

$$W_o = p.W_a; L_a = p.c. \dots \dots (5)$$

W<sub>o</sub> = oxigenación producida por las algas (Kg/ha/día).

W<sub>a</sub> = peso de las algas nuevas (Kg/ha/día)

p = factor de oxigenación

L<sub>a</sub> = DBO última

El porcentaje más alto de DBO es removido cuando el factor de oxigenación p es alrededor de 1.6.

W<sub>o</sub> y W<sub>a</sub> se deducen de las relaciones siguientes:

$$W_o = 0.28 f.S.$$

$$W_a = 0.168 f.S.$$

El balance de energía se efectúa:

Input	Absorción	Output
$\frac{1000.S.t}{d}$	h.c.v. =	$(1-f)\frac{1000 S.t}{d}$
	$\frac{d}{t} = \frac{1000. f.S.p}{h.L_a}$	

----- (6)

$\frac{d}{t}$  = carga hidráulica (m<sup>3</sup>/día),  
t

La profundidad de penetración de la luz d (cm) o del proceso fotosintético (o de la laguna) se calcula mediante la expresión de la ley de Beer - Lambert.

$$d = \frac{\ln I_1}{k,c} \dots \dots \dots (7)$$

I<sub>1</sub> = intensidad de luz incidente =  $\frac{I_o}{I}$

K = coeficiente específico de absorción de la luz varía entre 1,2 x 10<sup>-3</sup> y 1,5 x 10<sup>-3</sup> (l/mg.l/cm).

La aplicación de las formulas anteriores es limitada especialmente para zonas tropicales pues el dimensionamiento resulta en profundidades reducidas (0.8 m o menos), las que no pueden ser utilizadas debido al desarrollo exagerado de maleza. Por lo tanto las formulas de Oswald y Gotasse aplican únicamente para lagunas aeróbicas de baja profundidad.

- 2.- Lagunas Anaeróbicas.- Son estanques de mayor profundidad (2.5 - 4.0 m) y reciben cargas orgánicas más elevadas de modo que la actividad fotosintética de las algas es suprimida, encontrándose ausencia de oxígeno en todos sus niveles.

Estas lagunas actúan como un digestor anaeróbico abierto sin mezcla y debido a las altas cargas orgánicas que soportan, el efluente contiene un alto porcentaje de materia orgánica y requiere de otro proceso de tratamiento.

El mecanismo de degradación presenta dos etapas bien diferenciadas que dependen del desarrollo de dos grupos específicos de bacterias,

La primera etapa de fermentación ácida es llevada a cabo por organismos formadores de ácidos que atacan las sustancias orgánicas y las transforma en compuestos orgánicos más simples y ácidos orgánicos,

La segunda etapa es llevada por un grupo de organismos estrictamente anaeróbicos que utilizan los productos intermedios de la etapa

anterior para producir gases como el metano ( $\text{CH}_4$ ) y bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y otros productos de degradación (vease Fig. 1).

Los microorganismos formadores de metano son muy sensibles a condiciones ambientales como pH y temperatura y la eficiencia del proceso depende de su desarrollo, que ocurre en poblaciones reducidas debido a que pierden gran cantidad de energía en la producción de metano.

Modelo basado en cinética de primer orden incorporando la influencia del lodo anaeróbico. Este modelo fue desarrollado por Marais,

Asunciones efectuadas para el desarrollo de este modelo:

1. Se considera que la degradación anaeróbica de lodo sigue una reacción de primer orden.
2. Se considera para las DBO que corresponden a valores últimos de la etapa carbonacea. Esto aunque no es esencial, se hace por conveniencia de cálculo.
3. Se asume que la fracción  $f_p$  de la DBO última del afluento  $S_{in}$  se dispersa en la laguna, mientras que la fracción  $f_s$ , sedimenta como lodo.
4. Se asume mezcla completa. Esto, según Marais es justificable -

en base a observaciones que indican que la mezcla está establecida normalmente aún en lagunas de períodos de retención de diez días.

5. Una fracción  $C_p$  de la DBO que resulta de la fermentación anaeróbica regresa al líquido mientras que la fracción restante  $C_g$  abandona el sistema como gas.

De un balance de DBO en la laguna en condiciones de equilibrio se obtiene la siguiente ecuación:

$$S_u = \frac{S_{u1}}{K_t + 1} (f_p + C_p + f_s)$$

De datos de sedimentadores primarios se ha podido calcular un valor aproximado para  $f_s$  entre 0.4 y 0.6. Datos aproximados para  $C_p$  y  $C_g$  son 0.4 y 0.6 respectivamente.

$$f_s + f_p = 1$$

La dependencia de la temperatura de la constante de degradación del extracto bental está dada por:

$$K_s = 0,002 \times 1,35^{T - 20}$$

- 3.- Lagunas Facultativas, - Son estanques con profundidades de 1,00 a 1,80 m y su contenido de oxígeno varía de acuerdo a la profundidad y hora del día.

(vease Figura 2).

El mecanismo principal de las lagunas facultativas ocurre en el estrato superior y corresponde a una simbiosis o comensalismo de bacterias aeróbicas y algas.

Las bacterias heterotróficas descomponen la materia orgánica produciendo compuestos inorgánicos solubles y bióxido de carbono. La cantidad de oxígeno requerida para esta degradación es suministrada principalmente por el proceso de fotosíntesis.

(vease Figura 3).

Dimensionamiento para lagunas facultativas.

Modelo basado en la constante de reacción y su dependencia en la temperatura.

Herman y Gloyna presentaron el primer modelo para describir el comportamiento de las lagunas facultativas en base a la teoría cinética,

$$\frac{t}{t_0} = e^{c(T_0 - T)} = \theta^{(T_0 - T)} \dots (1)$$

$t$  = Tiempo de reacción requerido a la temperatura  $T$ ,

$t_0$  = Tiempo de reacción original a la temperatura  $T_0$ ,

Por experiencias en laboratorio con cuatro lagunas a escala se determinaron las siguientes constantes,

$t_0 = 3,5$  días para efectuar una reacción de 85 - 95% con una temperatura  $T_0 = 35^{\circ}\text{C}$ ,

Para estas condiciones se encontró que  $c = 0,0693$  y  $\theta = 1,072$ ,

Para corregir desviaciones del promedio de DBO asumido para aguas residuales domésticas, se introduce la relación  $S_0/200$ .

$S_0$  = DBO del desecho en mg/l.

Introduciendo también el concepto de  $V = Q \times t$

$V$  = volumen ( $m^3$ )

$Q$  = Caudal ( $m^3/día$ )

$t$  = Tiempo de retención (días)

Se obtiene:

$$V = 3,5 Q \times \frac{S_0}{200} \times 1,072^{35 - T} \quad \text{--- (2)}$$

Estudios posteriores valoran a  $\theta = 1,085$  y en base a consideraciones prácticas, como la DBO ejercida por el lodo del fondo y posibles deficiencias en overación, se adoptaron valores para - - -

$t_0 = 7$  días y  $T_0 = 35^{\circ}C$ .

Se obtiene:

$$V = 0,035 \times Q \times S_0 \times 1,085^{35 - T} \quad \text{--- (3)}$$

$C$  = Carga de DBO ( $Kg/día$ ); se puede tomar como  $54$  g DBO /Hab/día.

$CS$  = Carga orgánica superficial ( $Kg$  DBO/Ha/día).

$$CS = Q \times S_0 \times 0,001$$

$C = CS \times A$  y  $V = d \times A$  ( $d$  = profundidad en m y  $A$  = Área en hectáreas).

$$CS = 285,7 \times d \times 1,085^{T - 35} \quad \text{--- (4)}$$

Los resultados y aplicación de esta relación para diferentes profundidades están indicados gráficamente en la figura 4. De un análisis gráfico se puede deducir el beneficio que trae el incrementar la profundidad de lagunas facultativas para obtener menores -

áreas con mayores cargas orgánicas superficiales.

El uso de este modelo presenta las siguientes asunciones y restricciones:

- a) Una remoción de DBO alrededor del 90%.
- b) Durante los experimentos se mantuvieron condiciones de mezcla induciendo corrientes de aire en la superficie y evitando la sedimentación de la materia orgánica.
- c) La temperatura fue mantenida en condiciones de equilibrio y el dimensionamiento se efectúa para el mes más frío.

La ecuación 4 ha sido afectada por dos factores  $f$  y  $f'$  que son correcciones por toxicidad a las algas y por sulfuros respectivamente:

$$CS = (285.7 \times d \times 1.085^{T - 35}) ff'$$

$$f = (e)^{\left( K \frac{C_0}{K_0 t_0 + 1} \right)}$$

Donde  $K$  es una constante de inhibición para un desecho con contenido de materia tóxica de concentración  $C_0$ .

$K_0$  es la constante de biodegradación del compuesto tóxico,

$t_0$  = Tiempo de reacción para la constante  $k_0$  y temperatura  $T_0$ .

#### MODELO PARA LAGUNAS DE MADURACION,

Son estanques utilizados como procesos de tratamiento terciario,

diseñados con el propósito exclusivo de reducir los gérmenes patógenos.

Bajo la suposición de reacción monomolecular, la concentración de organismos fecales dada por la expresión:

$$\frac{N}{N_0} = \frac{1}{K.t + 1}$$

N y  $N_0$  son concentraciones de bacterias coliformes en el afluente y efluente respectivamente, dadas en número más probable (NMP).

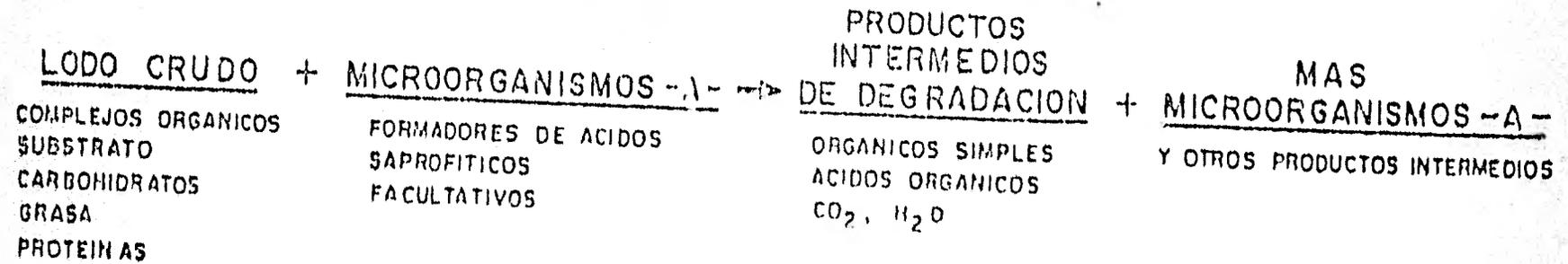
K es la constante de reacción monomolecular en 1/días.

t es el tiempo de retención en días.

Los valores de K, no se han determinado en forma sistemática, pero valuaciones empíricas indican que es recomendable usar el valor de  $K = 2$  para propósitos de diseño.

La ecuación anterior está representada gráficamente en la figura 5 en donde se evidencia la ventaja de tener un esquema de lagunas múltiples para una máxima reducción de coliformes.

ETAPA 1 : FERMENTACION ACIDA



ETAPA 2 : FERMENTACION DEL METANO

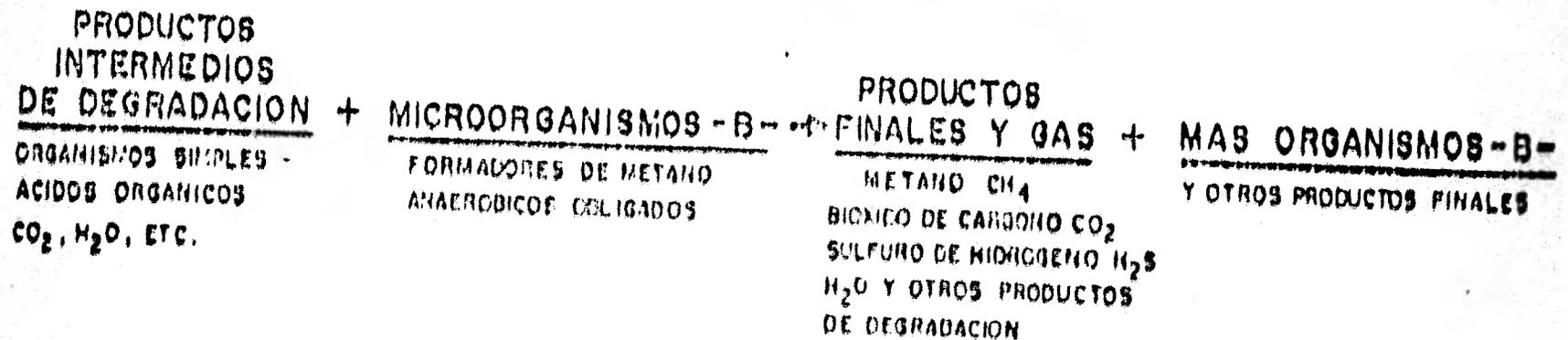
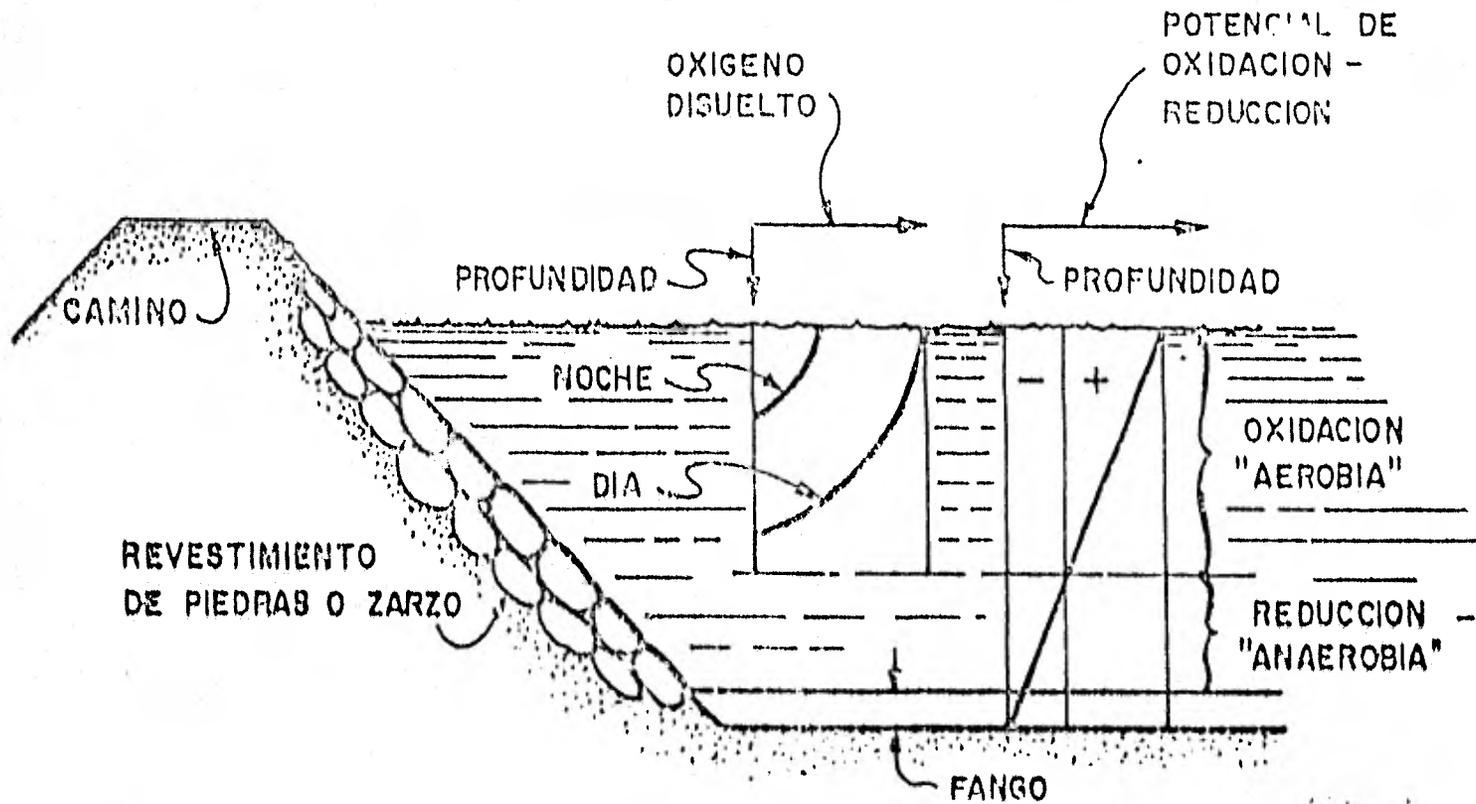
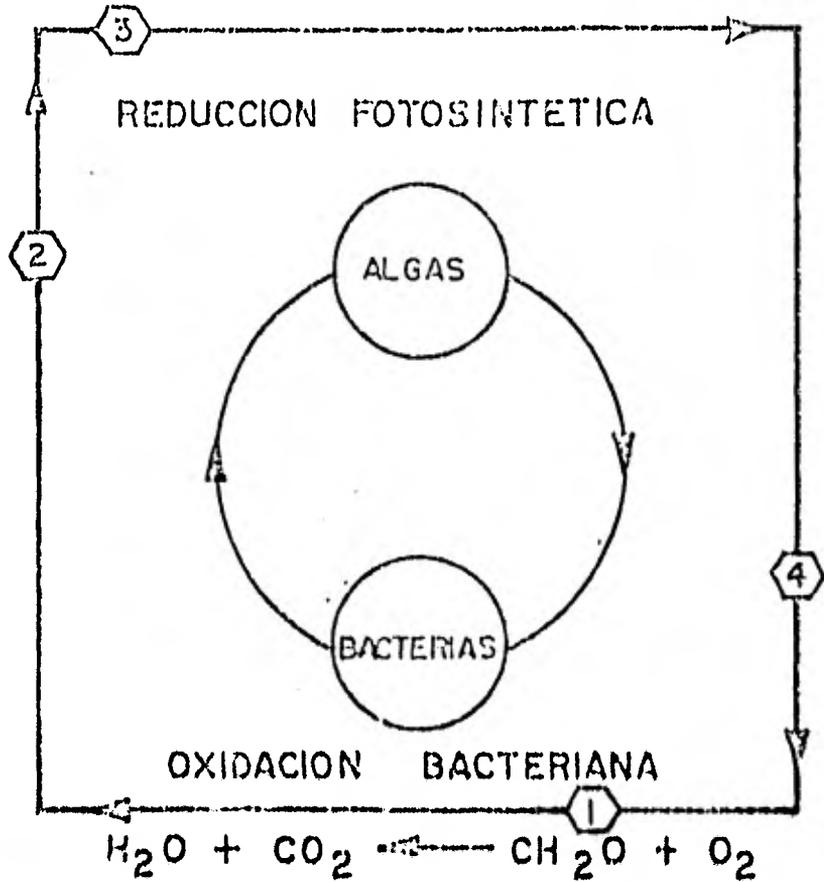
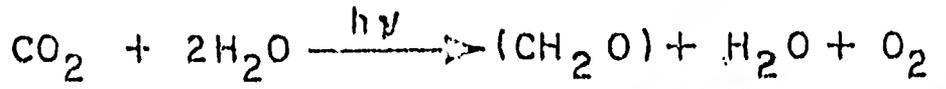


FIGURA N° 1 DESCRIPCION DEL PROCESO DE DIGESTION ANAEROBICA



ESQUEMA DE UNA LAGUNA FACULTATIVA (2)

FIGURA 2



- ① DESECHO ORGANICO
- ② EFLUENTE MINERALIZADO
- ③ DESECHO INORGANICO
- ④ SUBSTRATO ORGANICO

FIG. 3 DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE COXENSALISMO DE ALGAS Y BACTERIAS EN CICLO DE CARBONO

RELACION ENTRE CARGA SUPERFICIAL  
TEMPERATURA Y PROFUNDIDAD PARA  
LAGUNAS DE ESTABILIZACION

$$CS = 285.7 \times d \times \theta^{T-35}$$

$$CS = \frac{K_d \text{ DBO}}{K_d \times \text{DIA}}, \quad d = m, \quad \theta = 1.025$$

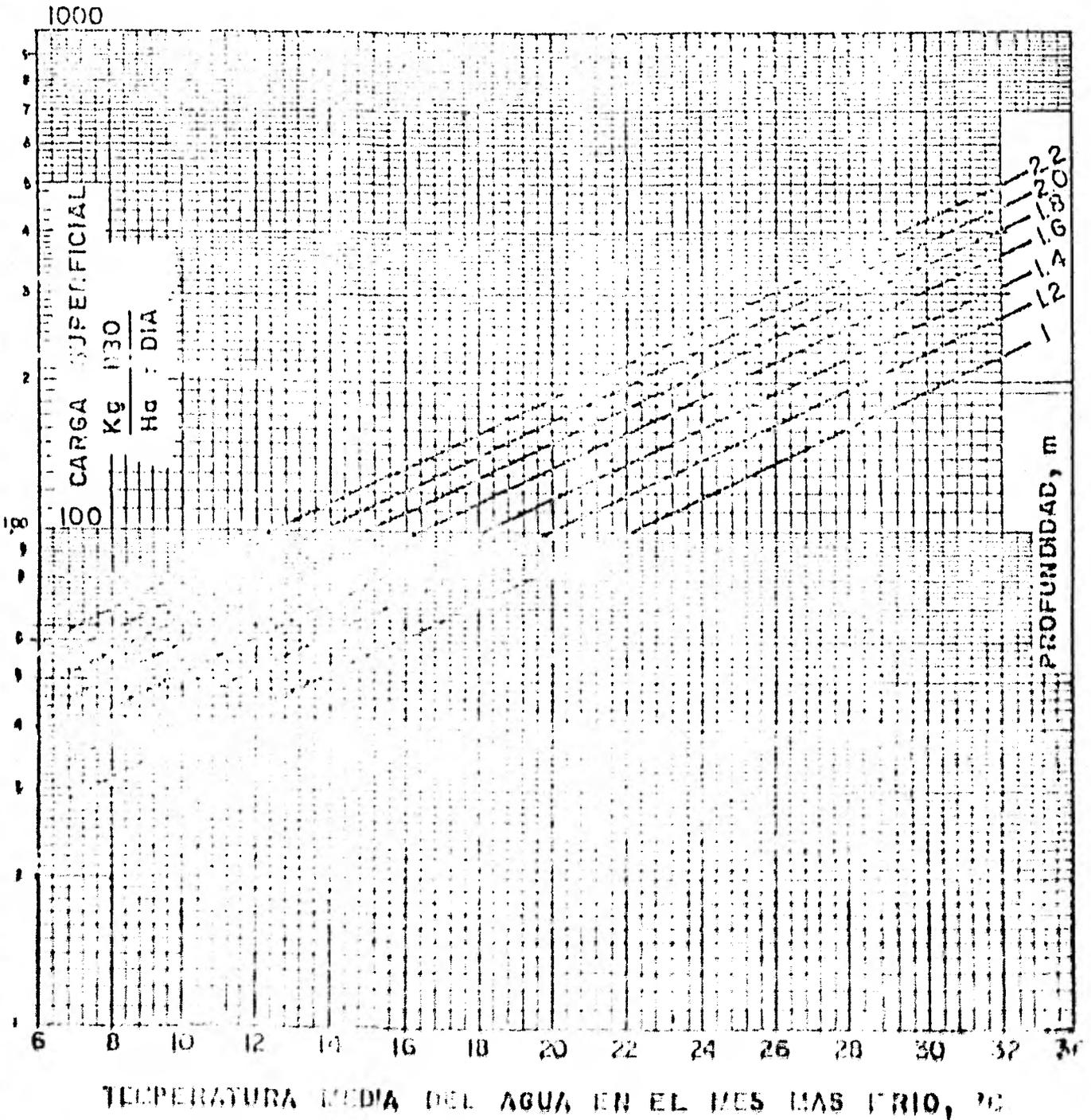
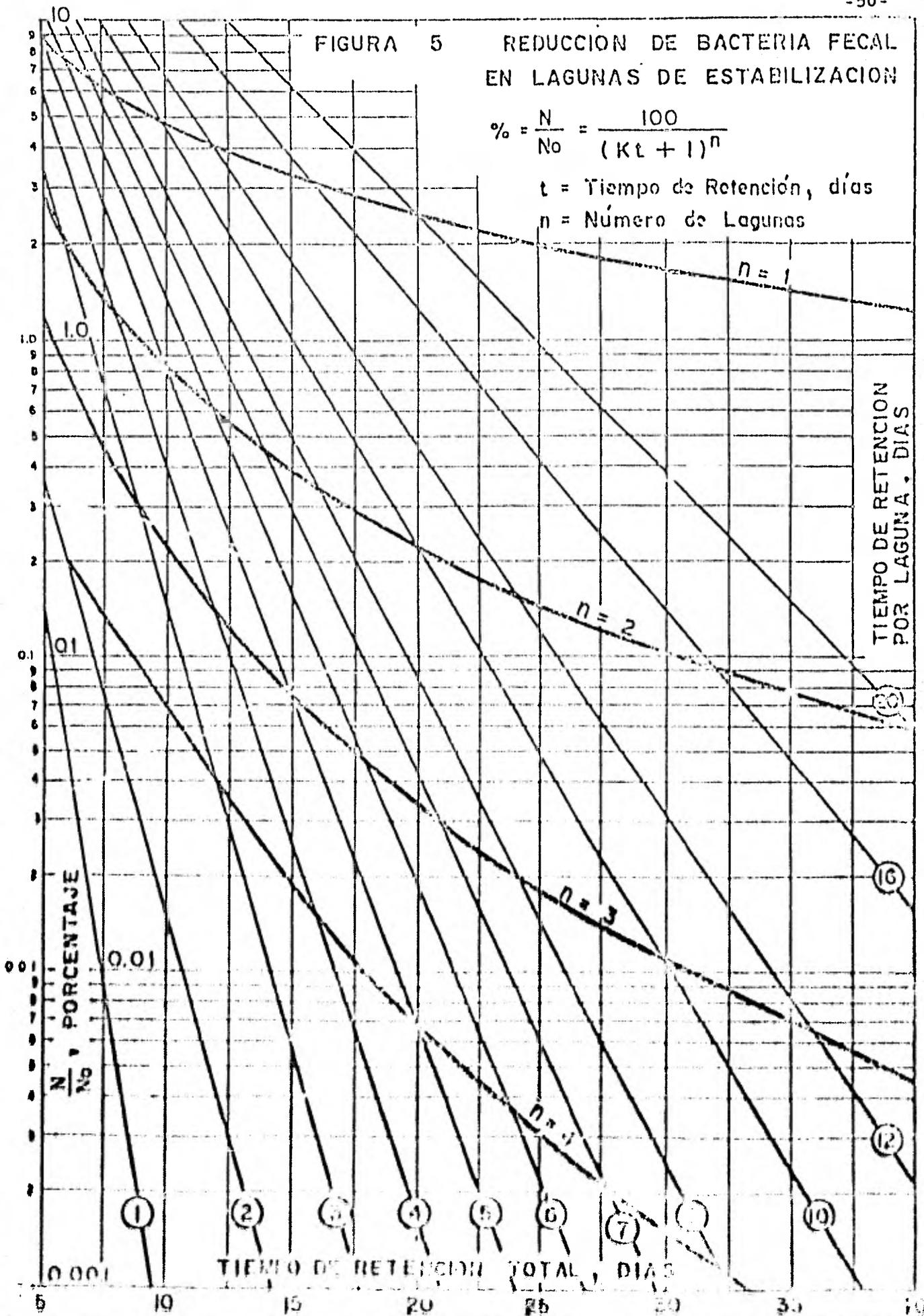


FIGURA 5 REDUCCION DE BACTERIA FECAL EN LAGUNAS DE ESTABILIZACION

$$\% = \frac{N}{N_0} = \frac{100}{(Kt + 1)^n}$$

t = Tiempo de Retención, días

n = Número de Lagunas



TIEMPO DE RETENCION POR LAGUNA, DIAS

#### IV.- COMENTARIOS.

REJAS Y REJILLAS.- Deben mantenerse bien limpias para evitar una pérdida de carga excesiva a través de ellas.

La frecuencia de las limpiezas dependerá de la calidad de las aguas negras y del tamaño de las aberturas de las cribas.

Sólo la experiencia puede indicar la frecuencia con que conviene hacer las limpiezas.

TANQUE SEPTICO.- El efluente de un tanque séptico tendrá olor desagradable, un contenido de sólidos suspendidos entre 100 y 200 mg/l, con una demanda bioquímica de oxígeno (5 días y 20°C) de 150 a 300 mg/l. Por ello es la importancia de someterla a un tratamiento secundario de oxidación que reducirá la alta DBO.

El tanque séptico no se usa mucho en la práctica municipal a causa de los mejores resultados que se logran con otros métodos, de la descarga ocasional de un líquido residual por que el líquido inicial, y de la descarga ocasional de lodo en el líquido saliente, por efecto de una ebullición violenta de tipo séptico. Sin embargo se han usado mucho en institutos de niñas y escuelas, en residencias y en pequeños establecimientos, donde no se disponen de atarjeas.

A veces los olores producidos por el proceso séptico son sumamente molestos y se extienden a grandes distancias.

Deben tomarse precauciones contra una septización excesiva, pues un líquido residual sobreseptizado, es más difícil de tratar posteriormente que un volumen de aguas negras relativamente recientes sin tratamiento. La sobreseptización o alteración de las aguas se manifiesta por la aparición de grandes cantidades de amoniaco, sea libre o albuminoide, acompañadas frecuentemente por el ácido sulfhídrico y otros gases de mal olor.

La demanda de oxígeno en las aguas negras sobreseptizadas, es mayor que la de las aguas negras recientes o más cuidadosamente tratadas.

Los tanques sépticos y los tanques de sedimentación, sólo se diferencian en el período de retención y la frecuencia con que se limpian.

En los tanques sépticos el período de retención es más largo, y la limpieza menos frecuente.

Un tanque séptico puede convertirse en un tanque de sedimentación y viceversa, modificando el funcionamiento, sin necesidad de cambios en la construcción.

**TANQUES IMHOFF.** Los tanques Imhoff tienen la ventaja, sobre los tan

ques sépticos, de que no descargan lodo en el líquido saliente, salvo en casos anormales. El tanque Imhoff contribuye a la digestión del lodo mejor que el de un tanque séptico, y produce un líquido residual mejor que el de un tanque de sedimentación simple.

El lodo procedente de los tanques Imhoff se seca y se evacua con más facilidad que el procedente de los tanques sépticos, esto se debe a que contiene de 90 a 95% de humedad.

Cuando el lodo sale del tanque es casi negro, oscurece libremente y está lleno de pequeñas burbujas de gas, que se expande al cesar la presión que hay en el fondo del tanque, lo que da al lodo una consistencia porosa o esponjosa, que facilita la desecación. Cuando está seco, tiene un olor que no es desagradable, parecido al de la tierra de jardín, y puede usarse para rellenos en terrenos baldíos, sin riesgo de ulterior putrefacción. No siempre ha dado resultado como fertilizante.

Los tanques Imhoff producen a veces malos olores, aún cuando se hagan funcionar debidamente.

Las aguas negras introducidas en un tanque Imhoff, no necesitan un tratamiento preliminar, salvo el paso de una criba gruesa y la separación de las arenas.

Los tanques Imhoff funcionan mejor en climas cálidos o donde el compartimento de digestión del lodo esté caliente, y cuando la naturaleza de las aguas negras sea tal que no se establezcan coquetones

de acidez en el compartimiento de digestión.

Los tanques Imhoff son adecuados para ciudades pequeñas y para comunidades o instituciones donde no se necesite una atención constante y cuidadosa y los líquidos salientes o residuales satisfacen ciertos requisitos para evitar la contaminación por polución de las corrientes.

Principios de funcionamiento aplicables a los tanques Imhoff:

- a) Romper los materiales flotantes acumulados en las aberturas de -- ventilación de gases, sumergiéndolos dos veces por semana o con -- mayor frecuencia, con agua o líquido del que sobrenada, por medio de una manguera con presión que facilite la rotura de dichos mate-- riales. Hacer tres perforaciones en la superficie de estos mate-- riales a distancias de 60 centímetros uno de otro, con una barra de 2,4 a 3,0 metros de longitud; agregar diariamente 4,5 kilogramos de cal hidratada por cada 1000 personas. Si estas prácticas -- resultan ineficaces, se sacarán los materiales acumulados en la -- superficie y se colocarán sobre los techos de lodo para drenarlos y secarlos.
- b) Mensualmente o con mayor frecuencia, se harán observaciones del -- nivel del lodo en tres o más puntos del compartimiento de diges-- tión.  
Se comprobará el estado de maduración del lodo tomando pequeñas -- muestras. Si es material, negro, granular, y está bien humificado,

estará maduro y en condiciones de extraerse.

c) En tiempo caluroso debe extraerse el lodo frecuentemente (cada -- dos semanas o cada mes) en pequeñas cantidades, y no con menos -- frecuencia y en cantidades mayores. La extracción del lodo debe -- realizarse de tal modo que el compartimento de digestión sólo -- contenga una pequeña cantidad de lodo, cuando se inicie la aporta -- ción de aguas frías. Debe evitarse la extracción de lodo en tiem -- po frío, a no ser que se haya sobrepasado la capacidad del comparti -- miento de digestión. Al extraer el lodo debe hacerse con la sufici -- ente lentitud para no romper la capa del lodo haciendo que se -- mezcle este con el agua. Cuando se vea que el lodo empieza a es -- tar claro o de color pardo, o muestra vetas grises, es oportuno -- detener la extracción.

Si el lodo tarda en empezar a salir puede agitarse con agua a tra -- vés de tubos usualmente abastecidos desde afuera, o a través de -- una manguera, o puede removerse alrededor de la entrada con vari -- llas largas insertadas por las aberturas de ventilación o del tu -- bo de elevación del lodo.

Después de usar los estos tubos se deben limpiar con agua clara o -- con aguas negras, para evitar el lodo se endurezca en su inte -- rior.

Registro del funcionamiento de un tanque Imhoff.

- 1, sólidos sedimentables en las aguas negras brutas y en el efluente del tanque (diariamente).
- 2, Fechas y condiciones de la limpieza del compartimento de diges --

ción extracción de los materiales acumulados en la superficie, y limpia de las aberturas de comunicación entre los dos compartimientos.

3. Fechas de la extracción del lodo volúmen extraído y contenido de sólidos totales y volátiles en el lodo al extraerlo.
4. Espesor de la capa de lodo (por lo menos mensualmente).
5. PH del lodo (por lo menos una vez al mes).
6. Espesor de la capa de materiales acumulados en la superficie (mensualmente).
7. Fechas, clase y cantidades de productos químicos usados.

LODOS ACTIVADOS.- Entre las ventajas del proceso figurán, un efluente claro, brillante, no expuesto a putrefacción; ausencia de olores desagradables durante el funcionamiento; un grado de nitrificación, graduable entre ciertos límites; naturaleza del líquido saliente variable, de acuerdo con la cantial y las características del agua, de dilución disponible; eliminación de más del 90% de las bacterias; eliminación de un 90% aproximadamente de la DBO y de los sólidos sedimentables; y un cierto valor comercial del lodo.

El proceso de lodos activados, no es aplicable cuando no se disponga de personal que pueda atenderlo de un modo constante y con competencia, debido al equipo mecánico que hay que hacer funcionar y conservar, y a la naturaleza química, física y biológica del proceso, que hay que conocer bien. La cantidad de carga hidráulica consumida y el área superficial requerida son menos que los necesarios en cualquier

otro proceso que pueda dar resultados iguales o mejores. La cantidad del líquido saliente puede regularse, dentro de ciertos límites, durante el desarrollo del proceso.

El volumen del lodo producido es mayor que el que se obtiene en cualquier otro proceso, salvo quizá en el tratamiento químico. El valor comercial del lodo puede compensar parte del costo de su tratamiento, ya que se tiene la posibilidad de emplearlo en la fabricación de fertilizantes por su abundancia de bacterias nitrificantes, que transforman el nitrógeno en formas aprovechables por las plantas.

Entre los inconvenientes del proceso, pueden citarse, la incertidumbre respecto a los resultados que pueden esperarse bajo diversas condiciones; la sensibilidad a los cambios en la calidad del líquido -- inicial; el alto costo del funcionamiento, bajo algunas condiciones; la necesidad de una atención constante y competente; y las dificultades que ofrece la desecación y la eliminación del gran volumen de lodo producido.

Generalmente se considera conveniente dar a las aguas negras algún tipo de tratamiento previo, antes de aplicar la aeración, con el fin de reducir la carga en el tanque de aeración. El costo total del proceso resulta más bajo con tratamiento previo que sin él.

El tratamiento previo puede consistir en una sedimentación, con o sin adición de productos químicos, o en una tamización a través de cribas finas.

#### LAGUNAS DE ESTABILIZACION.

Se ha observado en varios países con climas tropicales y subtropicales instalaciones de lagunas completamente invadidas por maleza.

Las plantas de tallo tubular que usualmente abundan en estas latitudes pueden prender raíces en el fondo, emitir tallos con profundidades reducidas y multiplicarse rápidamente.

La profundidad conveniente para climas cálidos es sobre 1.5 m., preferiblemente, 1.8 - 2.0 m.

También se ha encontrado que en climas cálidos, la adopción de períodos de diseño largos es muy peligrosa puesto que la extra capacidad -- provista, en los primeros años de explotación promueve condiciones -- desfavorables.

Es recomendable estudiar la modularización de unidades con implementación por etapas no mayores de cinco años.

Una laguna de estabilización con un caudal insuficiente para mantener un balance de agua positivo puede involucrarse rápidamente de vegetación y, prácticamente destruírse en unos pocos meses.

En cuanto a facilidades de un pretratamiento el autor está en favor de incluir únicamente cribas gruesas para la eliminación de material flotante.

Se debe tener la facilidad de medición del caudal de entrada para -- evaluar la carga en sitio y se permita muestreos cuando sea necesari--  
rio.

Las experiencias del pasado en algunas instalaciones que han resultado con problemas de explotación indica que en su mayor parte, los -- fracasos han sido el resultado de concepciones defectuosas del pro--  
yecto a nivel de diseño, una aplicación inadecuada de ingeniería a - nivel de construcción y un mantenimiento defectuoso que usualmente - es el resultado de una falta de supervisión a nivel de operación.

En climas tropicales y subtropicales, se ha podido observar que además de lo enunciado, existen factores ambientales y de desarrollo local que complican la buena operación de estos sistemas.

#### V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

La elección de un proceso determinado de tratamiento de aguas, debe basarse en el estudio de un cierto número de condiciones como:

- a) La calidad de las aguas negras que se van a tratar.
- b) Las condiciones de las corrientes aguas abajo, después del tratamiento.
- c) La eficacia y las características del proceso de tratamiento.
- d) La calidad y la cantidad de agua de dilución de que se disponga.
- e) Las condiciones, existentes para la evaluación del lodo.
- f) La disponibilidad de materiales y la vida probable de las estructuras y del equipo.
- g) La disponibilidad del personal para la operación y la experiencia del mismo.
- h) La disponibilidad de elementos para la conservación y las reparaciones.
- i) El área del lugar su topografía y las condiciones del subsuelo.
- j) La carga hidráulica necesaria para el funcionamiento de que se pueda disponer.
- k) Los costos de instalación y de funcionamiento, y la cantidad de dinero disponible.

El tipo de proceso de tratamiento que se elija dependerá de una o -- de todas las condiciones citadas o de alguna otra consideración local.

Por ejemplo: Si un caudal de aguas residuales concentradas y alteradas, ha de escurrir por el lecho seco de una corriente natural, será necesario un tratamiento intenso para evitar malos olores, mientras que si el mismo caudal de aguas se va a descargar en una corriente caudalosa, puede no necesitar ningún tratamiento.

No sería razonable afirmar que todas las aguas residuales muy concentradas necesitan un tratamiento intenso.

Al comparar los procesos de tratamiento se debe tener en cuenta que el funcionamiento de la instalación puede ser más importante que su diseño, y que mediante un funcionamiento adecuado, puede alterarse tanto la naturaleza del líquido final que algunos métodos de tratamiento puedan dar resultados satisfactorios, bajo condiciones desfavorables.

Las combinaciones de métodos son comunes y algunas veces necesarias, por lo que es frecuente combinar rejas o rejillas con tanque séptico o tanque Imhoff. No tendría objeto hacer pasar el efluente de un tanque séptico a través de un tanque Imhoff ya que se los consideran funciones idénticas.

Las principales etapas del tratamiento de un proceso de tratamiento

de aguas residuales son: su eficacia para reducir la DBO y los sólidos en suspensión y para limitar la presencia de ambos en el líquido final.

B I B L I O G R A F I A

A U T O R	T I T U L O
1.- HAROLD E. BABBITT E. ROBERT BAUMANN	ALCANTARILLADO Y TRATAMIE <u>N</u> TO DE AGUAS NEGRAS.
2.- FAIR-GEYER Y OKUN	PURIFICACION DE AGUAS Y TRA <u>T</u> TAMIENTO Y REMOCION DE - - AGUAS RESIDUALES.
3.- INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL.	NORMAS DE INGENIERIA DE DI <u>S</u> SENO.
4.- ING. ERNESTO MURGUIA VACA,	INGENIERIA SANITARIA.
5.- ING. ERNESTO MURGUIA VACA,	CONTAMINACION DE AGUAS.
6.- APUNTES DE CLASE DE POPA- BILIZACION Y TRATAMIENTO DE AGUAS.	