

01149
-0149

53

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
SECCION DE INGENIERIA AMBIENTAL.

PLANTAS PAQUETE PARA TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES MUNICIPALES. CONFORME A LAS RE -
GLAMENTACIONES EXISTENTES EN EL PAIS.

México, Distrito Federal
Marzo de 1980

Trabajo presentado como
requisito para obtener el
grado de maestro en In-
geniería Sanitaria.
Por:

FRANCISCO JAVIER GONZALEZ CAZARES

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

01149
-0149

53

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
SECCION DE INGENIERIA AMBIENTAL.

PLANTAS PAQUETE PARA TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES MUNICIPALES, CONFORME A LAS RE -
GLAMENTACIONES EXISTENTES EN EL PAIS.

México, Distrito Federal
Marzo de 1980

Trabajo presentado como
requisito para obtener el
grado de maestro en In-
geniería Sanitaria.
Por:

FRANCISCO JAVIER GONZALEZ CAZARES

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

TESIS SIN PAGINACION

I N D I C E

1. INTRODUCCION
2. REVISION DE REGLAMENTACION PARA DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES EN MEXICO
3. USO DE PLANTAS PAQUETE
 - 3.1. Lugares de Utilización de Plantas Paquete
 - 3.2. Sitios de Utilización más convenientes
4. EVALUACION DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO
 - 4.1. Alternativas de Tratamiento
 - 4.2. Restricciones y Objetivos
5. COMPARACION Y SELECCION DE PLANTAS PAQUETE
6. CRITERIOS DE DISEÑO PARA PLANTAS PAQUETE DE AEREACION EXTENDIDA
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
8. BIBLIOGRAFIA

1. INTRODUCCION

El control para disminuir la contaminación por aguas residuales de pequeñas comunidades, Industrias, Instituciones y Campamentos se ha considerado muy seriamente. Durante los pasados 20 años, el perfeccionamiento en los medios de comunicación permitió la creación de áreas suburbanas de vivienda y el establecimiento de industrias cerca de las fuentes de abastecimiento de materiales, de trabajo y de mercado. La recolección de aguas negras y su tratamiento involucran sistemas convencionales en pueblos y ciudades o métodos individuales de disposición tales como letrinas, pozos de aguas negras y tanques sépticos para las nuevas áreas de desarrollo. Sin embargo, ninguno de estos métodos básicos es apropiado para las zonas suburbanas. Las dependencias para el control de contaminación y el nivel alto de vida de las personas demandaron un sistema capaz de llevar a cabo un eficiente nivel de tratamiento de aguas residuales en pequeños volúmenes. (Hasta ahora, se han utilizado las plantas "paquete" para tratamiento).

El término "paquete" en plantas de este tipo es básicamente una pequeña unidad biológica de oxidación. Se le llama "paquete" por que es prediseñada y fabricada en unidades de capacidad estandar que pueden ser ensambladas y montadas directamente en el lugar, o trasladadas de una localidad a otra.

Las unidades pequeñas pueden ser transportadas a el lugar donde se van a ensamblar, las de gran capacidad se componen de múltiples unidades. Por lo tanto, "paquete" se puede referir a una gran variedad de fabricación de

unidades de tratamiento, desde las de construcción en el taller y ensamblaje en el lugar hasta las fabricadas en el sitio donde se van a utilizar.

Miles de plantas paquete para tratamiento de aguas residuales están siendo instaladas a través del mundo desde 1950. La aplicación del proceso ha sido realizada no solo para aguas residuales domésticas, sino también de muchas descargas industriales como residuos de establos, escuelas, aeropuertos, moteles, estacionamientos para casas rodantes, centros comerciales y otros suburbios sin facilidades de desechos municipales.

2. REVISION DE REGLAMENTACION PARA DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES EN MEXICO.

2.1. La Ley Federal de Aguas

2.1.1. Propósitos

- a) La ley regula racionalmente el aprovechamiento del agua, primordialmente para hacer un reparto equitativo de la riqueza pública y cuidar de su conservación, adecuándola a las Técnicas modernas y a la del adelanto planificado de la nación; de esta manera asegura un desarrollo económico y social más justo de todo el país y relaciona en forma operativa sus disposiciones con los nuevos ordenamientos jurídicos en materia agraria, industrial, sanitaria y contra la contaminación ambiental.
- b) Uno de los derivados más peligrosos de la creciente industrialización y desarrollo del país es la contaminación del ambiente natural del hombre, la ley prevé sanciones para aquellos que contaminen el agua y fija normas para la conservación de este vital recurso natural. Así mismo la ley establece normas para mantener la calidad de las aguas evitando su degradación biológica, física, química o radiactiva.

2.1.2. Aspectos Novedosos de la Ley

- a) Por primera vez en la ley se declaran de utilidad públi-

ca diversos actos que son necesarios para el proyec -
to y la ejecución de obras para el aprovechamiento -
del agua; tales como la prevención y control de la -
contaminación de las aguas, cualquiera que sea su -
régimen legal, en los Términos de la Ley Federal pa -
ra prevenir y controlar la contaminación ambiental, -
y demás disposiciones aplicables.

2.2. Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas.

2.2.1. Vigencia

El Ejecutivo Federal, en uso de las facultades, que -
le son propias, promulgó el 29 de marzo de 1973 el -
reglamento, el cual entró en vigor el 28 de mayo de -
ese mismo año.

2.2.2. Aspectos Fundamentales.

2.2.2.1. Un aspecto se refiere a prevenir la contaminación de
todas aquellas aguas del país que aún guardan sus ca -
racterísticas naturales, sin embargo, esta preven -
ción no implica el tratar de conservarlas tal como se
encuentran en su estado natural, sino en aprovechar -
racionalmente su capacidad de asimilación, o sea la -
capacidad que tienen de recibir una cierta carga de -
materiales contaminantes en función de sus caracterís -
ticas, de manera que no se altere su calidad para el -

uso que se haga o se pretenda hacer de ellas.

2.2.2.2. El otro aspecto fundamental se refiere a controlar la contaminación de las aguas de aquellos depósitos o corrientes cuya calidad se ha deteriorado, para que, con el concurso de todos los sectores interesados, readquieran gradualmente la calidad necesaria para el uso que se hace de ellas.

2.3. Etapas Básicas

2.3.1. Primera etapa. Se deben realizar ante la SARH el registro de todas las descargas de aguas residuales provenientes de usos municipales, industriales, comerciales, agrícolas o pecuarios, con excepción de las originadas en las casas-habitación. Es pertinente hacer notar que este registro no implica en forma directa un permiso o autorización de descarga sino que tiene por objeto hacer el inventario de las descargas de aguas residuales con el fin de obtener la información necesaria para determinar la calidad de los cuerpos receptores, y de realizar la programación a corto, mediano y largo plazo de las acciones que se emprendan para prevenir y controlar la contaminación de las aguas.

A partir de la fecha de registro se estipula un plazo de tres años para que las descargas de aguas residuales

cumplan con 5 características de calidad para las cuales se fijan valores máximos tolerables en el artículo 13 del reglamento. Estas características son:

- | | |
|--|---|
| 1. Sólidos Sedimentables, valor máximo | 1.0 ml/l |
| 2. Grasas y Aceites, Valor máximo | 70 mg/l |
| 3. Materia Flotante: | ninguna que pueda ser retenida por malla de 3 mm de claro libre cuadrado. |
| 4. Temperatura, Valor máximo | 35°C |
| 5. Potencial hidrógeno (pH) | 4.5 a 10.0 |

Las descargas que requieran obras o instalaciones de purificación para que su calidad cumpla con lo requerido para las cinco características de calidad anteriores, deberán presentar a la SARH dentro de un plazo de 10 meses contados a partir de la fecha de terminación del plazo de registro, un Informe Preliminar de Ingeniería (IPI) que contenga las siguientes fases sucesivas:

- a) De trabajos internos
- b) De trabajos externos
- c) De adquisiciones
- d) De construcción
- e) De cumplimiento

Además, este informe debe estar autorizado por un profesional con cédula expedida por la S.E.P.

La SARH proporcionará una copia del registro y del informe preliminar de Ingeniería de cada descarga a la S.S.A., para su intervención en los casos en que la contaminación de las aguas puede poner en peligro la Salud Pública.

- 2.3.2. Segunda Etapa. Se refiere al cumplimiento, por parte de los responsables de las descargas, de lo indicado por ellos mismos en su Informe Preliminar de Ingeniería, a fin de que como consecuencia las descargas de aguas residuales satisfagan los requisitos de calidad para las cinco características mencionadas.

Durante el desarrollo de esta etapa la SARH vigilará el cumplimiento, por parte de los responsables de las descargas, de lo presentado en su IPI, a fin de que todas las descargas de aguas residuales al final de esta etapa, que durará 3 años, cuenten con tratamiento primario como mínimo para cumplir con lo requerido por el reglamento.

- 2.3.3. Tercer Etapa. En esta etapa, que se iniciará después de la segunda, la SARH en coordinación con la SSA, determinará y fijará las condiciones particulares para

las descargas de aguas residuales, estas condiciones particulares consistirán en el conjunto de características físicas, químicas y bacteriológicas que deberán satisfacer las aguas residuales antes de su descarga a un cuerpo receptor.

Las condiciones particulares de descarga las fijará la SARH en función de los estudios de calidad de agua de los cuerpos receptores, que lleva a cabo en las cuencas hidrológicas del país a fin de clasificar las aguas de acuerdo con sus usos y de conocer su capacidad de asimilación y de dilución.

CLASIFICACION DE LAS AGUAS DE LOS CUERPOS RECEPTORES SUPERFICIALES .

- ?
- DA Para abastecimiento de sistemas de agua potable e industria alimenticia con desinfección únicamente. Recreación de contacto primario.
 - DI Para abastecimiento de agua potable con tratamiento convencional (coagulación, sedimentación, filtración y desinfección) e industrial.
 - DII Agua adecuada para uso recreativo, conservación de flora y fauna y usos industriales.
 - DIII Agua para uso agrícola e industrial.

DIV Agua para uso industrial (excepto procesamiento de -
alimentos).

Es importante señalar que el reglamento faculta al res
ponsable de la descarga para que en el momento de re-
gistrar su descarga, indique si desea que se le fijen a -
la misma las condiciones particulares de descarga.

2.3.4. Otros Requerimientos y Disposiciones.

- a) Los responsables de descargas de aguas residuales de una -
misma zona, podrán agruparse para construir una planta co
mún para el tratamiento de sus descargas: si la descarga de
esta última se efectúa en aguas propiedad de la nación, se re
querirá autorización de la SARH.
- b) El reglamento establece claramente la competencia de la - -
SARH para vigilar el cumplimiento de los requerimientos con
tidos en el propio reglamento, dándole la debida interven-
ción a la SSA cuando el problema de contaminación del agua -
pueda poner en peligro la Salud Pública.
- c) El reglamento establece diversos tipos de sanciones para las
infracciones a lo dispuesto en varios de sus artículos, así -
como el procedimiento para aplicarlas, concediendo al in-
fractor el reuso administrativo de inconformidad. Para la -
calificación de las sanciones, el reglamento indica que debe
rá tomarse en cuenta lo siguiente:

1. El carácter intencional o imprudente de la acción u omisión\
2. Las consecuencias que la contaminación origine, tomando en cuenta el daño que cause o peligro que provoque ;
3. Las condiciones económicas del infractor; y
4. La reincidencia.

Así mismo indica que excluye de responsabilidad al infractor, el caso fortuito o la fuerza mayor.

3. USO DE PLANTAS PAQUETE

3.1. Lugares de Utilización de Plantas Paquete, Selección de Procesos de Tratamiento de Aguas Residuales.

LUGAR ¹	Proceso recomendado	Alternativa de proceso
Aeropuertos	Z0	LA
Conjunto de Departamentos	Z0	PP
Cafetería	Z0	PP
Campamento (construcción)	Z0	PP
Campamento (baño común)	Z0	PP
Campamento 1a. clase	Z0	PP
Campamento en verano	Z0	PP, LE
Iglesia grande	Z0	PP, LE
Iglesia pequeña	TS	PP, LE
Club campestre	Z0	PP
Hotel de 1a. clase	Z0	PP
Hospital	Z0	PP
Municipios pequeños (150 a 5000 hab)	Z0	LA, PP

Motel	ZO	P P
Estacionamiento para Casas - rodantes.	ZO	P P
Areas recreacionales	ZO	P P
Areas de descanso a un lado - de la carretera.	ZO	P P
Escuelas rurales	ZO	P P
Estaciones de servicio (gasoli - nera).	ZO	P P
Centro Comercial	ZO	P P
Estadio	ZO	P P

1. asumiendo que las condiciones locales requieren una planta de tratamien - to separada por actividad.

Z O = Zanjas de oxidación P P = Planta paquete (tipo apropiado)

L A = Lagunas de aereación L E = Laguna de Estabilización

T S = Tanque Séptico.

3.2. Sitios de Utilización más Conveniente

De los lugares descritos anteriormente con posibilidad de uso - de plantas paquete, unos como proceso recomendado y otros co - mo alternativa podemos observar que casi todos tienen como pro - ceso recomendado zanjas de oxidación el cual requiere de un - área extensa para su funcionamiento que puede llegar a ser de - varios miles de m².

Las cafeterías, iglesias, hospitales, centros comerciales y es - tadios normalmente se encuentran dentro del área urbana, razón por la cual pueden hacer uso de la red de alcantarillado para de - salojar sus aguas servidas, en el caso de que la red de atarjeas del municipio no tenga capacidad para la recepción de dichas -

b/

aguas residuales habrá necesidad de implementar un tratamiento para las aguas negras el cual deberá ser zanja de oxidación - si se cuenta con terreno suficiente y la topografía es conveniente y la estratificación del terreno y la permeabilidad lo permiten, en caso contrario habrá que utilizar planta paquete. Este tipo de casos no es muy usual ya que generalmente el alcantarillado de la ciudad absorbe estos gastos.

Los aeropuertos, campamento (construcción), (verano), campamento (baño común), municipios pequeños, estacionamientos para casas rodantes, áreas de descanso a un lado de la carretera y escuelas rurales casi siempre tienen terreno disponible - (salvo aquellos casos que no lo tengan) y si no existen problemas en la topografía, estratificación de terreno y permeabilidad se utilizarán zanjas de oxidación para el tratamiento de sus aguas residuales, en caso contrario se utilizarán plantas paquete.

En campamentos de 1a. clase y club campestre el principal problema para la instalación de zanjas de oxidación es el alto costo del terreno lo cual hace una gran limitante para este tipo de tratamiento por lo que se recomienda hacer uso de las plantas paquete.

En los hoteles y moteles que están dentro de la ciudad o en el área municipal sus aguas residuales se pueden conectar a la red de atarjeas y cuando no existe capacidad, realizar tratamiento a

base de planta paquete ya que generalmente estan en lugares muy céntricos o comerciales donde el costo del terreno es - muy alto, además, no se permitiría el tener un tratamiento de zanjas de oxidación en dichos lugares.

En los hoteles y moteles que estan situados cerca, o en la orilla de ríos, lagos y mares, donde no exista red de atarjeas municipales las aguas verterán a estos cuerpos receptores, se aconseja el uso de plantas paquete, dada la calidad del efluente requerido ya que generalmente estos cuerpos receptores son - recreativos o grandes polos de atracción turística por lo cual - no es conveniente descargas de malos efluentes ya que afectarían la salud de las personas que utilizan estos centros vacacionales.

Podemos concluir que la utilización de plantas paquete es casi - una necesidad en aquellos lugares donde el alto costo del terreno las hace inevitables además de aquellos lugares donde la topografía es muy accidentada y donde la estratificación y permeabilidad no sean las adecuadas.

4. EVALUACION DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO

4.1. Alternativas de Tratamiento

El tratamiento primario de aguas domésticas o de aguas industriales puede lograrse por diversos procesos que difieren considerablemente en sus necesidades de terreno, equipos mecánicos,

personal especializado, etc. La solución idónea de cada problema en particular depende por lo tanto de las condiciones específicas de cada caso. A fin de permitir una mejor evaluación de los resultados de los trabajos experimentales y de gabinete se considera conveniente presentar una exposición breve de las características, objetivos, restricciones, ventajas por desventajas de las alternativas más comunes de tratamiento primario.

DEFINICION DE ALTERNATIVAS

Las características de las alternativas más comunes de tratamiento son presentadas en forma de resumen en los siguientes párrafos, incluyendo breves descripciones de las variaciones de tratamiento más frecuentemente observadas.

Los siguientes tratamientos deberán ir precedidos de una unidad de pretratamiento que consiste de un canal de llegada, una estructura para medición de caudales, vertedor de demasías, rejillas, desarenador y posiblemente de una estación de bombeo.

TRATAMIENTO CONVENCIONAL

Sistema de tratamiento que incluye por separado los procesos unitarios de sedimentación y digestión de lodos, el primero consiste en un tanque de forma circular o rectangular provisto de un sistema de rastras accionadas mecánicamente a una velocidad que permita la sedimentación de partículas y así mismo

arrastrar dichas partículas (lodos) a una tolva de recolección y mediante carga hidráulica ser desalojados para el envío al segundo proceso a fin de llevar a cabo la digestión de los lodos y hacerlos inócuos.

Las bases de diseño para el proceso de sedimentación son en general: el caudal de aguas residuales, el tiempo de retención, profundidad de pared de agua, tamaño de partículas por remover y eficiencia de remoción. La localización del proceso de sedimentación respecto a zonas habitadas, se recomienda de 100 m como mínimo ya que una posible sobrecarga o suspensión del proceso por fallas electromecánicas podrían presentar olores desagradables.

El segundo proceso del tratamiento convencional consiste en el manejo de digestión de los lodos crudos producidos en el tanque primario; estos lodos pueden ser manejados de diferentes maneras siendo dos de ellas las siguientes:

- a) Tanque cerrado con o sin calentamiento, en el cual se acumulan los lodos producidos en el tanque primario hasta completar su digestión la cual se lleva a cabo anaeróticamente. Este tanque debe tener una capacidad suficiente para almacenar los lodos producidos en largos períodos de tiempo -- (30 a 60 días) además de una capacidad extra para almacenamiento de los gases por espumas que se producen durante la digestión. Los gases son quemados por medio de equi

pos especiales o evacuados libremente al aire. Este tipo de unidad es sumamente costosa debido a que las dimensiones del tanque son generalmente grandes y necesitan en ocasiones equipos de bombeo para evacuar los lodos digeridos, además del equipo (rastras mecánicas) que normalmente es necesario para recolectar en una tolva los lodos digeridos por romper las natas que se forman en la parte superior.

Las bases de diseño del proceso de digestión en un tanque para tal fin son en general: el caudal de aguas residuales, el tiempo de retención, profundidad de almacenamiento de lodos y de gases, la capacidad unitaria y por supuesto la cantidad de lodos por digerir en función de la masa de sólidos removidos en el sedimentador primario, los sólidos volátiles y la concentración de los sólidos en los lodos.

- b) Laguna Anaerobia de digestión. Los lodos que se producen en el tanque primario pueden ser digeridos de una manera más económica en una laguna profunda, la cual presenta la desventaja de estar al aire libre y difundir entonces los olores que se producen en la digestión de los lodos razón por la cual es necesario que se ubiquen a una distancia mínima de 1 km de las zonas habitadas. Para hacer llegar los lodos crudos a la laguna es necesario en ocasiones un bombeo, el cual requiere de equipos especiales y encierra el-

peligro de explosiones en la tubería de conducción de lodos debido a la producción de gases altamente inflamables (metano particularmente).

Las bases de diseño de este proceso son: carga orgánica - de la laguna, la remoción de DBO en el proceso de sedimentación, el gasto del influente, tiempo de retención y la DBO del influente.

PLANTA PAQUETE

El tratamiento primario por medio de planta paquete consiste esencialmente en la integración en una sola unidad de los procesos de sedimentación y de digestión; este tipo de tratamiento requiere de una menor área de terreno por la disposición de los procesos en forma vertical, teniendo en cambio la desventaja de requerir de un volumen mayor de excavación. Las compañías que ofrecen plantas paquete son: Dorr Oliver de México, S.A., Envirotech de México, S.A., Gatz - Fuller de México, S.A.

Los fabricantes de equipo recomiendan una distancia mínima de 100m con respecto a las zonas habitadas para la ubicación de este tipo de unidades y garantizan el buen funcionamiento del equipo y calidad del efluente.

TANQUES IMHOFF

Tratamiento que incluye en un tanque de dos pisos los procesos de sedimentación (en la parte superior) y digestión de lodos (en

la parte inferior , formando con esta disposición dos compartimientos conectados por medio de una abertura en la separación entre ellos). Un deflector, colocado entre ambos compartimientos, desvía el paso hacia abajo de las partículas que se sedimentan desde el compartimiento superior al inferior, pero impide la ascensión de gases al compartimiento de sedimentación, desviando los gases a un compartimiento para espumas desde donde escapan al aire. En si incluye tres cámaras: de sedimentación, de espumas y de digestión. Estas unidades producen a veces malos olores aún cuando se haga funcionar debidamente. También tienen tendencia a estimular la formación de espumas.

Las bases generales de diseño son: la sedimentación es función de la velocidad de escurrimiento, el tiempo de retención y el caudal de aguas a tratar; la de espumas requiere de la mitad de la cámara de digestión y esta última se diseña para períodos de retención de lodos de 6 a 12 meses.

FOSAS SEPTICAS

En zonas rurales, donde los caudales son pequeños, existen terrenos disponibles y permeables y no hay peligro de contaminación de acuíferos un método muy económico de tratamiento de las aguas negras, consiste en la separación de material grueso en una fosa de sedimentación en la cual los tiempos de retención sean altos.

En la fosa séptica es inevitable la producción de olores desagradables recomendándose una distancia de 100 m como mínimo entre ella y las zonas habitadas. El mantenimiento requerido por una fosa séptica es reducido y esporádico ya que solamente requiere de la evacuación del material sedimentado con intervalos considerables de tiempo.

Debido a que el tratamiento que las aguas negras reciben en una fosa séptica es bajo, resulta conveniente dar un tratamiento adicional al efluente de ella ya sea mediante un campo de infiltración o bien en una cámara de oxidación.

- a) El campo de infiltración consta en sí de una red de tubería perforada colocada bajo la superficie de un terreno permeable la cual permita la salida del agua que conduce y su posterior filtración en el terreno hasta su llegada a un manto subterráneo de agua o bien a una tubería de recolección para disponer del efluente a algún cuerpo receptor.
- b) La cámara de oxidación, semejante a un filtro percolador, es una estructura que contiene piedra uniformemente distribuida, en la cual la oxidación de la materia orgánica se efectúa al pasar el agua a través del medio filtrante; este método presenta la desventaja de producir olores desagradables por lo que su ubicación se aconseja a 100 m de las casas más cercanas.

AEREACION EXTENDIDA

Compañías de equipo para tratamiento de aguas recomiendan el proceso de aereación extendida como tratamiento para las - - aguas negras ya que en él se evita por completo el manejo de - lodos que en la mayoría de los casos es molesto e incosteable - y además produce un efluente de calidad más aceptable por la - remoción de casi la totalidad de DBO.

Como desventajas de este tipo de tratamiento, se presentan: - a) las dimensiones requeridas del tanque resultan mayores com - paradas con otras alternativas debido a que se requiere un tiem - po de retención de 24 horas de las aguas residuales y b) el equi - po necesario es muy costoso dada la necesidad de equipo más es - pecializado con capacidad suficiente para mantener en agitación constante el agua negra almacenada en el tanque a fin de oxidar la materia orgánica.

El proceso de aereación extendida en algunos casos se comple - menta con un tanque de sedimentación, posterior al de aerea - ción y mediante equipos de bombeo se recircula el material se - dimentado aumentando con ello la eficiencia del proceso.

LAGUNAS DE ESTABILIZACION

El tratamiento por medio de lagunas de estabilización combina - la separación del material sedimentable y su digestión en una la - guna anaerobia con la oxidación de la materia orgánica disuelta

en una laguna facultativa, este procedimiento es ampliamente usado en los Estados Unidos, en la República Mexicana y en otros países con climas similares. La restricción principal que se objeta a este tipo de tratamiento son sus amplias necesidades de terreno, pero el efluente producido es de calidad aceptable.

La ubicación de este tipo de tratamiento se recomienda a 1 km como mínimo de las zonas habitadas debido a la producción de olores principalmente en las lagunas anaerobias. Dado el gran potencial que tiene la aplicación de este sistema de tratamiento en las condiciones particulares de numerosas comunidades semiurbanas y rurales, sus ventajas, costos y condiciones reales de operación deben ser objeto de una serie de estudios especiales.

ZANJA DE OXIDACION

El principio básico de estas instalaciones es la reproducción artificial del fenómeno natural de autopurificación. Para ello el agua se agita violentamente con un rotor o cepillo formando una corriente en un circuito generalmente elíptico, después de un prolongado período de aereación es posible conseguir un cultivo biológico de lodo activado que estará continuamente en circulación. El dispositivo de agitación trabaja intermitentemente de manera que al parar la agitación tendrá lugar una sedimentación y puede ser extraída agua tratada con una eficiencia si -

milar a las plantas de lodos activados convencional. Una ventaja de este proceso es la mineralización del exceso de lodos que pueden ser llevados directamente a lechos de secado. El lodo mineralizado se extrae periódicamente de una trampa para lodos colocada en la zanja.

De los siete tipos de tratamiento antes descritos, requieren secado de lodos las siguientes descargas:

- a) lodos digeridos en el digestor del tratamiento convencional
- b) lodos digeridos en la sección de digestión de la planta paquete
- c) lodos digeridos en la sección de digestión del tanque Imhoff
- d) lodos producidos en la zanja de oxidación.

El secado de lodos requiere de una unidad al aire libre o de un filtro de vacío (equipo electromecánico muy costoso). Los lodos una vez secados se pueden emplear como relleno de terrenos, etc.

4.2. Restricciones y Objetivos del Tratamiento

Existen diferentes restricciones al tratamiento primario, pudiendo clasificarlas en restricciones físicas y restricciones técnicas. Como restricciones físicas se encuentran, 1. el tamaño del predio requerido por el tipo de tratamiento de que se trate que en algunos casos puede llegar a ser de varias hectáreas, 2. La Topografía del terreno que puede influir de dos maneras diferentes

a) puede llegar a requerirse un bombeo considerable de las aguas negras para hacer llegar éstas a la planta de tratamiento o bien requerir de grandes excavaciones o rellenos en el lugar de ubicación de la planta de tratamiento y b) para determinado tipo de tratamiento (campo de infiltración) una pendiente muy pronunciada del terreno nulifica el efecto deseado del tratamiento de las aguas y, 3. la clasificación o estratificación del terreno puede incrementar las inversiones por concepto de excavación en el caso de material tipo III y en el caso de ser terreno impermeable elimina alternativas de tratamiento tales como campos de infiltración.

Como restricciones técnicas se encuentran: 1. distancia mínima recomendada de la planta de tratamiento a las zonas habitadas, la cual puede variar de 100 m a 1 km dependiendo del tipo de tratamiento primario; 2. calidad del efluente de la planta de tratamiento la cual varía con cada tipo de tratamiento y se fija de acuerdo al uso posterior que se asigne al cuerpo receptor de la descarga; 3. características del cuerpo receptor del efluente de la planta de tratamiento en cuanto a caudales arrastrados y uso posterior de dichos caudales en el caso de ríos o arroyos y profundidad del nivel freático de los acuíferos de la zona en caso de disponer del efluente de la planta de tratamiento por medio de infiltración del terreno natural.

El nuevo Reglamento para la Prevención de la Contaminación de las Aguas estipula que toda nueva descarga doméstica a un

cuerpo receptor de agua debe recibir por lo menos tratamiento primario, es decir remoción de materiales sedimentables - grasas y aceites, materia flotante, y de ser necesario ajustes de temperatura y pH. Las alternativas de tratamiento descritas cumplen ampliamente con los lineamientos estipulados en el Reglamento por lo que a descargas domésticas se refiere.

PARAMETROS DE DISEÑO

Para los sedimentadores primarios el parámetro principal de di seño es la carga hidráulica superficial, que es del orden de - - $33 \text{ m}^3/\text{día}/\text{m}^2$. A partir de este valor y del gasto de aguas ne - gras es posible obtener el área necesaria del sedimentador debien do tener una profundidad (pared de agua) no menor de 2.10 m. Con estas cifras el tiempo de retención resulta del orden de 1.5 a - 2.5 horas.

Las unidades de digestión de lodos son diseñadas en función de la cantidad de lodos producidos en el sedimentador primario lo cual está relacionado con las características de las aguas ne - gras y el tiempo de retención que se les dá a las aguas negras - en el tanque de sedimentación, de la cantidad de gas y espumas que se producen durante la digestión para tanques cerrados y del tiempo necesario de almacenamiento de lodos. Como norma ge neral el volumen total de un tanque de digestión varía entre - 0.085 y 0.111 m^3 por habitante.

En el caso de lagunas de digestión el diseño se hace en base a la carga orgánica superficial cuyo valor debe estar alrededor de 336 g de DBO/dfa/m² y de la carga orgánica llegando a la laguna.

Para plantas paquete la carga hidráulica superficial es generalmente baja alrededor de 24 m³/dfa/m² y tiempos de retención de 3 horas. Su dimensionamiento es también regido por especificaciones de diámetro y longitudes del equipo existente en el mercado.

Las dimensiones de las unidades de aereación extendida y de las fosas sépticas son función de los tiempos de retención que se adapten para las eficiencias deseadas. En el caso de plantas de aereación extendida la práctica más común es fijar un tiempo de retención, para gasto medio de 24 horas, y para fosas sépticas el tiempo mínimo de retención recomendado es de 12 horas. Para campos de infiltración el parámetro principal de diseño es la capacidad de absorción del terreno natural la cual varía en cada caso. Si se construye un filtro de grava y arena en el terreno este valor se estima alrededor de 0.05 m³/dfa/m².

Para lagunas de estabilización el parámetro que rige es la carga orgánica superficial que en el caso de lagunas anaerobias es del orden de 112 g/dfa/m² y para lagunas facultativas de 7 g/dfa/m². A partir de estos valores y de la carga orgánica lle -

gando a las lagunas se dimensionan las unidades de tratamiento correspondiente.

ANALISIS ECONOMICOS

2/ La selección del sistema más económico y técnicamente adecuado para tratar un efluente doméstico e Industrial depende en Términos generales de tres grupos de variables: A) características de las aguas residuales, B) características del proceso de tratamiento en sí, y C) condiciones físicas del terreno disponible para la ubicación de las unidades, costos de e - quipo, mano de obra , energía y condiciones socio-económicas del lugar (capacidad de funcionamiento, disponibilidades de mano de obra etc.)

CONSIDERACIONES TECNICAS

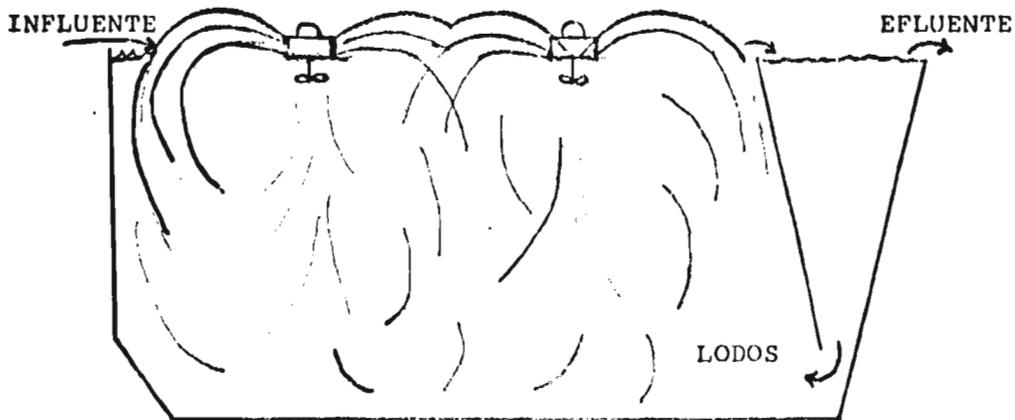
Planta paquete de tratamiento

Puede remover una fracción alta (60 a 80 %) de los sólidos - Sedimentables que se eliminan por medio de las rastras de a - rrastrare de material flotante. Al integrar verticalmente el Sedimentador primario y el digestor se reducen las necesidades de terreno, pero aumenta el costo de las estructuras y hacen casi inevitable el uso de plantas de bombeo. Excepto en los casos en que las disponibilidades de terreno son muy limitadas, o el terreno muy caro, esta alternativa es generalmente más cara que la Sedimentación sin ofrecer atractivos técnicos adicio

nales.

5. COMPARACION DE DIFERENTES TIPOS DE PLANTAS PAQUETE

Haciendo la combinación de la planta paquete con sedimentador y digester integrados en forma vertical y el proceso de aereación extendida nos elimina el digester haciendo nuestra planta de una altura - apropiada y además contar con la ventaja de no necesitar disposición final de lodos lo cual reduce el costo aunque claro está ^{Tiempos de-} retención mayores utilizan mucha energía para la aereación.



Planta paquete (aereación extendida)

A continuación se describen, brevemente los diferentes tipos de plantas paquete existentes en el mercado y protegidos por sus respectivas

ESTABILIZACION POR CONTACTO

Es una modificación al proceso de lodos activados. 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 y adsorben un gran porcentaje de la materia contaminante suspendida, coloidal y disuelta, de las aguas negras. Entonces fluye la mezcla al tanque de sedimentación de donde se separan los lodos y se pasan a un tanque regenerador en el que se estabilizan y regeneran por aereación.

El proceso puede afectarse por cargas repentinas lo cual dará como resultado un mal efluente para los períodos de tiempo en que la planta este sobrecargada.

Existen varias ideas respecto al tipo de operación respecto a las plantas cuando estan sobrecargadas. El proceso de estabilización por contacto trabaja mejor con cargas de diseño hidráulicas y orgánicas. Si una planta recibe una carga alta más que la normal o residuos tóxicos, la zona de aereación o de contacto puede perder su efectividad y alterar el sistema.

FILTROS ROCIADORES

En este caso no está correctamente empleada la palabra "filtro" porque no se efectúa ninguna acción coladora ni filtrante. En realidad un filtro rociador es un dispositivo que pone en contacto las aguas negras sedimentadas con cultivos biológicos. El nombre correcto debería ser

"lechos de oxidación biológica" pero el tiempo y el uso han popularizado el término de filtros rociadores y es el que generalmente se emplea para describir este tipo de unidad.

Los filtros rociadores son unidades resistentes que no se dañan fácilmente por cargas violentas, distinguiéndose por la estabilidad de su funcionamiento y por ser capaces de resistir malos manejos. Como en todas las unidades de tipo biológico la temperatura les afecta; por eso, el clima frío abate la actividad biológica del filtro. Estos filtros ocupan grandes superficies y su construcción es muy costosa.

Por economía, los filtros deben ir precedidos por tanques de sedimentación primaria equipados con colectores de natas, este tratamiento primario antes de los filtros, permite aprovechar al máximo su capacidad haciendo fácilmente sedimentables a los sólidos no sedimentables, coloidales y disueltos, estos sólidos orgánicos en su mayor parte, no son separados de las aguas negras sino que se convierten en integrante de los organismos vivos microscópicos o de la materia orgánica estable que se adhiere temporalmente al medio filtrante, y de la materia inorgánica que sale en el efluente. El material adherido o retenido se desprende eventualmente y es arrastrado por el efluente del filtro. Por esta razón los filtros rociadores deben preceder a tanques de sedimentación secundaria, para eliminar definitivamente los sólidos de las aguas negras.

Un filtro rociador típico, consta de tres partes: a) el lecho o medio filtrante; b) un sistema recolector; c) un mecanismo para distribuir

uniformemente las aguas negras sobre la superficie del filtro.

Como podemos observar ambos procesos de tratamiento resultan inadecuados para nuestro problema en particular ya que el proceso de - Estabilización por contacto se afecta con las cargas repentinas lo cual en el caso que nos ocupa es de suma importancia y los filtros rociadores caen dentro de la limitante que es el terreno ya que requieren grandes superficies y su construcción costosa.

Después de hecho este breve análisis descriptivo y mostrar ventajas y desventajas de los procesos se aconseja que para tratamiento de aguas residuales provenientes de Hoteles de la clase y moteles situados a la orilla de ríos, lagos o mares se haga uso del proceso modificado de - lodos activados llamado " AERACION EXTENDIDA " proceso del cual se hace una descripción muy extensa en otro capítulo de este trabajo.

Cap aparte -

¿cual? es el siguiente?

6. CRITERIOS DE DISEÑO

Proceso

El proceso utilizado es una modificación al proceso de lodos activados convencional y es llamado "aeración extendida".

- El sistema de aeración extendida se desarrolló primero para proveer a las poblaciones con un sistema de bajo costo para el tratamiento de las aguas residuales. El bajo costo inicial y la simplicidad llevó a la creación de las "plantas paquete" usando el principio de aeración extendida, que se ha encontrado, es el tratamiento más conveniente para aislados núcleos de desarrollo.

El término aereación extendida es muy conveniente para denominar a esa variante del proceso de los lodos activados con cargas de DBO bajas y con un mínimo de exceso de sólidos. También ha sido referido como un proceso de oxidación total y como un proceso de digestión aeróbica, aunque ninguno de estos dos últimos nombres describe convenientemente el proceso. En realidad no se lleva a cabo una oxidación total o eliminación del exceso de lodos producidos y el término - digestión aerobia es usado más convenientemente para la digestión de lodos con aereación, la cual tiene la misma función que la digestión anaerobia en las plantas de tratamiento.

En el corto tiempo en que se ha usado el proceso de aereación extendida, ha sufrido cambios considerables tanto en su adaptación física como en su diseño. La idea original de que no iban a producirse exceso de lodos, no resulto ser verdadera y ahora se tiene que los lodos biológicos pueden ser controlados y periódicamente desechados del sistema, o purgarse dentro del sistema lo que provoca una contaminación del efluente. Esta última alternativa es la menos conveniente.

El proceso de lodos activados depende de un grupo de microorganismos principalmente bacterias y protozoarios, que viven de los sólidos de las aguas negras las cuales constituyen el medio que se va a purificar.

Los organismos se mantienen en un ambiente aerobio mediante la introducción de aire a una mezcla de lodos activados y aguas de desecho después de lo cual los lodos activados son separados por sedimentación.

La eficiencia de la sedimentación depende en gran parte del peso y densidad de los lodos creados.

Se ha establecido que la eficiencia del proceso biológico de tratamiento medido por la remoción de DBO, depende directamente de la relación por cociente del peso de los lodos biológicamente activos en el sistema de tratamiento a la DBO aplicada. Una expresión racional de la carga aplicada al sistema es entonces la razón F/M , razón de alimento a microorganismos expresada como kg de DBO por kg de lodos biológicamente activos por día. Los sólidos suspendidos son una medida conveniente de los lodos activados, así la carga en una planta - paquete de aereación extendida está racionalmente expresada como kg de DBO/kg de sólidos suspendidos en el licor mezclado por 24 horas.

El proceso convencional de lodos activados usa una relación F/M que varía de 0.3 a 0.5 con un período de aereación de aproximadamente 6 horas. Los sólidos biológicos resultantes no están completamente oxidados, no son estables y tienen que ser dispuestos por medios extraños al proceso de tratamiento. Con una razón F/M de 0.15 a 0.20 y 24 horas de aereación ocurre una digestión aerobia de los sólidos. La combinación de lodos activados convencionales más la digestión aerobia suministra las bases para el término "aereación extendida".

El diseño inicial se basa en el uso de 24 horas de aereación seguida de 4 horas de sedimentación con reciclo continuo de lodos y sin descarga de éstos. No hay tratamiento primario, excepto trituración y la alimentación de la planta puede ser continua o intermitente. Sin descarga

de lodos se tienen concentraciones de sólidos suspendidos en el licor mezclado de 5000 a 2000 mg/l donde se alcanza el equilibrio. La eficiencia de remoción de DBO generalmente no fue mayor al 90%, con lo que los efluentes presentan una considerable turbiedad. Los requerimientos de aire para este proceso, son generalmente el doble de lo usado en el proceso convencional. Se especifican en muchos estados de U.S.A. 1060m^3 de aire por kg de DBO aplicada para diseño.

SINTESIS DE LODOS

Originalmente cuando la aereación extendida era estudiada por los investigadores, pensaron que reduciendo la carga de DBO y aumentando el tiempo de aereación debía ser posible eliminar completamente la producción de exceso de lodos activados y llamaron de hecho a tal sistema "oxidación total". Posteriores investigaciones empleando radioisótopos, han mostrado que no es posible eliminar completamente la producción de exceso de lodos activados, debido a que el metabolismo normal del lodo activado, produce cierta cantidad de sólidos biológicamente inertes y que no es práctico lograr la oxidación total de los lodos. Desde entonces, el término "aereación extendida" se ha hecho más popular. Actualmente el sistema describe una extensa estabilización de los lodos por medio de la aereación. En cualquier sistema de lodos activados, el exceso de lodo producido puede expresarse así:

$$\text{Exceso de lodos} = \text{sólidos sintetizados} - \text{sólidos oxidados por la respiración endógena.}$$

que puede también expresarse como:

Exceso de lodos = $a \times \text{DBO retirada} - b \times \text{SSVLM}$ en el sistema donde a y b son constantes que dependen de la temperatura del medio, composición del substrato y del tiempo de retención de los sólidos en el sistema. Las constantes a y b de cada sistema pueden determinarse experimentalmente y así calcular la cantidad de lodo por extraer o purgar (que constituye un parámetro muy importante). Para un substrato dado y a cierta temperatura, el crecimiento neto de sólidos por unidad de materia orgánica retirada disminuye al aumentar la edad del lodo (tiempo de retención de sólidos). La ganancia neta de sólidos (exceso de lodos) es máxima para procesos de lodos activados de alta tasa, mediana para el proceso convencional y mínima para el proceso de aereación extendida, como se muestra en la fig. 1.

EXTRACCION DE EXCESO DE LODOS

En los procesos de lodos activados hay una ganancia neta de sólidos que deben extraerse del sistema. Si se extiende, se deterioran sus propiedades de sedimentabilidad y escapan en el efluente, aún cuando excedan los límites aceptables, no ejercen gran demanda del oxígeno disuelto DBO en la corriente receptora, ya que se encuentran estabilizados.

Al incrementar el porcentaje de extracción de exceso de lodos, se aumenta la porción degradable de el lodo y la DBO de los sólidos, como se muestra en la figura 2. . Aquí podemos ver que es ventajoso extraer un porcentaje mínimo de lodo, cuando se trata de minimizar el tratamiento posterior de los sólidos.

PROPORCIÓN DE RETORNO DE LODO

La tasa de retorno o reciclado de los lodos activados, depende principalmente de la concentración de SSVLM que debe mantenerse en los tanques aereadores, el índice volumétrico de lodos y la eficiencia del tanque sedimentador. La producción de denitrificación en los tanques sedimentadores puede dar como resultado la flotación de lodos (sludge rafts) debido a la producción de burbujas de gas, que se adhieren o quedan atrapadas en las partículas de lodo. Esto tendrá como resultado que salgan sólidos con el efluente y se deteriore la calidad de este último.

Una comparación de varios parámetros, criterios de diseño y el comportamiento esperado en los tres tipos de proceso de lodos activados, cubriendo el rango completo de relaciones F/m se muestran en la Tabla I.

SELECCION DE LAS CONDICIONES DE DISEÑO

Aquí se consideran las limitaciones y restricciones para determinar las condiciones del proceso de lodos activados con aeración extendida. *¿Contribucido?*

- Eficiencia de remoción de DBO. Se alcanza un mínimo de 95% cuando se tiene un control adecuado de lodos y desechos. Con un control diario eficiente en la operación de la planta se pueden alcanzar eficiencias de 96% o más.
- Remoción de DBO en el tratamiento primario. La aeración extendida no utiliza el tratamiento primario, excepto trituración o

rejillas, con los cuales no se alcanzan remociones significantes de DBO. La DBO del agua residual cruda, es la misma - DBO de la aereación.

- Carga de DBO. Usar 0.03 lb DBO/lb SSLM/día para desechos - domésticos y para otras aguas residuales a temperatura ambiental alrededor de 70 °F .
- Flujo de diseño. Usar el flujo promedio cuando las aguas residuales son de flujo continuo. Para flujos intermitentes se sugiere - el uso de la siguiente ecuación

$$\frac{Q_d}{H_r} \times \text{lb} = \text{gpd (flujo de diseño)}$$

donde: Qd = flujo diario

Hr = Número de horas en las cuales se reciben las aguas.

- Tiempo de retención para la aereación. Al no haber en nuestro - país regularizaciones estatales al respecto, el tiempo mínimo - admisible será de 12 horas.
- Concentración de sólidos suspendidos del licor mezclado. El límite inferior es de 1000 mg/l, el superior de 8000 mg/l a temperatura ambiente. El tiempo de retención de aereación puede ajustarse para mantener esos límites.
- Aereación de los sólidos suspendidos del licor mezclado. Considerar 80% de los SSLM bajo aereación y el 20% en el clarificador - final a cualquier tiempo.
- Nutrientes. Los desechos domésticos no requieren alimentación adicional de nutrientes. Los requerimientos teóricos son de 1 parte

te de nitrógeno por cada 600 partes de DBO removida. Si el N y el P están disponibles en el agua cruda se puede usar cantidades más pequeñas.

- Requerimientos de oxígeno. Usar 1.8 lb de O₂ por cada libra de DBO aplicada a temperatura ambiente.
- Exceso de lodos biológicos. Usar 0.15 lb de lodos producidos por cada libra de DBO removida.
- Flujo de recirculación de lodos. Usar de 50-100% del flujo de agua residual cruda.

Volumen del Tanque de Aereación, Geometría, Tamaño.

El volumen será calculado con la información descrita en la selección de las condiciones de diseño. La geometría o forma dependerá de los materiales de construcción (concreto, fierro, tierra, etc.) y del diágrama de flujo empleado. El tamaño dependerá del equipo de aerea - ción usado.

La aereación extendida usa únicamente un diágrama de flujo similar - al diágrama de flujo estandar usado en el tratamiento convencional, - pero sin sedimentador primario. La fig. 3 muestra el arreglo reco - mendado.

Las plantas pequeñas frecuentemente emplean muros de construcción comunes para las unidades de aereación y clarificación. Si se propor - ciona suficiente pendiente en el suelo no se necesitan mecanismos en los compartimientos de sedimentación.

Para todos los tamaños de plantas, es importante proporcionar un método positivo para retornar los lodos a la aereación y para desecharlos. Mientras exista un nivel alto de aire se utiliza, únicamente una bomba. Se requiere como mínimo un tanque de almacenamiento de lodos para la descarga de los lodos biológicos. El tamaño del tanque de almacenamiento generalmente es de 7 a 30 litros por persona, en las grandes plantas se puede usar económicamente unidades separadas de aereación y clarificación. Las unidades de sedimentación mayores de 3 metros deben tener mecanismos.

OPERACION

- 1) pasar por rejillas y cortador antes del tanque de aereación dependiendo de los desechos.
- 2) pantalla para evitar pérdidas de sólidos flotantes en el efluente.
- 3) la escoria flotante debe ser removida manualmente (desnatación) o también automáticamente mediante mecanismos para su remoción.
- 4) si la espuma que se forma causa problemas, es posible aplicar agua tratada del efluente filtrado, mediante chiflones de dispersión o aspersores.

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE UNA PLANTA PAQUETE POR AEREACION EXTENDIDA.

- 1) Comprobar que la energía suministrada a la unidad, a las bombas y los motores sea la requerida.
- 2) Engrasar y aceitar el equipo, limpiar los filtros de aire, verifi

car válvulas de seguridad (alivio de presión) tomando en cuenta las recomendaciones de los fabricantes.

- 3) Lavar los pasillos, escaleras y zonas de acceso donde salpiquen el contenido de los tanques.
- 4) Revisar las bombas y las tuberías de recirculación para que no se obstruyan.
- 5) Tener en buen estado los desnatadores.
- 6) Llevar a cabo procedimientos y pruebas de laboratorio y ajustar la operación de acuerdo a dichas pruebas.
- 7) Si existe desinfección (cloración) en el efluente asegurarse que el abastecimiento del desinfectante es adecuado y que el dispositivo de dosificación esta operando correctamente.
- 8) Raspar o limpiar las paredes de la tolva del clarificador cuando menos una vez al día.

Generalmente se necesita una hora hombre por día para conservar las plantas de aereación extendida a su máxima eficiencia.

El período inicial de un sistema de aereación extendida depende de que las cargas de DBO y los gastos reales sean los de diseño.

Se requieren de 30 a 50 días para alcanzar la concentración apropiada de sólidos suspendidos volátiles en el licor mezclado para que la eficiencia máxima sea constante.

Aún cuando se recomienda una concentración mínima de 2500 mg/l de SSLM algunas veces es posible operar abajo de esa concentraciones con

una eficiencia razonable durante las primeras etapas de una planta -
que es operada por debajo de la capacidad de diseño.

La experiencia nos indica que bajo condiciones de diseño, la meta a
alcanzar debe ser una concentración de 4000 mg/l.

DISEÑO " A TENSION"

Este diseño permite una instalación rápida de las unidades reforzadas prefabricadas de concreto, tales como secciones de muros y losas para piso combinadas con vigas de remate para los muros y vigas para andadores o pasillos.

Las secciones de muro son prefabricadas con una profundidad adecuada y ranuradas en ambos lados. Se utiliza una cuña unión de acero para sujetar el remate de pared insertandola en cada agujero del mencionado remate, efectuando al mismo tiempo la unión de 2 secciones colindantes, poniendo después una lechada de cemento dentro de las ranuras para terminar la estructura.

Las vigas de andadores o pasillos también se unen a la estructura formando una masa sólida, unas partes de estas vigas están ahuecadas para recibir la cuña de acero.

VENTAJAS DE ESTE TIPO DE PLANTAS

- Libres de olores
- Ahorro de 50% en tiempo de instalación
- Ahorro de 20 a 50% en costos de operación
- En ampliaciones reduce el costo inicial
- Se pueden instalar y poner a funcionar de 4 a 8 semanas después de la aprobación del proyecto, dependiendo del tamaño.
- Bajo el terreno y sobre este, instalaciones agradables.

- Cumple con los requisitos de control de contaminación.
- Eficiencia de 94% o más en remoción de DBO
- Los tamaños varían de 57m³/día a 3785m³/día
- Servicio de mantenimiento disponible por parte del fabricante.
- Garantía en el equipo mecánico
- Automatizada para darle el mínimo de atención.

TANQUES DE ACERO

Para este caso se descartarán los tanques de acero por las siguientes razones:

1. Están expuestos a la corrosión.
2. Debe ponerse pintura o reemplazarlo cuando sea necesario.
3. Necesita protección anódica.
4. Grandes problemas para transportarlo cuando es de gran capacidad.
5. Mayor costo que el concreto.

VENTAJAS DE LAS UNIDADES PREFABRICADAS DE CONCRETO

- Costo de 15 a 20% menor que el acero, y las hechas de concreto en el lugar.
- Largo tiempo de duración, no se enmohecen.
- Resistencia, 352 kg/cm².
- Diseño modular rígido.

- Preesforzadas para que esté libre de grietas la estructura.
- Forma rectangular, requiere menor espacio que los circulares.
- Ampliación, diseño constructivo de unidades adicionales simplificadas.
- Se usan para almacenar líquidos o materiales secos.

CALCULO DEL TIEMPO DE RESIDENCIA PARA UNIDADES DE AEREACION EXTENDIDA.

El periodo de retención requerido para la remoción de DBO es más corto que para la autooxidación de los lodos, el volumen del aereador es controlado por la velocidad de oxidación de los lodos.

El procedimiento de diseño para aereación extendida está basado en $aSrQ = bXv, aV$, la cual deberá ser modificada antes de su aplicación, el miembro de la izquierda presupone que los lodos formados ($aSrQ$) son biodegradables. Experimentos realizados indican que aproximadamente 77% de los lodos producidos son biodegradables, el restante 23% comprende células no biodegradables; por lo tanto el miembro de la izquierda será:

$$aSrQ = bXv, aV \text{ -----(A)}$$

$$a_0SrQ = f_aSrQ \text{ -----(B)}$$

$$a_0 = f_a$$

donde:

$$a_0, \text{ kg. de SSVLM biodegradables producidos} \\ \text{kg. de DBO}_5 \text{ total removido de } f_a$$

$$f, \frac{\text{kg. de SSVLM biodegradables producidos}}{\text{kg. de SSVLM totales producidos}} \approx 0.77$$

$$a, \frac{\text{kg. SSVLM totales producidos}}{\text{kg. DBQ}_5 \text{ totales removidos}}$$

En el miembro de la derecha la concentración de SSVLM corresponde al lodo biodegradable ésto es X_v , a será sustituida por $fX_{v,a}$ (mg/l de lodo biodegradable). El parámetro b representa la fracción total de SSVLM oxidado por $d_f a$.

$$b, \frac{\text{kg. SSVLM oxidados}/d_f a}{\text{kg. SSVLM totales en el reactor.}}$$

Definiendo b_o referido a kg. de lodo biodegradable

$$b_o, \frac{\text{kg. SSVLM oxidados}/d_f a}{\text{kg. SSVLM biodegradables en el reactor}}$$

La relación entre b_o y b es:

$$b_o, \frac{\text{kg. SSVLM oxidados}/d_f a}{f \text{ kg. SSVLM totales en el reactor.}} = \frac{b}{f}$$

Sustituyendo b y X_v, a por b_o y $fX_{v,a}$ respectivamente

$$b_o (fX_{v,a}) V = \frac{b}{f} (f X_{v,a}) V = bX_{v,a}V \text{----- (C)}$$

Por tanto el miembro de la derecha de la ecuación (A) 'no cambia. Consecuentemente la modificación a la ecuación (A) se obtiene de las ecuaciones (B) y (C).

$$f a S_r Q = a_o S_r Q = b X_{v,a} V$$

El tiempo de residencia estará dado por la ecuación:

$$t = \frac{V}{Q} = \frac{a_0 S_r}{bX_{v,a}} = \frac{f a S_r}{bX_{v,a}} = \frac{(f a) (S_o - S_e)}{bX_{v,a}} \text{ -----(D)}$$

Conviene escribir la ecuación en términos de DBO para el agua cruda, S_F . Si en la ecuación (D) $(S_o - S_e)$ es sustituido por $(S_F - S_e) / (1 + r)$ obtendremos:

$$t = \frac{(f a) (S_F - S_e)}{(bX_{v,a})(1 + r)} \quad \text{donde } f \approx 0.77$$

Razón de recirculación r

Considerando $r = \frac{Q_F X_{v,a} - \Delta X_v - Q_F X_{v,F}}{Q_F (X_{v,u} - X_{v,a})}$ y haciendo $X_{v,F} \approx 0$

tenemos:

$$r = \frac{Q_F X_{v,a} - \Delta X_v}{Q_F (X_{v,u} - X_{v,a})}$$

para aereación extendida el desperdicio ΔX_v corresponde a las células no biodegradables que son aproximadamente 23% de los lodos formados.

$\Delta X_v = 0.23 a (S_o - S_e) Q$ - pérdidas en el efluente, eliminando las pérdidas en el efluente de esta ecuación y sustituyendo ΔX_v en la anterior por su valor tenemos:

$$r = \frac{Q_F X_{v,a} - 0.23 a (S_o - S_e) Q}{Q_F X_{v,u} - X_{v,a}}$$

sustituyendo $Q = Q_F + Q_R$ y $(S_o - S_e) = (S_F - S_e) / (1 + r)$
 $= Q_F (1 + r)$

tenemos:

$$r = \frac{QF X_{v,a} - \left[0.23 a (SF - Se) / (1 + r) \right] [QF + QR]}{QF X_{v,u} - X_{v,a}}$$

$$r = \frac{QF X_{v,a} - 0.23 a \frac{(SF - Se)}{1 + r} QF (1 + r)}{QF X_{v,u} - X_{v,a}}$$

$$r = \frac{X_{v,a} - 0.23 a (SF - Se)}{X_{v,u} - X_{v,a}}$$

Volumen del reactor.

Sustituyendo el tiempo de residencia en $V=QT = QF (1 + r) t$

por el valor dado en la ecuación (D).

$$V = QF (1 + r) t$$

$$V = QF (1 + r) \frac{fa (SF - Se)}{bX_{v,a} (1 + r)}$$

$$V = \frac{QF fa (SF - Se)}{bX_{v,a}}$$

COMPARACION DE LOS PROCESOS LODOS ACTIVADOS CONVENCIONAL Y AERACION EXTENDIDA.

CARACTERISTICAS	Lodos activados	Aeración extendida
Proporción de alimento a microorganismo. $\left(\frac{\text{Kg DBO}_5}{\text{día}} \right) (\text{Kg SSVLM})$	0.3 - 0.7	0.10 - 0.25
Concentración SSVLM en el reactor (mg/l)	2000 - 4000	3500 - 5000

CARACTERISTICAS	Lodos activados	Aereación extendida
Eficiencia de remoción de DBO ₅ (% incluidas ambas soluble y suspendida).	90 - 95	85 - 98
Características del efluente DBO ₅ soluble (mg/l)	10 - 20	10 - 20
DBO ₅ total (suspendidos + coloi- dales + soluble) (mg/l)	15 - 25	20 - 40
Sólidos suspendidos (mg/l)	< 20	< 70
Producción de lodos (Kg/Kg DBO ₅ removida)	≈ 0.03	≈ 0.01
Requerimientos de oxígeno (como % DBO ₅ removida)	90 - 95	120

Ejemplo de aereación extendida.

Q_F , gasto del influente

S_F , DBO soluble del agua del influente

S_e , DBO soluble total en el efluente

$X_{v,a}$, concentración de SSVLM en el reactor

$X_{v,u}$, concentración de SSVLM en el clarificador (recirculación)

RrV , oxígeno utilizado por día por unidad de volumen del reactor

a, b, a', b' , constantes de diseño (basadas en experimentación)

A. DATOS

$$S_F = 240 \text{ mg/l} \quad X_{v,a} = 3500 \text{ mg/l}$$

$$S_e = 24 \text{ mg/l} \quad X_{v,u} = 10000 \text{ mg/l}$$

$$a = 0.73 \quad b = 0.040 \quad a' = 0.052 \quad b' = 0.106$$

B. GASTOS

1. Población = 192 habs.

Dotación = 300 l/h/día

Coefficiente de retorno = 75%

$$Q \text{ medio} = \frac{\text{Población} \times \text{Dotación} \times \text{Coeficiente de retorno}}{86400 \text{ seg/día}}$$

$$Q \text{ medio} = \frac{(192 \text{ habs}) (300 \text{ l/h/día}) (0.75)}{86400 \text{ s/día}} = 0.5 \text{ l/s}$$

2. Población = 384 habs.

$$Q \text{ medio} = \frac{(384) (300) (0.75)}{86400} = 1 \text{ l/s}$$

C. CALCULO

$$Q = 1 \text{ l/s} \quad Q = 1 \text{ l/s} \times 86400 \text{ seg/día} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}}$$

$$Q_F = 86.4 \text{ m}^3/\text{día}$$

En base a las fórmulas anotadas anteriormente encontraremos: razón de recirculación, tiempo de residencia, DBO

gasto, relación $\frac{\text{alimento}}{\text{microorganismo}}$ Volúmen del reactor, requerimientos

de oxígeno.

Solución.

$$\text{a) } r = \frac{X_{v,a} - 0.23 a (S_F - S_e)}{X_{v,u} - X_{v,a}}$$

$$r = \frac{3500 - (0.23)(0.73)(240 - 24)}{10000 - 3500} = 0.5329$$

$$\text{b) } t = \frac{fa(S_F - S_e)}{bX_{v,a}(1+r)} \quad f \approx 0.77$$

$$t = \frac{(0.77)(0.73)(240 - 24)}{(0.040)(3500)(1 + 0.5329)} = 0.5658 \text{ días} = 13.579 \text{ horas.}$$

c)

$$S_o = \frac{S_F + rS_e}{1+r} = \frac{240 + (0.5329)(24)}{1 + 0.5329} = 164.91 \text{ mg/l}$$

$$\text{d) } Q = Q_F (1+r)$$

$$Q = (86.4)(1 + 0.5329) = 132.44 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$e) \quad F/M = \frac{S_o}{X_{v,at}} = \frac{164.91}{(3500)(0.5658)} = 0.08328 \text{ dfa}^{-1}$$

$$f) \quad V = Qt$$

$$V = (132.44 \text{ m}^3/\text{dfa}) (0.5658 \text{ dfa}) = 74.93 \text{ m}^3$$

$$g) \quad RrV = a' (S_o - S_e) Q + b' X_{v,a} V$$

$$RrV = (0.052) (164.91 - 24)(132.44) + (0.106)(3500)(74.93)$$

$$RrV = 28769.46 \text{ g/dfa} = 28.77 \text{ kg/dfa}$$

h) Clarificador

$$Q = 132.44 \text{ m}^3/\text{dfa} \quad \text{tr recomendado} = 4 \text{ horas} = 0.167 \text{ dfa}$$

$$V = Qt = (132.44) (0.167) = 22.12 \text{ m}^3$$

El tiempo de residencia en la tolva será 1/8 de la razón de recirculación.

$$\frac{r}{8} = \frac{0.5329}{8} = 0.0666$$

$$\text{Vol. de tolva, } Q = Vt = (22.12) (0.0666) = 1.47 \text{ m}^3$$

7.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.-

De la discusión anterior, se desprende que el proceso de lodos activados puede ajustarse a trabajar en una variedad de condiciones dependiendo de la calidad requerida en el efluente. La clave del proceso es la relación F/M. La aereación extendida es una modificación del proceso de lodos activados que funciona a relaciones F/M bajas y que es capaz de producir un efluente - claro y muy poco exceso de lodos.

Los sistemas de aereación extendida, debido a su sencillez en equipo mecánico, puede operarse y mantenerse facilmente y es realmente adecuada para poblaciones y colonias aisladas en el - país. Debido a la ausencia de tanques sedimentadores primarios y a digestores de lodos, los sistemas de aereación extendida son mucho más económicos en costos iniciales. Estas plantas producen muy poco lodo que necesite extraerse y disponerse. Este lodo que se encuentra bastante estabilizado puede enlagunarse o de sa g u l a r s e sin producir condiciones desagradables o molestas. Estos lodos requieren más tiempo de aereación y oxígeno para estabilizarse. Los costos por energía o potencia para hacer funcionar una planta de aereación extendida son algo mayores que para el proceso convencional u otras modificaciones de PLA, pero son compensados por el más bajo costo capital y poco personal necesario para su mantenimiento.

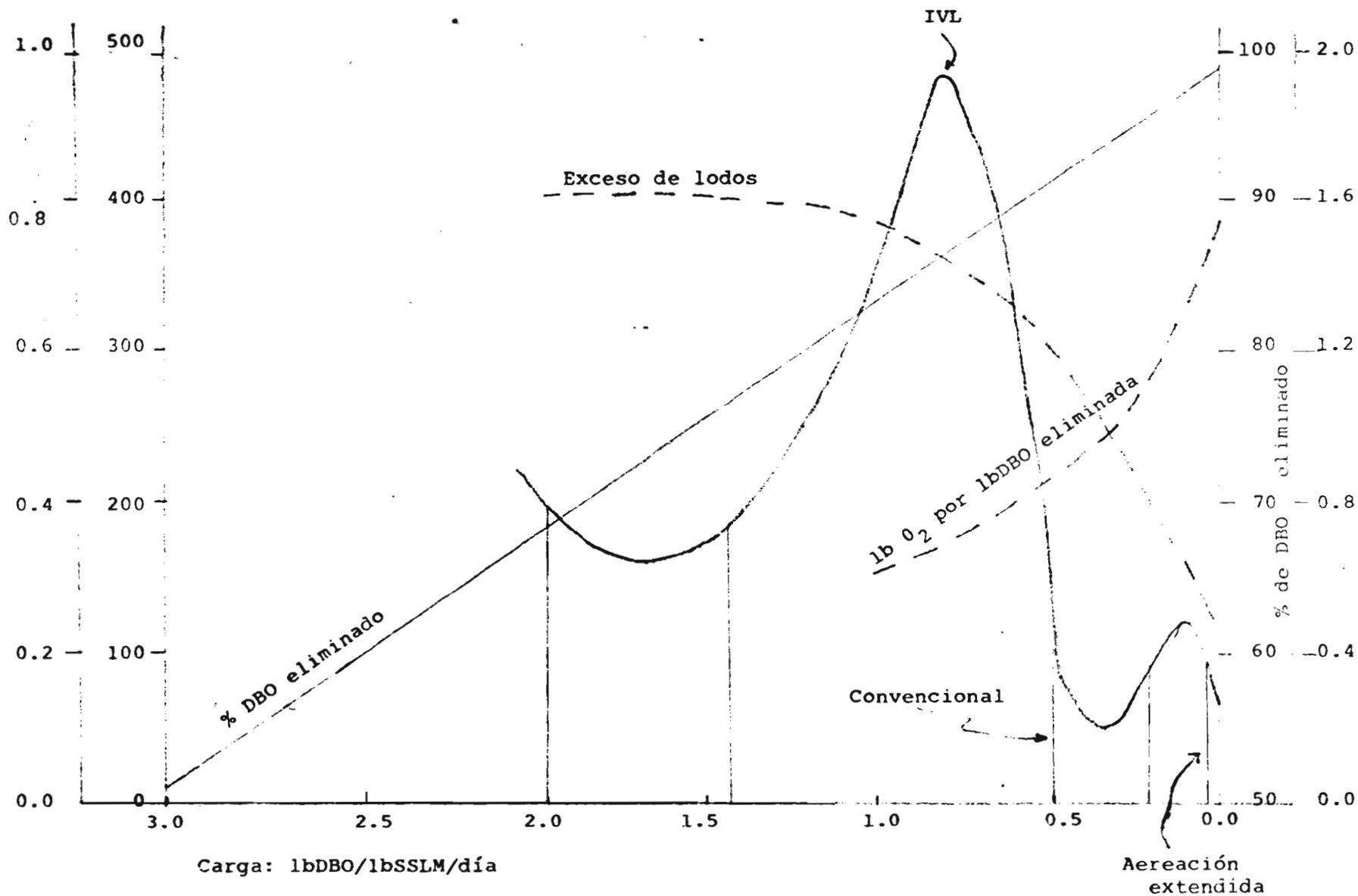


Fig. 1 Comportamiento del proceso de lodos activados bajo diversas cargas

IVL índice volumétrico de lodos

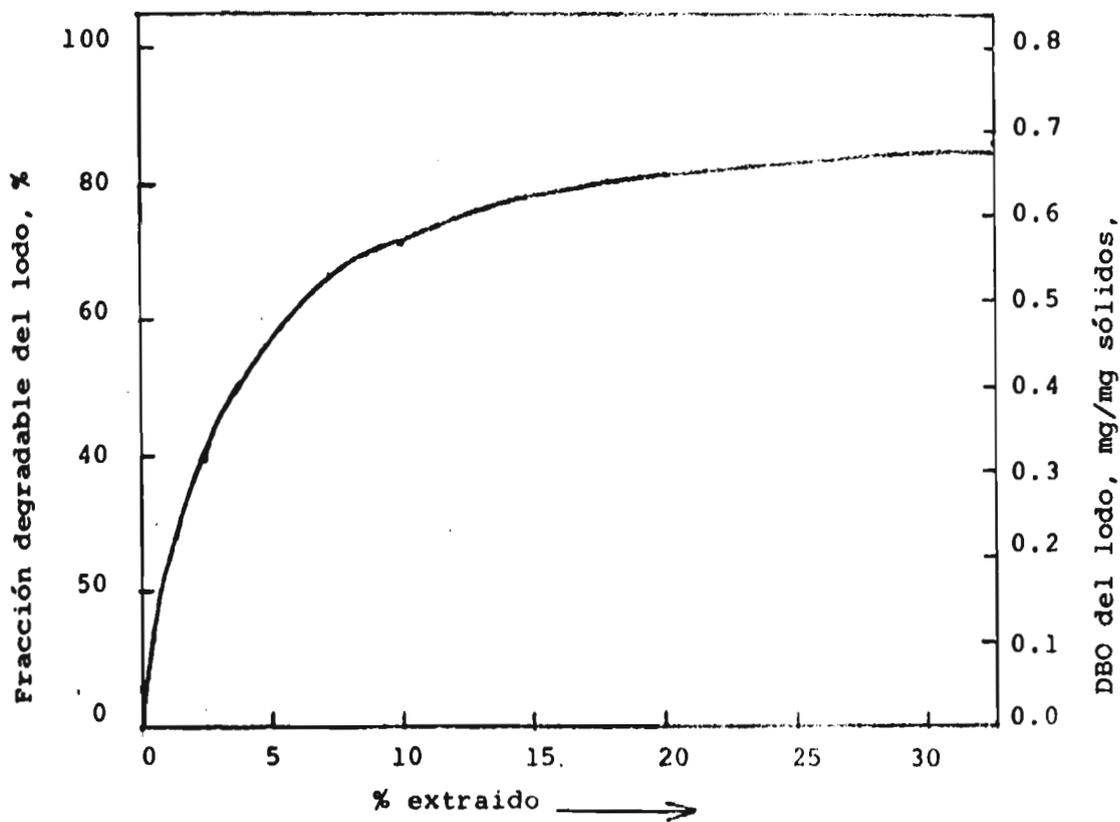


Fig. 2.- Efecto de la extracción de los excesos de lodos, sobre la DBO y la actividad del lodo.

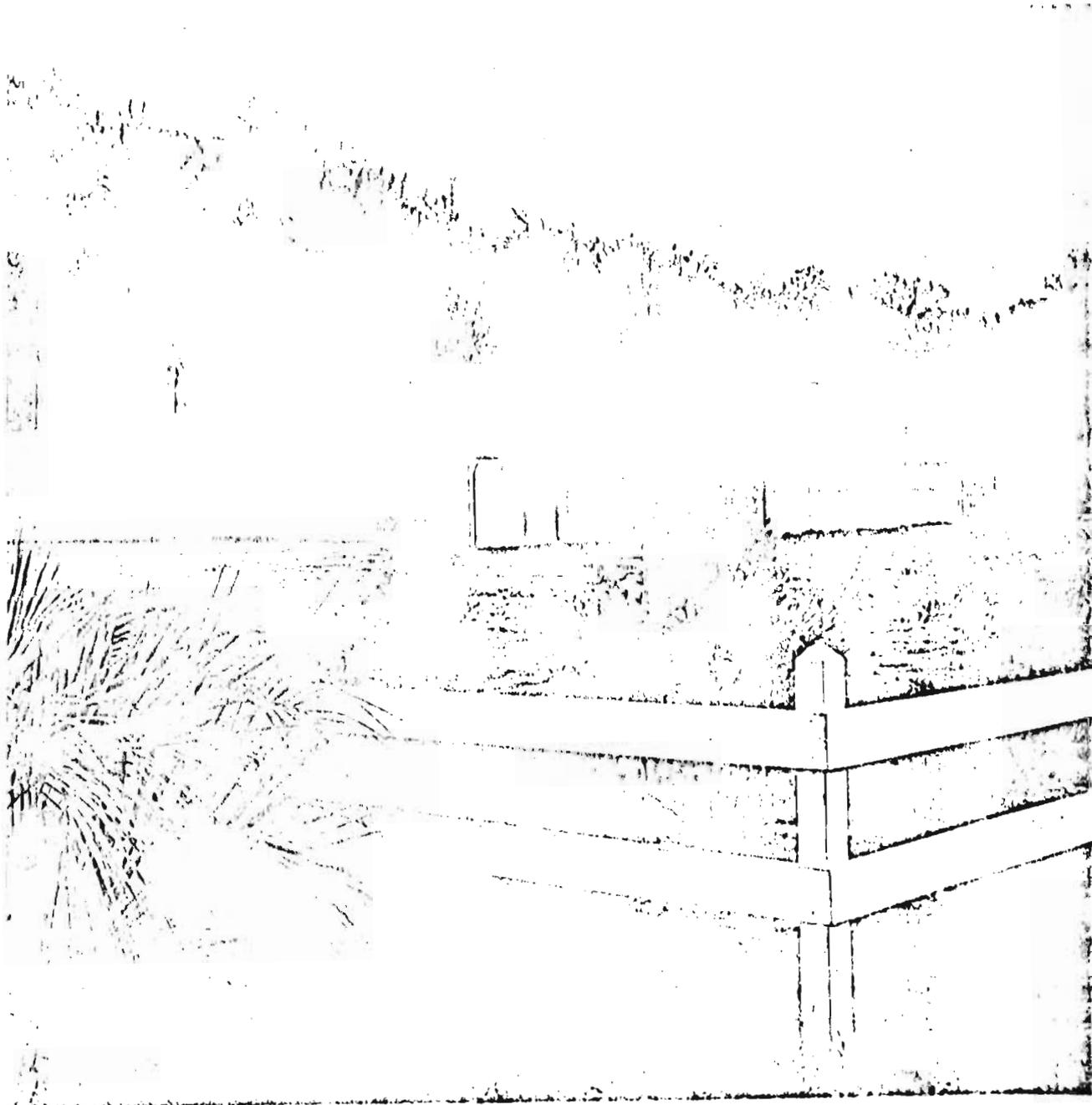


Fig. 3 PROCESO DE AEREACION EXTENDIDA

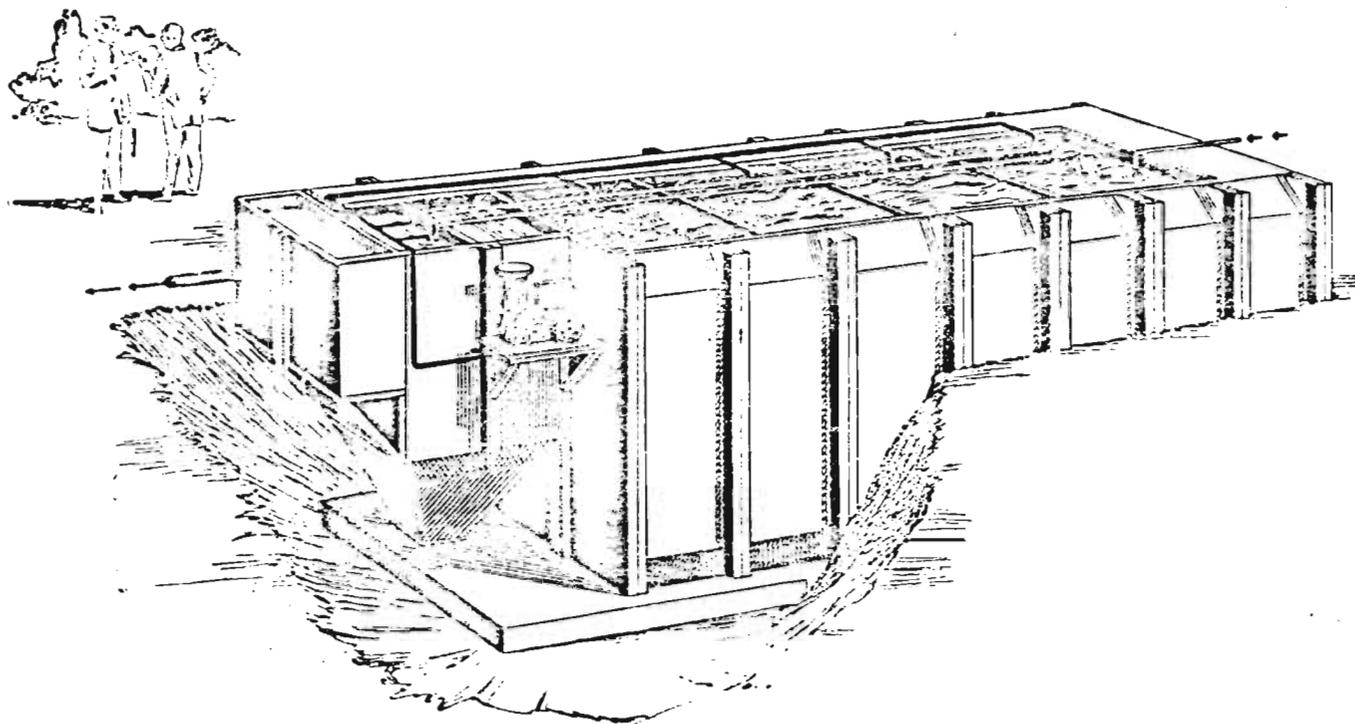
T A B L A I COMPARACION DE CARGAS Y COMPORTAMIENTO DEL
 PROCESO DE LODOS ACTIVADOS A DIVERSAS RELACIONES DE SUBSTRATO - MICROORGANISMOS.

Tipo de PLA	F/M	Tiempo retención (horas)	SSIM promedio mg/l	Carga Orgánica lbDBO por lb SSIM por día.	IVL.	Edad del lodo (día)	Eficiencia % DBO eli- minado.	Producción de excesos de lodo lb /lb DBO — destruidas	Requer- to de no/lb elimin
ALTA TASA	ALTA	2-3	500	1.5	150		60		
			a	a	a	L3	a	0.75	0.45
			1000	2.0	200		75		
CONVEN- CIONAL	MEDIA	6-9	2000	0.3	70	3	90		
			a	a	a	a	a		
			2500	0.7	150	30	95+	0.55	0.80
AERA- CION EXTEN- SIVA.	BAJA	12-72	4000	0.05	50	30	95		1.3
			a	a	a	6	a	0.10	a
			6000	0.20	110	más	98		1.8

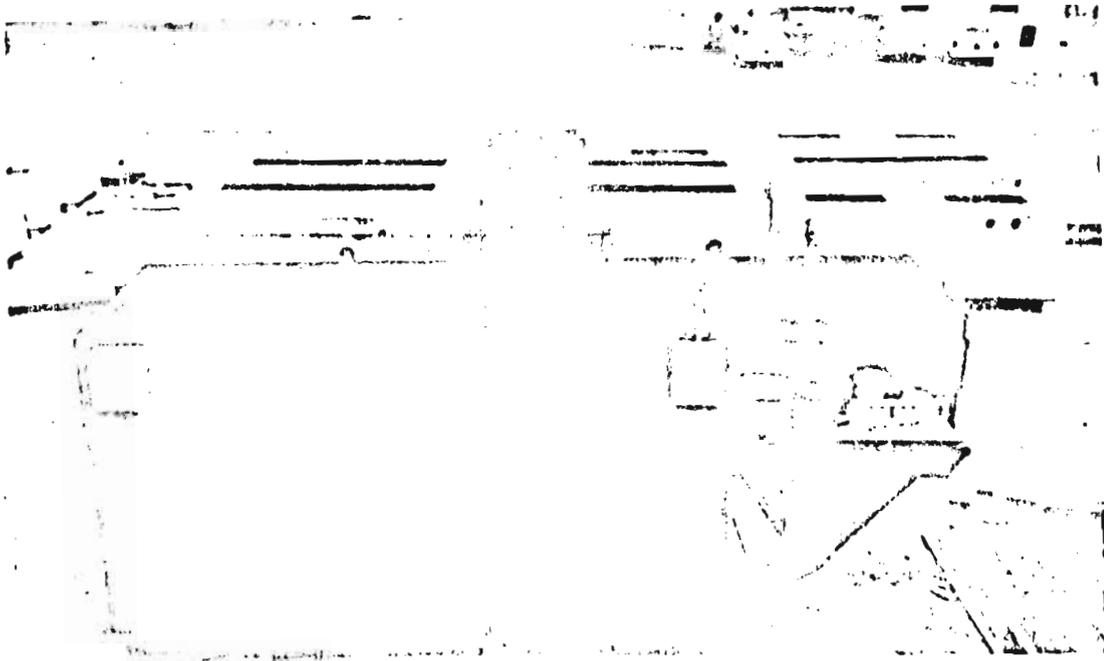
2
1



PLANTA PAQUETE PARA TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS YA INSTALADA

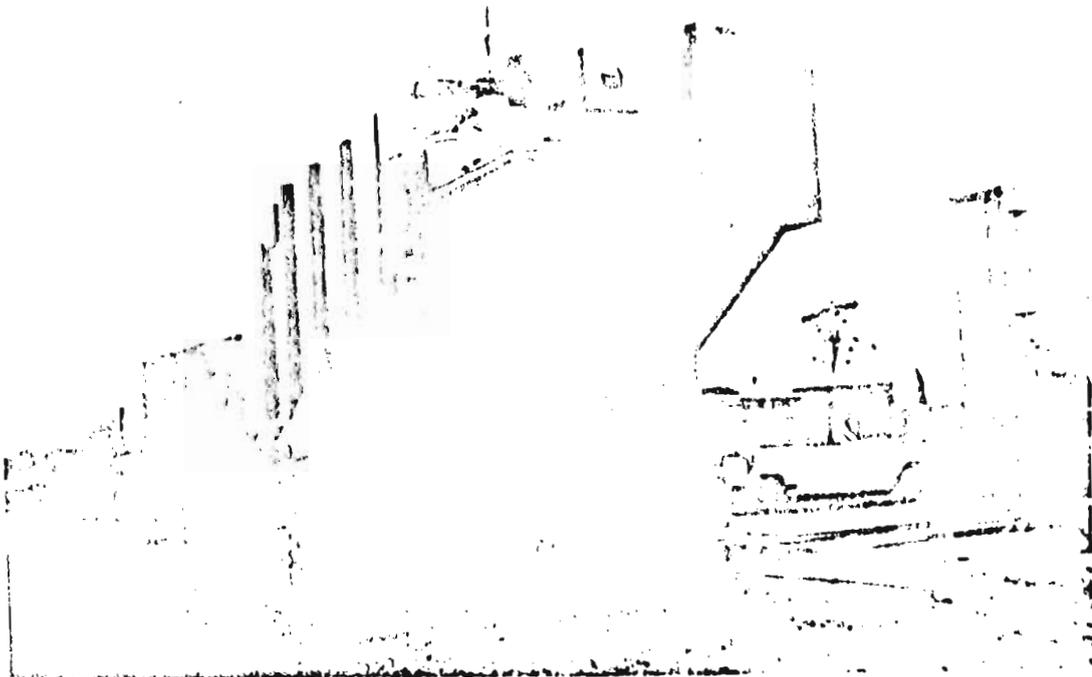


FORMA DE COLOCACION DE UNA PLANTA PAQUETE DE FIERRO PARA
TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS

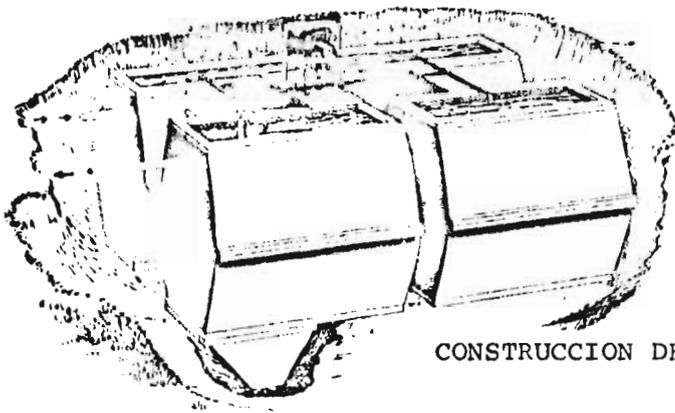


PLANTA PAQUETE DE FIERRO PARA TRATAMIENTO DE
AGUAS NEGRAS

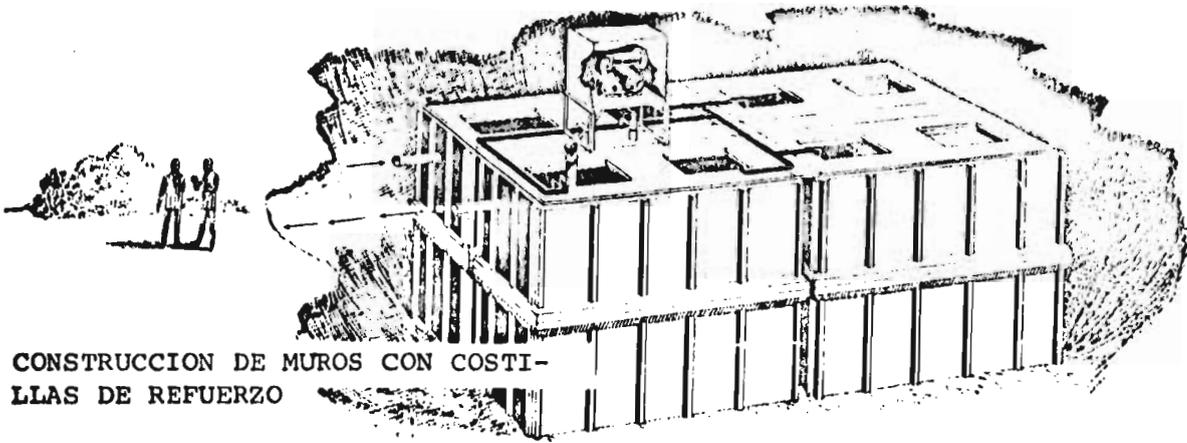
1,



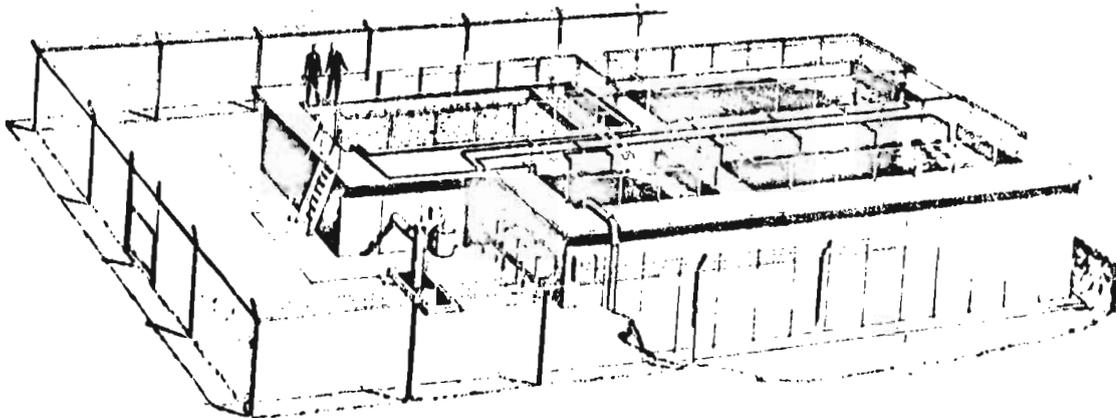
TRANSPORTE DE UNA PLANTA PAQUETE A SU LUGAR DE
UTILIZACION



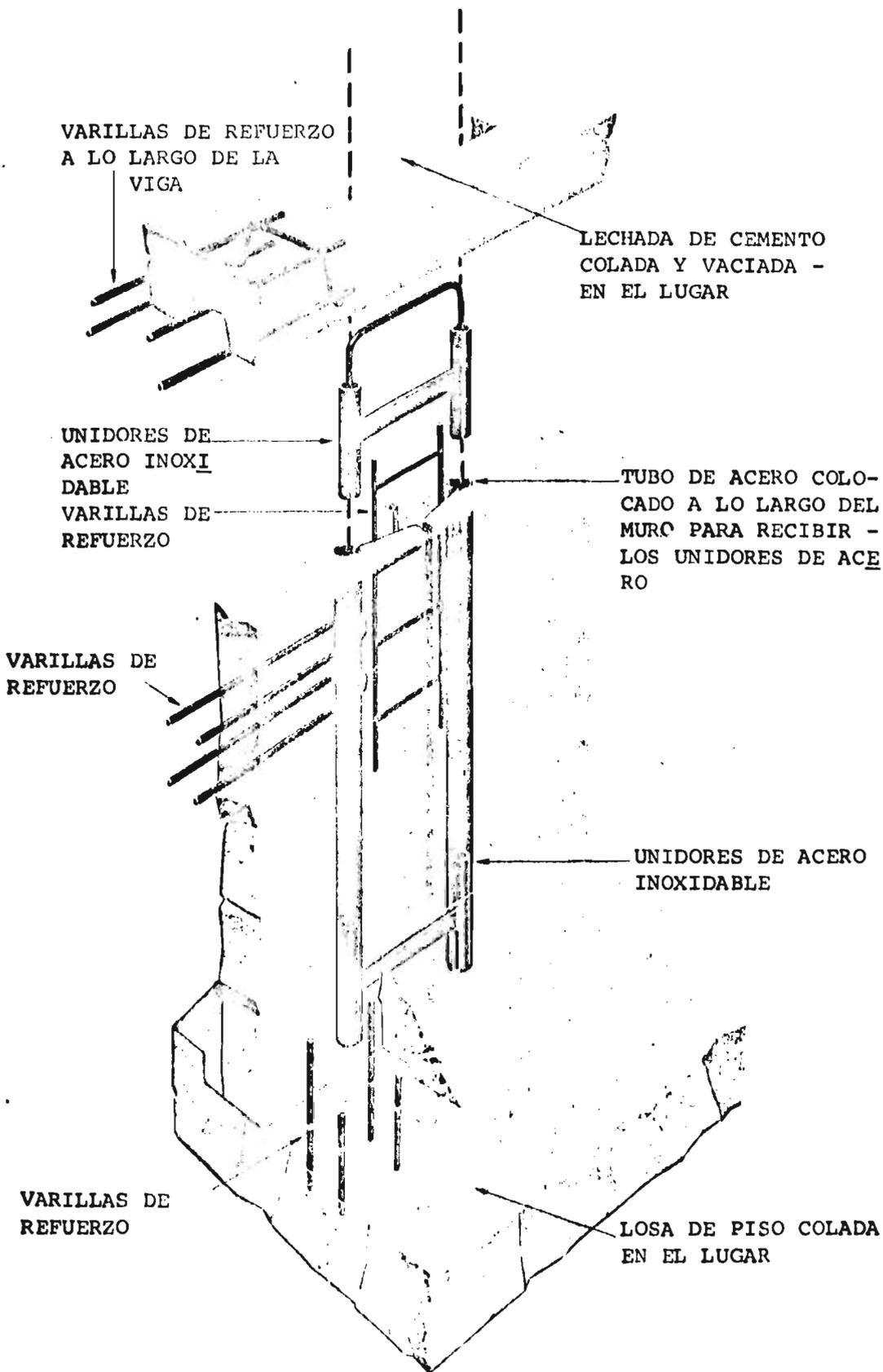
CONSTRUCCION DE MUROS DE ARCO



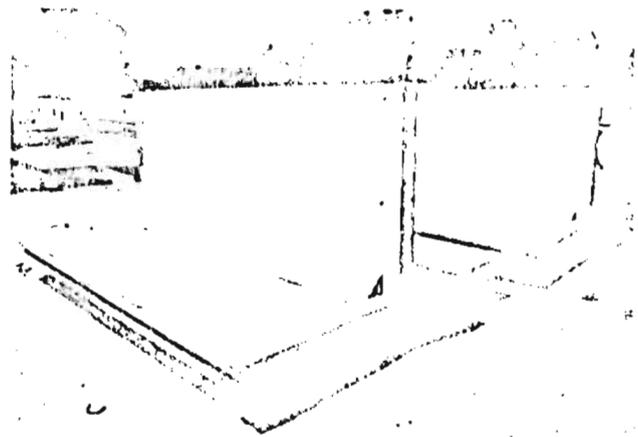
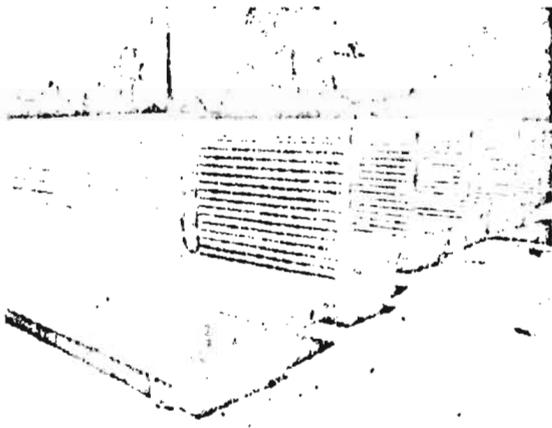
CONSTRUCCION DE MUROS CON COSTILLAS DE REFUERZO



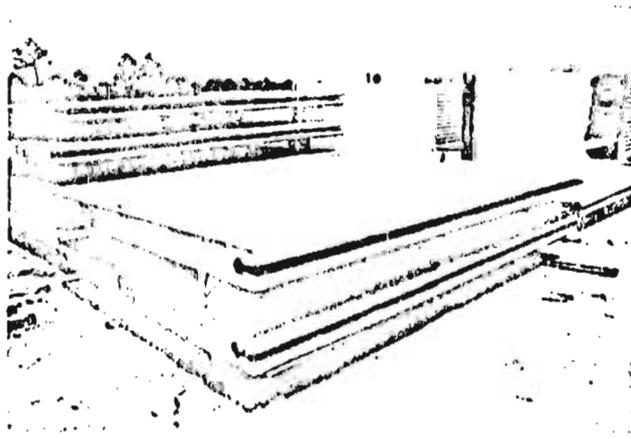
CONSTRUCCION DE LOSAS PREFABRICADAS PREESFORZADAS PARA MUROS



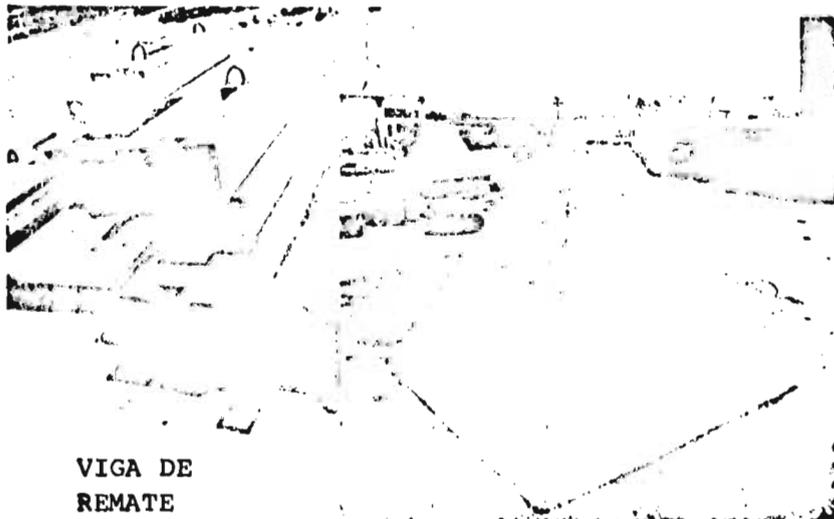
FORMA DE UNION DE MUROS PREFABRICADOS EN PLANTAS PAQUETE



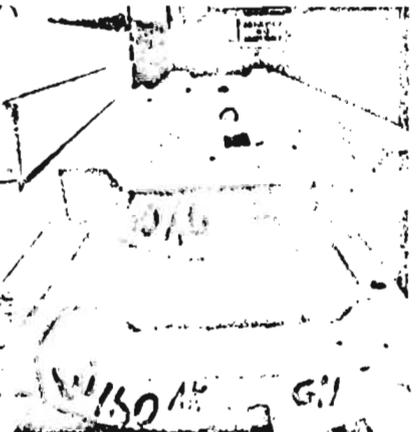
CONDICIONES DE MUROS, ESQUINAS Y TEES SE COMBINAN PARA DAR A LA ESTRUCTURA UNA ESTABILIDAD UNICA ELIMINANDO ASERARLAS DURANTE LA CONSTRUCCION



LAS LOSAS PLANAS SON INSTALADAS ENTRE ESQUINAS O TEES Y UNIENDOLAS CON UNIDORES DE ACERO. LAS VIGAS DE REMATE Y DE PASILLOS SE INSTALAN EN LA PARTE ALTA DE LOS MUROS ASEGURANDOLAS POR COLADO DE LA JUNTA VERTICAL DEL MURO CON UNA LECHADA DE CEMENTO. LOS ANDADORES O PASILLOS SON COLADOS DESPUES PARA DARLES UN ACABADO FINAL.

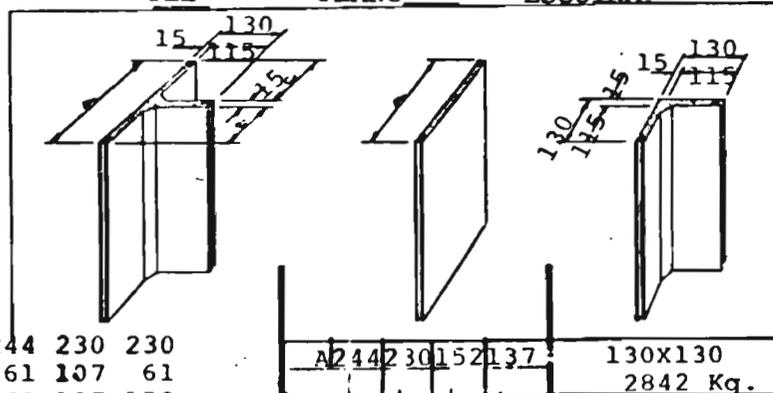
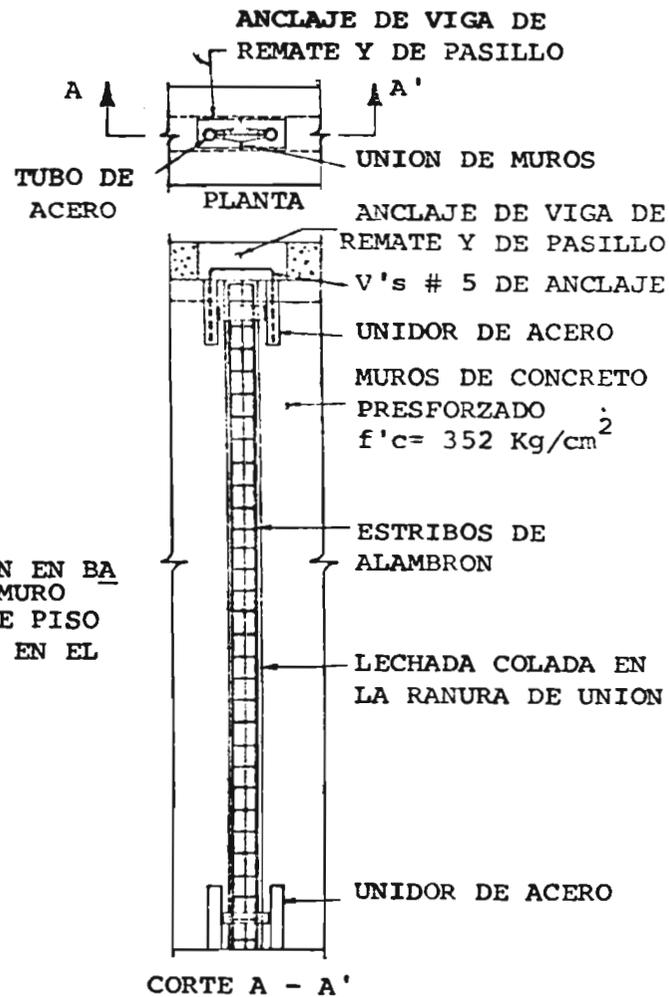
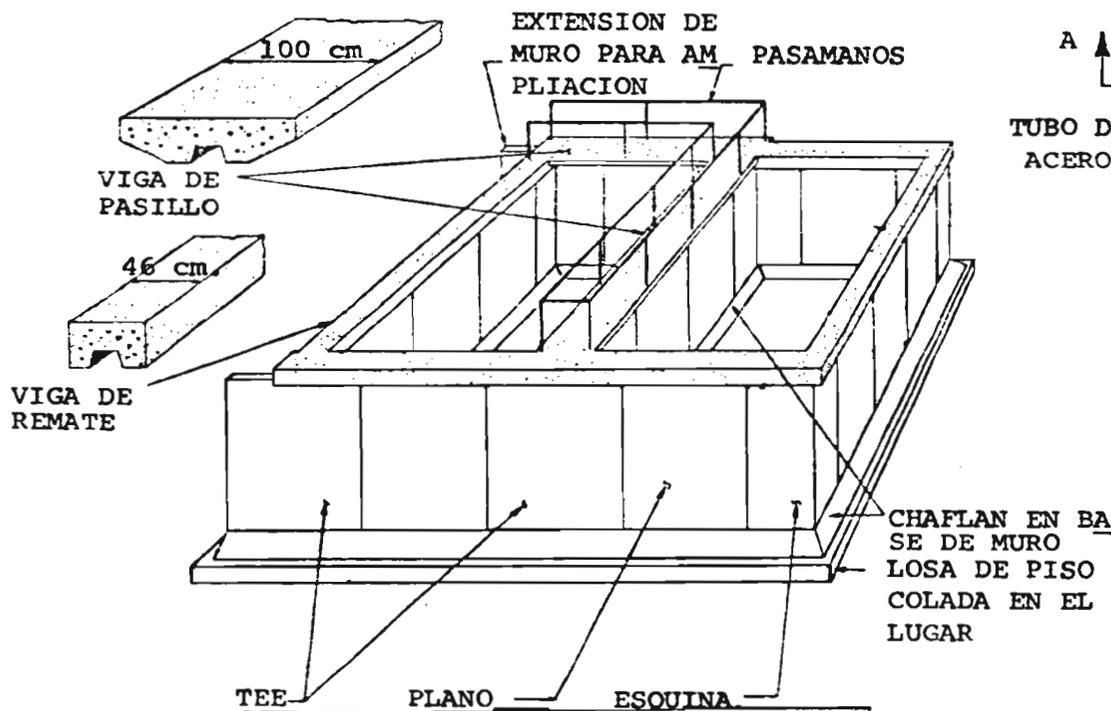


VIGA DE REMATE

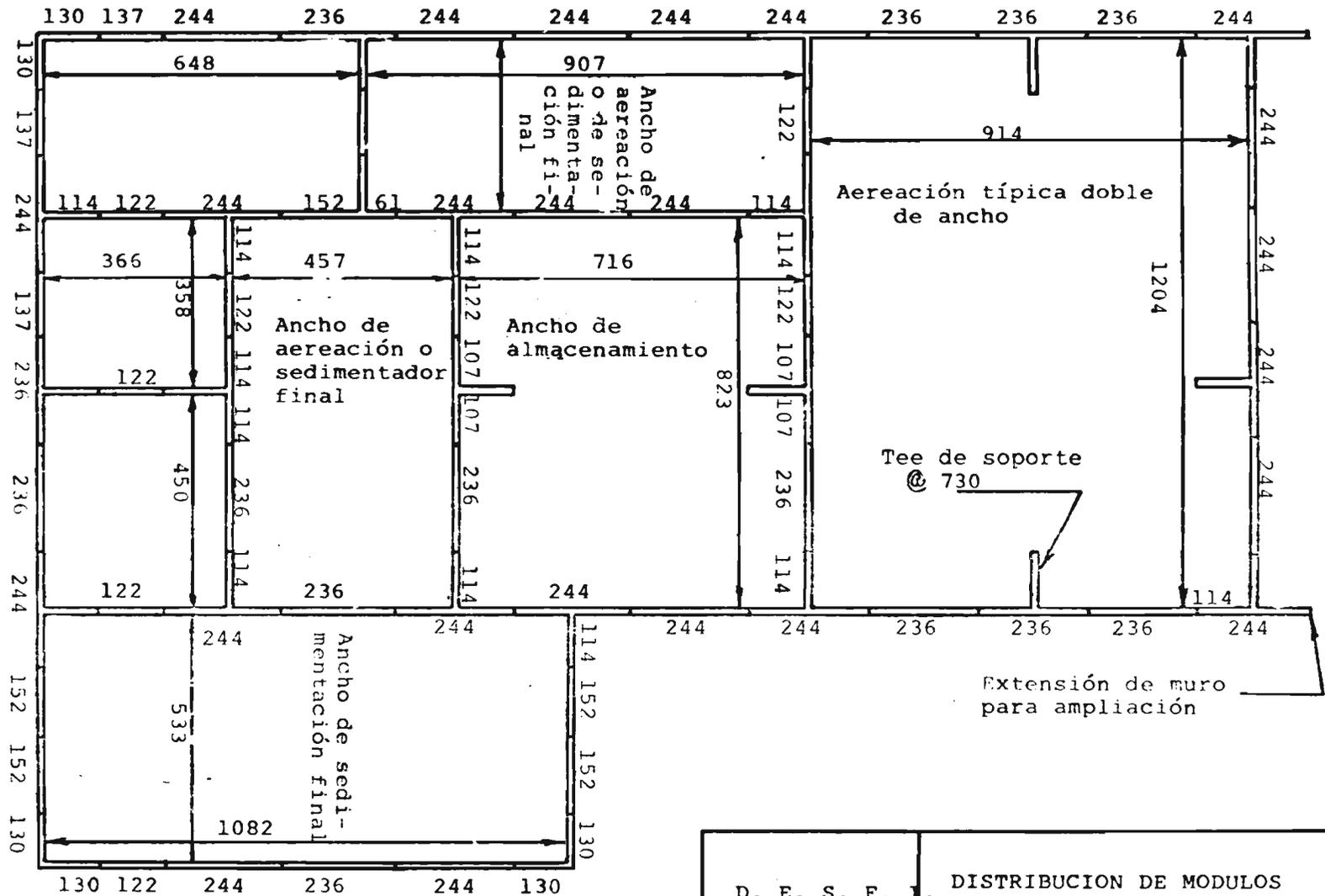


VIGAS DE ANDADORES O PASILLOS

TOLVA ALGUNAS VECES INSTALADA EN LA LOSA DE PISO



DESFI	COMPONENTES BASICOS DEL
UNAM	DISEÑO A "TENSION"



<p>D. E. S. F. U. N. A. M.</p>	<p>DISTRIBUCION DE MODULOS PREFABRICADOS EN UNA PLANTA PAQUETE</p>
------------------------------------	--

8. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA

1. Witts Don S., Haver G.E., Fuller inflico, Tucson, Arizona, U.S.A.
2. Parker Homer W., "Waste water Systems Engineering" Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
3. Hammer Mark J. "Water and Waste Water Technology".
4. Porges Ralph, Morris Grover L., Robert A., "Small Extended Aeration Sewage Treatment Plants", Reprinted from the Journal of Environmental Health, Vol. 25, No. 6, May-June-1963.
5. Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York" Manual de Tratamiento de Aguas Negras", Ed. LIMUSA, México, - cuarta reimpression 1974.
6. Legislación Relativa al Agua y su Contaminación, S.R.H.
7. Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas., S.R.H., S.S.A.
8. D.G.O.P.E. S.A.R.H., "Sistemas Económicos de Tratamiento" Primera Etapa, contrato No. SP-73-C-16 Clave UAPC-73-16 México D.F. Enero de 1974.