

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
INGENIERÍA CIVIL



“MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS DE  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS”

PRESENTADO POR:

LÓPEZ PORTILLO, IVONNE YESENIA

RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, PATRICIA MARGARITA

ROMERO CRISTALES, MANLIA ALICIA

PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERA CIVIL

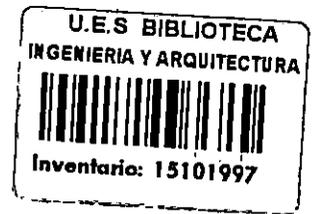


4691

CIUDAD UNIVERSITARIA, ENERO DEL 2000

*Recibido, 14/enero/2000*

*15101997  
15101997*



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTORA

:

DRA. MARÍA ISABEL RODRÍGUEZ

SECRETARIA GENERAL :

LIC. LIDIA MARGARITA MUÑOZ VELA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO

:

ING. ALVARO ANTONIO AGUILAR ORANTES

SECRETARIO

:

ING. SAÚL ALFONSO GRANADOS

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR

:

ING. LUIS RODOLFO NOSIGLIA DURÁN

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Trabajo de Graduación previo a la opción al grado de:  
INGENIERA CIVIL

Título :  
"MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS DE  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS"

Presentado por :  
LÓPEZ PORTILLO, IVONNE YESENIA  
RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, PATRICIA MARGARITA  
ROMERO CRISTALES, MANLIA ALICIA

Trabajo de Graduación aprobado por:

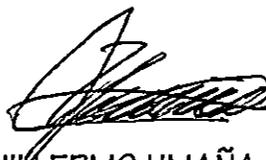
Coordinador :  
ING. JUAN GUILLERMO UMAÑA GRANADOS

Asesores :  
ING. RICARDO ERNESTO HERRERA MIRÓN  
ING. JOAQUÍN MARIANO SERRANO CHOTO

San Salvador, Enero del 2000

Trabajo de Graduación aprobado por:

Coordinador :



ING. JUAN GUILLERMO UMAÑA GRANADOS

Asesor :



ING. RICARDO ERNESTO HERRERA MIRÓN

Asesor :



ING. JOAQUÍN MARIANO SERRANO CHOTO

## AGRADECIMIENTOS

Como grupo queremos agradecer a :

Nuestro coordinador, Ing. Guillermo Umaña, y asesores, Ing. Ricardo Ernesto Herrera e Ing. Joaquin Serrano Choto, por su ayuda y orientación para la realización de este trabajo.

Al Doctor Francisco Castillo, por su colaboración y enseñanzas que de manera desinteresada estuvo siempre dispuesto a brindarnos.

Al Ing. Kenedy Hernández, por su valiosa colaboración y orientación.

A América Pérez Miranda, por brindarnos su ayuda y regalarnos parte de su talento en las ilustraciones contenidas en este Trabajo.

A Magdalena Cristales, por su apoyo y colaboración al grupo, sobre todo por su cariño y atenciones.

Ivonne, Patricia y Manlia

## **AGRADECIMIENTO.**

*Agradezco de forma especial en la elaboración de este trabajo a:*

*Dios, por estar siempre conmigo.*

*Mi madre por su apoyo y cariño para salir adelante.*

*Mi hijo Daniel por dar luz a mi vida.*

*Mis hermanos Hugo, Carmencita y Carlos por su amor fraternal.*

*Mis compañeras y amigas Paty y Manlia por su comprensión.*

*Y a todas aquellas personas que colaboraron en la realización de ésta.*

**IVONNE YESENIA**

## DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso, por el regalo maravilloso de la vida, por permitirme conocerle y saber que estará siempre junto a mí derramando su amor constantemente.

A mi madre, por desempeñar tan bien su papel, pues gracias a su amor, dedicación, sacrificio y comprensión he logrado alcanzar las metas propuestas.

A mis queridos hermanos, por que siempre han confiado en su hermana mayor, con quienes hemos superado tropiezos y compartido alegrías.

A quienes caminaron junto a mí un tramo del camino enseñándome a crecer y por ser parte de mi vida, están hoy y siempre en mi corazón.

A mis mejores amigas, Alicia, Deysi y Paty, con quienes he compartido tristezas, alegrías, desilusiones y por que se que en cualquier momento puedo contar con su amistad.

A mis tíos y primos por su apoyo y por que gracias a Dios somos una familia unida y sé que mis logros son sus logros.

A mis compañeros por tantos momentos compartidos y a mis profesores por los conocimientos impartidos para la obtención de mi grado profesional.

Patricia Margarita.

## DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo:

A Dios Todopoderoso, por darme el don de la vida.

A mi Familia que me ha apoyado incondicionalmente en todo momento, Mamá, papá, abuelos, tías, tíos, primos y primas por el cariño y la unión que siempre ha caracterizado a nuestra familia, este logro es de ustedes.

A mis amigos, a los cuales quiero y estimo como hermanos, gracias por estos años en los cuales nuestra amistad siempre ha perdurado.

A mi novio, gracias por tu amor y tu apoyo, te amo.

Manila

## INDICE GENERAL

Introducción General .....	i
----------------------------	---

### PRIMERA PARTE

Introducción .....	ii
<i>Capitulo I: Generalidades</i>	
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Planteamiento del Problema .....	3
1.3 Objetivos .....	4
1.4 Alcances y Delimitaciones .....	5
1.5 Limitaciones .....	6
1.6 Justificaciones .....	7
1.7 Metodología de la Investigación .....	8
 <i>Capitulo II: Diagnóstico de las Plantas de Tratamiento Estudiadas</i>	
2.1 Análisis y Selección de la Muestra .....	15
2.2 Descripciones Técnicas y Evaluación de las Plantas Estudiadas .....	19
↳ 2.2.1 Plantas con tanques sedimentadores Dortmund y percoladores..	20
2.2.2 Plantas con tanques sedimentadores Imhoff y percoladores .....	59
2.2.3 Plantas con Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente .....	64
2.2.4 Plantas con Sistemas de lodos activados .....	74
2.2.5 Plantas con lagunas de estabilización .....	80

Capitulo III: Análisis de las Principales Plantas de Tratamiento en Operación

3.1 Análisis de la Evaluación de las condiciones actuales de las plantas..	100
3.1.1 Tratamiento Preliminar .....	101
3.1.2 Tratamiento Primario .....	105
3.1.3 Tratamiento Secundario .....	115
3.1.4 Tratamiento de Lodos .....	129
3.1.5 Análisis comparativo entre las eficiencias de las plantas de tratamiento estudiadas y el mantenimiento que reciben .....	135
3.1.6 Análisis de las instalaciones y servicios para el operador .....	136
3.1.7 Análisis del nivel cognoscitivo de los operadores .....	140
3.2 Selección de los Parámetros y Puntos Críticos.....	142
3.2.1 Parámetros .....	142
3.2.2 Puntos Críticos .....	149

Capitulo IV: Requerimientos de Seguridad e Higiene de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas.

4.1 Condiciones de Seguridad en las Plantas .....	164
4.1.1 Dispositivos de seguridad dentro y en la zona perimetral .....	165
4.1.2 Seguridad en los elementos de tratamiento .....	169
4.1.3 Equipo de seguridad personal .....	173
4.1.4 Equipo de emergencia .....	176
4.2 Limpieza de las Instalaciones .....	177
4.2.1 Dispositivos para la recolección de basura .....	179
4.2.2 Limpieza general de la instalaciones .....	180
4.2.3 Limpieza de los elementos .....	181
4.2.4 Control de vectores y roedores .....	181

4.3 Infraestructura Destinada al operador .....	183
4.4 Supervisión de las Plantas .....	186
Capitulo V: Requerimientos del Operador de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas.	
5.1 Establecimiento del Perfil del Operador .....	189
5.1.1 Perfil del operador de plantas de tratamiento de aguas residuales ...	190
5.2 Establecimiento de las Responsabilidades del Operador .....	192
5.2.1 Responsabilidades del operador .....	193
5.3 Establecimiento de los Conocimientos Básicos .....	195
5.3.1 Conocimientos Básicos sobre plantas de tratamiento .....	198
5.3.2 Primeros auxilios .....	201
5.3.3 Prevención y control de incendios .....	203
5.4 Trabajo y Salud .....	205
5.4.1 El Trabajo .....	206
5.4.2 La Salud .....	207
5.4.3 Los Riesgos Profesionales .....	208
5.4.4 Los accidentes de trabajo .....	210
5.4.5 Las enfermedades profesionales .....	211
5.4.6 Salud ocupacional .....	214
5.5 Seguridad e Higiene .....	217
5.5.1 Medidas de Seguridad .....	218
5.5.2 Medidas de Higiene .....	221
5.6 Reconocimientos Médicos .....	223

## SEGUNDA PARTE

### Introducción

#### Sección I: Conceptos Básicos

1.1 Origen de las aguas residuales .....	229
1.2 Variación de los caudales de aguas residuales .....	231
1.3 Características de las aguas residuales .....	232
1.4 Operaciones realizadas en las plantas de tratamiento .....	235
1.4.1 Operaciones Físicas .....	235
1.4.2 Operaciones Biológicas .....	236

#### Sección II: Laborés de Mantenimiento y Operación

2.1 Elementos para el tratamiento preliminar .....	241
2.1.1 Rejillas .....	242
2.2.6 Desarenadores .....	246
2.2.7 Medidores de Caudal .....	248
2.3 Elementos para el tratamiento primario .....	54
2.2.1 Tanque sedimentador primario .....	254
2.2.2 Tanque Imhoff .....	259
2.2.3 Lagunas de Estabilización .....	264
2.3 Elementos para el tratamiento secundario .....	273
2.3.1 Percolador Biológico .....	273
2.3.2 Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente .....	278
2.3.3 Lodos Activados .....	284
2.3.4 Tanque sedimentador secundario .....	291

2.4 Elementos para el tratamiento de lodos .....	294
2.4.1 Digestor de Lodos .....	294
2.4.2 Patios de Secado .....	298

### Sección III: Seguridad de la planta

3.1 Actos inseguros .....	303
3.2 Reglas básicas de seguridad .....	304
3.3 Equipo de protección personal .....	305
3.3.1 Equipo de protección recomendado para operadores de plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas .....	306
3.4 Aseo y orden .....	311
3.5 Herramientas .....	313
3.5.1 Causas frecuentes de accidentes con herramientas manuales .....	314
3.6 La electricidad .....	318
3.6.1 Reglas básicas de seguridad .....	320
3.7 Prevención y control de incendios .....	320
3.8 Señalización .....	323
3.9 Sugerencias para realizar algunas labores .....	328

### Sección IV: Tu salud

4.1 Conocimientos básicos de primeros auxilios .....	331
4.1.1 Direcciones generales de primeros auxilios .....	332
4.2 Higiene personal .....	338
4.2 Chequeos médicos .....	339

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones .....	342
Recomendaciones .....	346
BIBLIOGRAFÍA .....	349

## APENDICES

Apéndice 1: Plantas de Tratamiento del AMSS (ANDA)

## ANEXOS

### ANEXOS PRIMERA PARTE

Anexo 1: Guía para realizar visitas de campo a plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas y Cuestionario para operadores.

Anexo 2: Recomendaciones para la operación y el mantenimiento de los elementos mas comunes que conforman las plantas de tratamiento en El Salvador.

Anexo 3: Código de Trabajo y Reglamento de Seguridad e Higiene en los Centros de Trabajo.

### ANEXOS SEGUNDA PARTE

Anexo 1: Elaboración de Tablas de Caudal

Anexo 2: Formulario A, Registro diario del caudal a la entrada de la planta

Anexo 3: Formulario B, Informe de observaciones semanales para tanques sedimentadores, lagunas y percoladores.

Anexo 4: Formulario C, Registro del tiempo de descarga de lodos para tanques sedimentadores tipo Dortmund

Anexo 5: Formulario D, Registro mensual de la profundidad de lodos

Anexo 6: Formulario E, Sistemas de Lodos Activados

Anexo 7: Formulario F, Registro del tiempo de descarga de lodos

## INTRODUCCION GENERAL

El tratamiento de aguas residuales es una medida de mitigación que ayuda a controlar y disminuir la contaminación de los cuerpos de agua, para que esta medida tenga éxito es necesario contar con obras de infraestructura adecuadas a la naturaleza de las aguas negras a tratar y con el personal capacitado para llevar a cabo las labores de operación y mantenimiento necesario en las plantas.

Actualmente en El Salvador las plantas de tratamiento brindan una cobertura del 3.75% a las aguas negras generadas por la población urbana, el hecho de que esta cobertura sea tan baja aunado a que de las ocho plantas estudiadas sólo cinco cuentan con operadores fijos de los cuales únicamente dos están recibiendo capacitación periódica, así como el abandono o deficiente trabajo del 25.8% del total de plantas construidas, revelan la importancia de contar con más herramientas técnicas que faciliten y mejoren su operación.

Para facilitar la utilización de este documento, ha sido dividido en dos partes, la primera, que es la parte investigativa, está orientada a brindar información al capacitador, estudiantes, diseñadores y demás personas interesadas en el tema, sobre el estado actual de las plantas de tratamiento en el país.

La parte dos, la constituye el manual de operación y mantenimiento de tal forma que los operadores, estudiantes, e instituciones administrativas o propietarios, puedan reproducir fácilmente la información técnica de operación y mantenimiento, las medidas de seguridad e higiene.

Como grupo de trabajo, nos sentimos satisfechas de haber hecho nuestro mayor esfuerzo para presentar este trabajo de graduación, el cual constituye una herramienta importante para la operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, esperando que con su implementación se mejoren los procesos que se realizan en ellas.

PRIMERA

PARTE

## INTRODUCCION

La primera parte de este trabajo está dedicada a investigar los factores más importantes que afectan negativamente el funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas en El Salvador.

El resultado de esta investigación se presenta en cinco capítulos. El primero plantea de manera general una breve descripción de la evolución del tratamiento de aguas residuales domésticas en El Salvador, así como el problema que constituye el hecho de que éstas no funcionen debidamente, después se trazan los objetivos de la investigación, los alcances propuestos y las restricciones establecidas con el fin de no extenderla innecesariamente; asimismo se exponen las limitantes encontradas durante su desarrollo. La importancia del presente trabajo se demuestra a través del porcentaje de plantas que están abandonadas o brindando un servicio inadecuado; por último, se describe paso a paso el procedimiento utilizado en la realización de la investigación.

En el segundo capítulo se exponen los medios utilizados para la selección de la muestra representativa de plantas de tratamiento que se tomó como base en esta investigación, después se presentan las descripciones técnicas y la

evaluación del funcionamiento de cada una, para lo cual se dividieron en base a los elementos del tratamiento secundario que las componen.

En el tercer capítulo se analizan las descripciones y la evaluación de las plantas con el fin de identificar los parámetros y puntos críticos de operación, mantenimiento, infraestructura y otros, que sirvieron posteriormente para el desarrollo del manual.

Debido a que las plantas de tratamiento no son visualizadas como centros de trabajo por los diseñadores y administradores o propietarios de éstas, en el capítulo cuatro se establecen las condiciones de seguridad e higiene que deben predominar dentro de ellas.

El capítulo cinco está dedicado a sentar las bases de las normas y hábitos higiénicos que deben ser observados por los operadores con el fin de que su salud no se dañe por la naturaleza de la labor que realizan, ya que durante la investigación se observó la poca importancia que los operadores dan a éstas medidas.

Finalmente se han incluido como anexos de esta parte las herramientas más importantes utilizadas para el desarrollo de esta investigación, como lo son las guías para visitas de campos y entrevistas a los operadores, así como información bibliográfica esencial: la recopilación de recomendaciones de diversos autores sobre la operación y mantenimiento de cada elemento y de los artículos del Código de Trabajo y del Reglamento sobre Seguridad e Higiene en los Centros de Trabajo aplicables a las plantas de tratamiento.

## CAPITULO I

### 1.1 ANTECEDENTES.

En El Salvador la mayor parte de las aguas residuales son vertidas directamente a los cuerpos de agua, lo que ha provocado en éstos un alto grado de contaminación, ya que debido a las grandes cantidades de agua residual, ésta no puede diluirse en los cuerpos receptores.

Por esto a principios de la década de los 70's comenzaron a construirse las primeras plantas de tratamiento, entre las cuales se encuentran las plantas de Puerto El Triunfo, Puerto de La Libertad y Urbanización Chávez Galeano, ésta última ubicada en el municipio de Ayutuxtepeque. Luego debido a diversos factores, dejaron de construirse, hasta que en 1988 entró en operación la planta de tratamiento de la Residencial Valparaíso también en Ayutuxtepeque.

Pero no fue hasta la década de los 90's que comenzó la construcción de la mayoría de las plantas existentes hoy en día, distribuidas en catorce municipios de los departamentos de San Salvador, La Libertad y La Paz, registrándose hasta la fecha 31 construidas y 3 en proceso de construcción<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> FUENTE: Departamento de Plantas de Tratamiento y Lagunas de Estabilización, ANDA

La mayoría de las plantas de tratamiento son construidas junto con urbanizaciones nuevas, su tamaño es variable, sirven a poblaciones que van desde 300 hasta 25,000 habitantes, la cobertura proporcionada por éstas a la población urbana del país es de apenas 3.75%.

El 91% de las plantas que operan en el país trabajan con tratamiento aeróbico, para esto se utilizan elementos como sedimentadores Imhoff y Dortmund, y luego procesos como: Percoladores Biológicos, Sistemas de Lodos Activados, Digestores de Lodos; y el 9% restante utiliza tratamiento anaerobio a través de Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente (RAFA) y Percoladores Anaerobios, antes de estos procesos se utilizan tanques de sedimentación como tratamiento previo a éstos.

Los mayores problemas técnicos que se afrontan en las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas es que no hay personal capacitado para su operación, tampoco se ha elaborado un perfil con los requisitos básicos que debe reunir un técnico operador de plantas de tratamiento de aguas residuales.

Además, los constructores no presentan manuales de operación y los que existen no son adecuados a las condiciones ambientales y a las características de

las aguas residuales de nuestro país, tampoco están redactados de manera que los operadores puedan comprenderlos y aplicarlos en la práctica.

Todo esto unido a que no existen normas para la recepción de las plantas de tratamiento, ya que éstas obras de infraestructura no están contempladas en las Normas Técnicas de ANDA; solo existe un acuerdo entre ANDA y los constructores a través de la Cámara Salvadoreña de la Construcción (CASALCO) para la incorporación de una serie de parámetros que sirvan de base para evaluar si los resultados obtenidos en el tratamiento de agua residual son satisfactorios, a fin de poder darle curso a la recepción de las plantas.

## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La descarga de las aguas residuales sin previo tratamiento a los cuerpos de agua ha creado condiciones insalubres, nocivas para el medio ambiente y para la salud de la población, contribuyendo en gran medida a la contaminación de las aguas superficiales, lo que conlleva a la muerte de la flora y fauna acuática, así como también a que la población no pueda abastecerse de ellas.

La utilización de plantas de tratamiento de aguas residuales es una respuesta acertada a la problemática generada, pero en El Salvador, lamentablemente las pocas plantas que existen no están dando los resultados esperados, pues lo que debería ser un progreso en el desarrollo de obras de protección para el medio ambiente se convierte en un problema más, generando efluentes insatisfactorios, convirtiéndose en focos de contaminación, fuentes de olores desagradable y de proliferación de vectores y roedores lo que ha provocado denuncias por parte de los residentes de las zonas donde están ubicadas.

La falta de personal capacitado para efectuar la operación de las plantas, la carencia de procedimientos de operación y mantenimiento y de programas de capacitación; la poca seguridad y resguardo que brindan las instalaciones, el no establecer distancias mínimas entre las viviendas y las plantas de tratamiento, así como la ausencia de servicios básicos e infraestructura para albergar al operador son los principales factores que han contribuido a crear malos antecedentes, provocando prejuicios en la población hacia estas obras por lo que urge prestar atención a esta problemática, iniciando por rescatar las plantas existentes e implementar medidas que cambien las tradicionales entregas de las plantas de tratamiento por parte de los constructores a ANDA, y que esta institución asuma de manera más responsable la operación de las mismas.

### 1.3 OBJETIVOS

#### OBJETIVO GENERAL

- Contribuir a mejorar la calidad de los procesos realizados en las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas en El Salvador a través de la elaboración del manual de operación y mantenimiento.

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar un diagnóstico del estado de las principales plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas que opera la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) para identificar los principales problemas de operación y mantenimiento, parámetros y puntos críticos de control.
- Identificar y uniformizar los procedimientos básicos de operación y mantenimiento para las plantas de tratamiento en El Salvador
- Definir las características que debe reunir el operador de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas para contribuir a mejorar la selección del personal.
- Determinar los requisitos de seguridad e higiene que deben imperar en toda planta de tratamiento de aguas residuales domésticas con el propósito de contribuir a la protección del operador y la población aledaña.

## 1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

### 1.4.1 ALCANCES:

A través del manual de operación y mantenimiento se logrará:

- Un instrumento para capacitar a los operadores de las plantas de tratamiento de aguas residuales, en cuanto a su mantenimiento, control y operación en general
- Apoyar la gestión de ANDA en el manejo de plantas de tratamiento proporcionándole una herramienta para la capacitación de los operadores.
- Sistematizar el registro de los monitoreos y operaciones efectuadas en la planta de manera que se cuente con datos ordenados y completos.
- Contribuir a la disminución del nivel de contaminación de los cuerpos receptores de aguas residuales provenientes de las plantas de tratamiento.
- Mejorar la eficiencia de las plantas
- Contribuir a que la infraestructura de las plantas de tratamiento perdure por más tiempo.

### 1.4.2 DELIMITACIONES

- La investigación está limitada a estudiar plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas que cuenten con tratamiento preliminar, primario y secundario.

ambiente.

La acción de descargar agua residual cruda en los cuerpos de agua receptores, así como también el agua tratada con un control inadecuado en las plantas de tratamiento puede traer graves riesgos a la salud pública y al medio

## 1.6 JUSTIFICACION

- El trabajo está basado en el registro de los resultados del laboratorio de ANDA y laboratorios privados y no se efectuaron muestreos propios para evaluar las eficiencias ya que no es el objetivo de esta investigación.
- El monitoreo realizado por ANDA, no se lleva a cabo en todas las plantas de tratamiento y en algunos casos no se ha elaborado de manera sistemática, por lo que se seleccionaron los datos más consistentes.
- La mayoría de las plantas de tratamiento administradas por ANDA no funcionan ni reciben el mantenimiento adecuado, por lo cual se seleccionaron plantas privadas para completar el estudio.

## 1.5 LIMITACIONES

- La investigación se llevó a cabo tomando como muestra un grupo de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas ubicadas en la zona metropolitana de San Salvador y los departamentos de La Paz y La Libertad.

A pesar de los diseños y de la calidad de las obras de las plantas, éstas proporcionan un tratamiento de baja calidad a las aguas residuales, lo cual es consecuencia del deficiente mantenimiento y operación de éstas, así como de la poca disponibilidad de personal capacitado para ejercer estas funciones.

Del 100% de las plantas construidas en nuestro país sólo el 74.2% están en operación, el 12.9% se encuentran fuera de servicio y el 12.9% restante están construidas pero no funcionan actualmente<sup>2</sup>.

El desarrollo del presente tema de investigación está orientado a brindar a los operarios de las plantas de tratamiento una guía práctica de operación y mantenimiento para que tengan una mejor orientación sobre el funcionamiento de éstas, de manera que pueda utilizarse para prevenir problemas que se presenten durante la operación de la planta a través de un mantenimiento adecuado, así mismo se proporcionarán guías para el registro ordenado de las operaciones que se realicen en la planta.

---

<sup>2</sup> FUENTE: Departamento de Plantas de Tratamiento y Lagunas de Estabilización. ANDA

## 1.7 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

### A. Recopilación de información teórica

En primer lugar se realizó una investigación bibliográfica acerca del tema a desarrollar, con la cual se reforzaron y ampliaron los conocimientos ya adquiridos; también se buscaron nuevos planteamientos y estudios realizados sobre todo en países con las mismas características que el nuestro. Se realizaron además, entrevistas a personas especializadas en el tema.

Entre la literatura que fue tomada para respaldar la presente investigación tenemos: libros que expongan el tema de investigación, revistas especializadas y publicaciones científicas elaboradas por instituciones nacionales e internacionales.

### B. Selección de la muestra

Para la selección de la muestra se solicitó a ANDA un registro de las plantas de tratamiento que son operadas por ellos, de este registro se descartaron aquellas que estaban abandonadas; las restantes se clasificaron en base a los elementos del tratamiento secundario que las componen.

Para seleccionar la muestra se tomaron en cuenta aquellas que tenían un registro de los monitoreos efectuados en ellas y por lo menos dos plantas con elementos de tratamiento secundario distinto.

Al no obtenerse una muestra representativa se recurrió a plantas de tratamiento privadas que operen independientes de ANDA.

#### C. Visitas a las plantas de tratamiento

Se realizaron visitas técnicas de campo a diferentes plantas de tratamiento existentes en el país, con el objetivo de observar su funcionamiento, para esto se elaboró previamente una guía sobre los elementos que a observar; parámetros, operaciones y controles que se realicen; su estado actual, infraestructura, condiciones, etc., de esta manera que los datos y observaciones han sido tomados de manera ordenada y clara. También se elaboró un cuestionario dirigido a los operadores, con el objetivo de evaluar su nivel de conocimientos en cuanto a la operación de las plantas de tratamiento.

#### D. Recopilación de los datos de monitoreo realizados por ANDA.

La Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) a través del Departamento de Plantas de Tratamiento y Lagunas de Oxidación y los

encargados de las plantas privadas seleccionadas, proporcionó la información sobre monitoreos que se han llevado a cabo en distintas plantas de tratamiento, en varias épocas, ya sea que se hayan realizado de manera sistemática o no, se seleccionaron los más representativos y se exponiéndose los datos de manera ordenada, facilitando su lectura y comprensión.

E. Evaluación de las condiciones actuales.

x

Los datos obtenidos en las visitas de campo se presentan en forma de descripción técnica en donde se analiza el funcionamiento de cada elemento que conforman las plantas, así como las operaciones que se realizan y la seguridad dentro de ellas. Los registros de los monitoreos proporcionados por ANDA se presentan en forma de cuadros a partir de los cuales se calcularon los porcentajes de remoción por elemento que se muestran también en forma gráfica para facilitar su análisis, se han realizado además comparaciones entre los registros de monitoreos y la propuesta de norma para el vertido de aguas residuales en cuerpos receptores del CONACYT.

#### F. Análisis de la muestra

Los resultados de la evaluación de las condiciones actuales se compararon con la bibliografía recolectada y para realizar el análisis se tomó el siguiente orden: se analizaron elemento por elemento la estructura básica, operación, mantenimiento, disposición final de los desechos y seguridad; posteriormente se analizó de forma comparativa la eficiencia de las plantas y el mantenimiento que recibe cada una; finalizando con el análisis de las instalaciones y servicios para el operador.

#### G. Establecimiento de los parámetros y puntos críticos

A partir del análisis realizado se seleccionaron los principales parámetros de control que pueden ser fácilmente observados o medidos por el operador, así como los puntos críticos, que son aquellos factores que necesitan una mayor vigilancia, que al no controlarlos afectan el funcionamiento de las plantas.

#### H. Establecimiento de los requerimientos de la planta

En base a las visitas de campo, entrevistas a los operadores y personas especializadas, como el ingeniero Kenedy Hernández, jefe de la sección de prevención de riesgos ocupacionales de el Ministerio de Trabajo y el Doctor Francisco

También se establecieron los conocimientos básicos que deben poseer los operadores, para lo cual se elaboró una síntesis sobre los elementos que conforman las plantas de tratamiento, su funcionamiento y finalidad. Se formularon una serie de requisitos de salud que deben prevalecer en el operador, así como las normas de higiene que debe conocer y practicar.

1. Establecimiento de los requerimientos del operador

En base a la bibliografía recolectada, entrevistas a los operadores y a personas especializadas en el tema, mencionados en el ítem anterior, se elaboró el perfil del operador de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas.

Castillo, especialista en salud ocupacional, asesor de la OPS El Salvador, y la bibliografía referente a seguridad ocupacional, se establecieron los requisitos de seguridad e higiene que deben reunir las plantas de tratamiento, para la planta de tratamiento, para proporcionar un ambiente de trabajo agradable y seguro al operador.

También se establece la infraestructura y el equipo auxiliar con que debe contar la planta de tratamiento, para proporcionar un ambiente de trabajo agradable y seguro al operador.

También se establece la infraestructura y el equipo auxiliar con que debe contar la planta de tratamiento, para proporcionar un ambiente de trabajo agradable y seguro al operador.

protección tanto de las comunidades aledañas como de los operadores.

## J. Desarrollo del manual

Se incluyeron en el manual los conceptos principales de manera que se facilite la lectura por parte de los operadores. Para facilitar su utilización el manual está dividido de la siguiente manera:

- *Conceptos básicos*
- *Operación y Mantenimiento*
  - *Tratamiento preliminar*
  - *Tratamiento primario*
  - *Tratamiento secundario*
  - *Procesos de tratamiento y disposición de lodos*
- *Medidas de seguridad en la planta*
- *Medidas de salud e higiene*

## CAPITULO II: DIAGNÓSTICO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO ESTUDIADAS

### 2.1 ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MUESTRA

Para la selección de la muestra a estudiar se obtuvo en la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) un listado de las plantas de tratamiento que operan en el área metropolitana de San Salvador el cual contiene información sobre su ubicación, elementos que las componen, población servida, caudal de diseño y estado de la planta (Ver apéndice 1).

Las plantas de tratamiento contenidas en esta lista se clasificaron en base a los elementos que las componen en:

- Tanque Sedimentador tipo Dortmund y Percoladores Biológicos
- Tanque Sedimentador tipo Imhoff y Percoladores Biológicos
- Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente (RAFA)
- Lodos Activados
- Lagunas de estabilización

En el Cuadro 1 se presentan las plantas de tratamiento del Área Metropolitana de San Salvador, cabe aclarar que la mayoría de estas plantas sirven a urbanizaciones, y ANDA se encarga de brindarles mantenimiento y monitorearlas; no así, las que se

encuentran dentro de instituciones privadas, pues en este caso son éstas las que velan por su funcionamiento.

En este listado aparecen las plantas separadas según la clasificación establecida, su ubicación y estado actual, los cuales servirán para facilitar la selección de la muestra a estudiar.

CUADRO 1 : Plantas de Tratamiento del AMSS,

ELEMENTOS	NOMBRE/UBICACIÓN	PROPIETARIO		ESTADO
		ANDA	PRIVADA	
Tanque Sedimentador Dortmund y Percolador Biológico	1. Residencial Alpes Suizos I, Santa Tecla.		X	Funcionando
	2. Residencial Los Girasoles, Santa Tecla		X	Funcionando
	3. Ciudad Futura, Cuscatancingo	X		Funcionando
	4. Condominio Tazumal, Ayutuxtepeque		X	No funciona
	5. Residencial Alpes Suizos II, Santa Tecla		X	Funciona
	6. Reparto San Ramón, Soyapango		X	Funciona
	7. Urbanización Alta Vista, Soyapango		X	deficiente
	8. Urbanización La Campanera, Soyapango		X	Funciona
	9. Comunidad El Quequeisque, Santa Tecla		X	Funciona debajo de su capacidad.
	10. Urbanización La Libertad, Tonacatepeque		X	Funciona deficiente
	11. Urbanización San Francisco, Soyapango		X	En construcción
	12. Urbanización Ciudad Obrera 26 de Enero, Ciudad Arce		X	Construida, no opera
	→ 13. Urbanización Santísima Trinidad, Ayutuxtepeque		X	Construida, no opera
	14. Urbanización Los Chorros, Lourdes		X	Funciona
	15. Urbanización Camposverdes, Lourdes		X	Construidas, no operan.
	16. Complejo Lourdes, Lourdes		X	

ELEMENTO	NOMBRE/UBICACIÓN	PROPIETARIO		ESTADO
		ANDA	PRIVADA	
Tanque Sedimentador Imhoff y Percolador Biológico	17. Residencial Valparaíso, Ayutuxtepeque	X		Abandonada
	18. Urbanización Chávez Galeano "A" Ayutuxtepeque.	X		Abandonada
	19. Distrito 7 Italia, Tonacatepeque	X		Abandonada
	20. Residencial del Bosque, Mejicanos		X	Abandonada
	21. Residencial San Lucas, Cuscatancingo		X	Abandonada
	22. Colonia El Carmen, Ayutuxtepeque		X	Abandonada
	23. Hogar del Niño Minusválido Abandonado, Planes de Renderos		X	Funciona
	24. Colonia La Ascensión, Ayutuxtepeque	X		Funciona
Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente y Percolador Biológico	25. Urbanización Chávez Galeano sector "B", Ayutuxtepeque	X		Funciona
	26. Urbanización San Francisco, Ciudad Arce.		X	Funciona deficiente
Lodos Activados	27. Urbanización Vía del Mar, Santa Tecla		X	En construcción
	28. Urbanización Altos Las Flores, Tonacatepeque		X	En construcción
	29. Urbanización Altos del Escorial, Mejicanos		X	En construcción
	30. Urbanización Las Moritas, Lourdes		X	En construcción

FUENTE: Departamento de Plantas de Tratamiento y Lagunas de Oxidación, ANDA

Después de clasificar las plantas y verificar su estado, se descartaron las que están abandonadas y se investigó a cuáles se les realizan monitoreos de manera frecuente siendo eliminadas así aquellas plantas que no tienen registros recientes de su operación.

Luego se eligieron las plantas de tratamiento de acuerdo a la clasificación y depuración realizada :

- • Tanque Sedimentador tipo Dortmund y percoladores biológicos, una planta (#13);
- Tanque Sedimentador tipo Imhoff y percolador biológico una planta (#18),
  - Imhoff modificado a RAFA una planta (#25),
  - De Lodos Activados no se eligió ninguna porque todas están en proceso de construcción,

Debido a que la muestra obtenida no era representativa se incluyeron 3 plantas fuera del área metropolitana pertenecientes a ANDA ubicadas en San José Villanueva y San Juan Talpa, compuesta por Tanques Sedimentadores tipo Dortmund y percoladores biológicos, así como también la Laguna de Estabilización de Zaragoza.

Del sector privado se han tomado las plantas ubicadas en la Academia Nacional de Seguridad Pública (laguna de estabilización) y Zona Franca El Pedregal (lodos activados). Con lo cual la muestra quedó constituida así:

CUADRO 2 : Muestra Seleccionada

ELEMENTOS	NUMERO DE PLANTAS SELECCIONADAS	NOMBRE/UBICACIÓN
Tanque Sedimentador Dortmund y Percoladores Biológicos	3 →	1. Urbanización Santísima Trinidad, Ayutuxtepeque, San Salvador 2. San José Villanueva, La Libertad 3. San Juan Talpa. La Paz
Tanque Sedimentador Imhoff y Percoladores Biológicos	1	4. Hogar del Niño Minusválido Abandonado, Planes de Renderos, San Salvador.
Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente y Percolador Biológico	1	5. Urbanización Chávez Galeano sector "B", Ayutuxtepeque, San Salvador.
Lodos Activados	1	6. Zona Franca El Pedregal, La Paz
Lagunas de Estabilización.	2	7. Zaragoza, La Libertad 8. ANSP, San Luis Talpa, La Paz.

## 2.2 DESCRIPCIONES TÉCNICAS Y EVALUACIÓN DE LAS PLANTAS ESTUDIADAS

A continuación se presentan las descripciones técnicas de las plantas de tratamiento seleccionadas para nuestro estudio, donde se expone su estado actual, elementos que las componen, estructura física, operación y seguridad; estos datos han sido tomados con la ayuda de las guías para las visitas de campo y entrevistas a los operadores que se elaboraron previamente con el fin de recopilar la información de manera sistemática (Ver anexo 1, primera parte).

Así mismo a continuación de cada descripción técnica, se muestran los datos de monitoreos que se les han efectuado recientemente, tomándose como principales parámetros Sólidos Totales, DBO y DQO, en algunos casos se han tomado los Sólidos Suspendidos y Sólidos Disueltos en sustitución de los Sólidos Totales y se han elaborado gráficas del comportamiento de estos parámetros a partir de las cuales se calcularon los porcentajes de remoción totales y los que efectúa cada elemento, estos valores se han graficado para facilitar su comprensión.

## 2.2.1 PLANTAS CON TANQUES SEDIMENTADORES DORTMUND Y PERCOLADORES

### 2.2.1.1 PLANTA DE TRATAMIENTO DE SAN JOSÉ VILLANUEVA

#### A. DESCRIPCIÓN TÉCNICA

UBICACIÓN: MUNICIPIO DE SAN JOSÉ VILLANUEVA, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD.

PROPIETARIO: ANDA

#### ASPECTOS GENERALES:

Esta planta fue construida con donaciones del gobierno de la República de Alemania a través de la gestión de ANDA e inaugurada en 1997. El agua residual de la comunidad de San José Villanueva es transportada por gravedad a la planta para recibir tratamiento antes de ser descargada al cuerpo receptor.

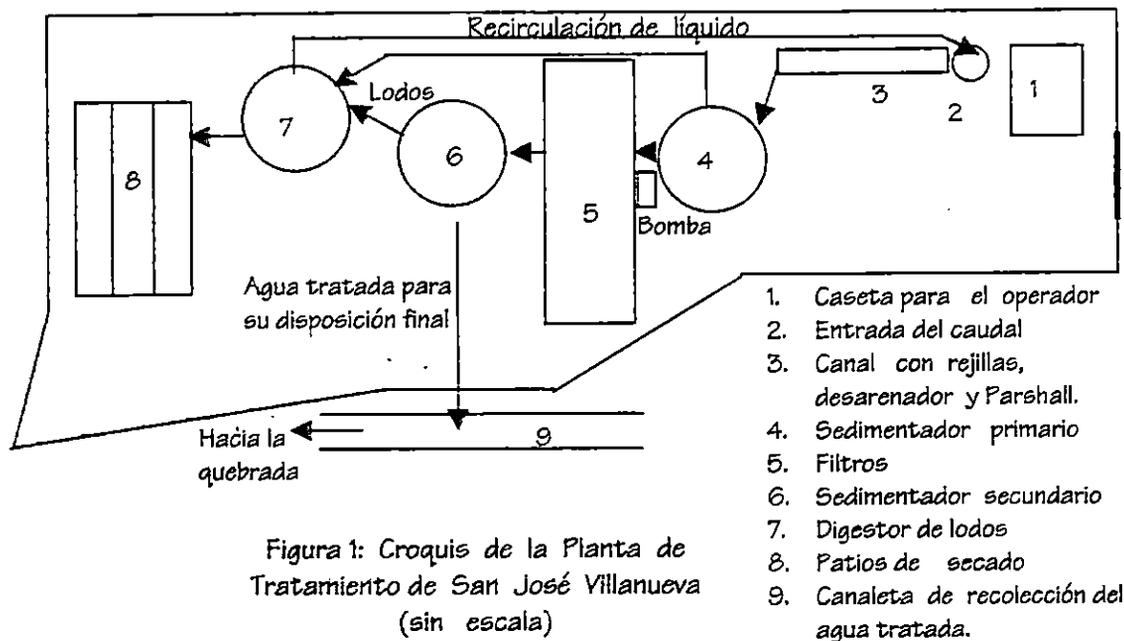
Cuenta con cerca perimetral, dos portones de acceso y cuatro lámparas que proporcionan iluminación nocturna; también cuenta con una caseta para el operador de dimensiones muy pequeñas, que además es ocupada como bodega y no cuenta con servicios sanitarios, por lo que no reúne las condiciones esenciales de espacio y comodidad para el operador.

Funciona por bombeo, y todos los elementos están debidamente identificados y en general, su estado físico es bueno, las instalaciones estaban limpias aunque no se observaron depósitos para la recolección de basuras y desechos, no se perciben malos olores en la planta ni en sus alrededores.

En cuanto a su ubicación con respecto a la población se encuentra a unos 300 metros, pero se pudieron observar 3 casas aisladas a unos 20 metros alrededor de la planta.

#### TRATAMIENTO PRELIMINAR:

El tratamiento preliminar es proporcionado por un canal que contiene las rejillas para la separación de los sólidos gruesos y las cámaras desarenadoras, además cuenta con un medidor de caudal tipo Parshall.



REJILLAS: están construidas con acero, espaciadas 2.5 centímetros y una inclinación de  $30^\circ$  con respecto al fondo del canal, la plataforma de escurrimiento también es de acero. El sistema cuenta con un canal auxiliar o by-pass en cuya entrada y salida hay rejas de acero colocadas verticalmente, ubicado unos 50 centímetros arriba del nivel del canal de manera que cuando el flujo es bastante grande pueda correr por este canal auxiliar evitando así que se rebalse el canal principal.

CAMARAS DESARENADORAS: El sistema cuenta con dos cámaras desarenadoras de concreto colocadas en paralelo, cuenta con compuertas de metal

que se cierran de forma hermética; al momento de la visita sólo estaba en funcionamiento una, mientras que la otra se encontraba seca y limpia de arena, la sección de control es rectangular al igual que la sección del canal, no se detectaron malos olores.

#### TRATAMIENTO PRIMARIO

TANQUE DE SEDIMENTACIÓN: El tanque de sedimentación tipo Dortmund es circular construido de concreto reforzado, cuenta con una pasarela de servicio de acero, las pantallas del sedimentador son de acero, redondas y están colocadas de forma concéntrica, presentando un estado inicial de corrosión, se puede observar una ligera flotación de lodos, no hay presencia de olores ni proliferación de insectos.

#### TRATAMIENTO SECUNDARIO:

El tratamiento secundario lo proporcionan un percolador biológico y un tanque sedimentador tipo Dortmund, debido a la pendiente del terreno el agua es bombeada hacia el filtro a través de tuberías, de aquí pasa al sedimentador secundario.

PERCOLADOR BIOLÓGICO: Es de forma rectangular, construido de bloques de concreto, se eleva aproximadamente unos 8 metros del nivel del terreno, posee una escalera de servicio hecha de metal sin protección alguna, muy importante debido a la altura de la estructura.

El agua es distribuida por catorce canaletas paralelas al lado más corto del percolador, fabricadas con viguetas y láminas de metal para formar las ranuras que distribuyen el agua. Se pudo observar la presencia de algas en las canaletas de distribución, especialmente al final de éstas, lo que impedía que el flujo se distribuyera uniformemente, sin embargo no se observaron zonas muertas ni encharcamiento en el lecho filtrante. El lecho filtrante está constituido por piedra volcánica, no se detectaron malos olores pero sí presencia de mosquitos en el lecho filtrante. Las ventanas del filtro son circulares, ubicadas a los lados de las paredes del filtro.

SEDIMENTADOR SECUNDARIO: Es un tanque circular tipo Dortmund, construido de concreto reforzado, posee pasarela de servicio metálica y sus pantallas también metálicas tienen forma redonda y concéntricas al igual que en el tanque primario, no presentan signos de corrosión, no hay presencia de insectos ni malos olores, se pueden observar lodos flotantes y algunas algas provenientes del

percolador, la canaleta perimetral se encuentra limpia y se genera en ella poca espuma.

## TRATAMIENTO DE LODOS

**DIGESTOR DE LODOS:** Es una estructura circular construido de concreto reforzado, en buen estado físico, cuenta con una pasarela de servicio metálica, pero no tiene reja de protección, se percibe un ligero olor a lodo podrido que puede deberse a que el lodo no se distribuye uniformemente en la superficie sino que existen pequeños huecos a las orillas del digestor.

**PATIOS DE SECADO:** Los patios de secado están contruidos de bloques de concreto y formados por tres celdas rectangulares en buen estado. El lecho de secado lo forman bloques de concreto colocados de lado cuyos agujeros han sido rellenos con arena, no se perciben malos olores ni presencia de insectos. Los líquidos captados por estos patios son vertidos directamente a la canaleta que lleva a la quebrada cercana.

## DISPOSICIÓN FINAL:

El agua tratada es descargada en una canaleta de cemento ubicada a un lado de la planta y fuera de ésta y de aquí es transportada hacia la quebrada cercana.

## OPERACIÓN DE LA PLANTA:

Esta planta cuenta con un manual especialmente diseñado para ella, trabajan dos operadores, y según la entrevista que se les hizo se tienen los siguientes datos:

- La limpieza de las rejillas y los desarenadores se realiza dos veces al día, por la mañana y por la tarde, buscando las horas más frescas para evitar los olores desagradables.
- El caudal es medido y registrado todos los días
- La salida de los lodos del digestor se efectúa cada mes y son trasladados a los patios.
- La extracción de lodos de los sedimentadores primario y secundario se realiza 2 veces al día por medio de una válvula de extracción que la traslada al digestor de lodos.
- Las canaletas de distribución del percolador se limpian diariamente, no así la superficie del lecho pues las natas y algas que se forman no son retiradas.

remoción que toda la planta proporciona al agua residual. elemento, así como también los porcentajes de remoción total, es decir, el porcentaje de estudio se han calculado los porcentajes de remoción que se efectúan de elemento a Noviembre y Diciembre de 1998, Enero, Febrero, Marzo y Abril de 1999, para su En esta planta se presentan los monitoreos efectuados en los meses de

#### B. EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA PLANTA

cerca de protección para el digestor de lodos puede generar accidentes. baranda de protección al igual que la escalera de acceso a éste. La falta de una Debido a la altura del filtro, el perimetro de la superficie debe contar con una

concreto para facilitar la circulación dentro de la planta. balastreados, la pendiente del terreno es levemente inclinada y existen gradadas de La superficie de los pasillos que conectan los elementos se encuentran

#### SEGURIDAD EN LA PLANTA:

- Los lodos son retirados de los patios cuando presentan su superficie agrietada y son enterrados.

También se comparan los datos de monitoreos con los Límites Máximos establecidos por las Normas del CONACYT para los siguientes parámetros: sólidos sedimentables, DBO, DQO, turbiedad y pH.

CUADRO N° 3: Monitoreos Efectuados en Noviembre 11 de 1998

DETERMINACIÓN	UNIDADES	RESULTADOS			
		PARSHALL	SED PRIM	FILTROS	SED SEC
Temperatura de la muestra	°C	23	23	23	23
Color	U- Color	1715	800	166	49
Conductividad	mohm-cm	620	640	600	560
Sólidos Sedimentables	mg/lts	11	N.D	0.1	N.D
Sólidos Totales	mg/lts	642	474	330	288
Sólidos suspendidos totales	mg/lts	332	154	30	8
Sólidos disueltos totales	mg/lts	310	320	300	280
Turbiedad	UNT	258	150	31	9
Oxígeno Disuelto	mg/lts	0	0	5.1	2.96
pH	U- pH	6.9	7.0	7.9	7.8
DBO total	mg/lts	272	135	24	
DQO total	mg/lts	350	200	34	9
Cloruros	mg/lts	42	45.8	45.8	44

CUADRO N° 4: Monitoreos Efectuados en Diciembre 16 de 1998

DETERMINACIÓN	UNIDADES	RESULTADOS			
		PARSHALL	SED PRIM	FILTROS	SED SEC
Temperatura de la muestra	°C	23	22	22	22
Color	U- Color	1970	1098	238	82
Conductividad	mohm-cm	660	700	600	600
Sólidos Sedimentables	mg/lts	9.5	N.D	0.6	N.D
Sólidos Totales	mg/lts	811	575	334	309
Sólidos suspendidos totales	mg/lts	481	225	34	9
Sólidos disueltos totales	mg/lts	330	350	300	300
Turbiedad	UNT	446	214	41	14
Oxígeno Disuelto	mg/lts	0	0	6.23	290
pH	U- pH	7.7	7.3	8.1	8.0
DBO total	mg/lts	428	204	40.5	23.66
DQO total	mg/lts	580	290	80	65
Cloruros	mg/lts	43.5	41.50	4.25	43.5

CUADRO N° 5: Monitoreos Efectuados en Enero 14 de 1999

DETERMINACIÓN	UNIDADES	RESULTADOS			
		PARSHALL	SED PRIM	FILTROS	SED SEC
Temperatura de la muestra	°C	23	23	22	22
Color	U- Color	1230	1078	95	75
Conductividad	mohm-cm	540	780	600	580
Sólidos Sedimentables	mg/lts	4	N.D.	0.1	N.D
Sólidos Totales	mg/lts	540	610	311	295
Sólidos suspendidos totales	mg/lts	270	220	11	5
Sólidos disueltos totales	mg/lts	270	390	300	290
Turbiedad	UNT	238	198	18	15
Oxígeno Disuelto	mg/lts	0	0	6.56	3.78
pH	U- pH	7.65	7.65	7.65	7.75
DBO total	mg/lts	319	249.8	17.26	11.7
DQO total	mg/lts	385	300	42	19
Cloruros	mg/lts	26	24.6	38	37

CUADRO N° 6: Monitoreos Efectuados en Febrero 9 de 1999

DETERMINACIÓN	UNIDADES	RESULTADOS			
		PARSHALL	SED PRIM.	FILTROS	SED SEC
Temperatura de la muestra	°C	25	24	24	24
Color	U- Color	2130	1340	121	600
Conductividad	mohm-cm	510	640	620	N.D
Sólidos Sedimentables	mg/lts	1.5	N.D	N.D	308
Sólidos Totales	mg/lts	449	510	330	N.D.
Sólidos suspendidos totales	mg/lts	189	190	20	8
Sólidos disueltos totales	mg/lts	260	320	310	300
Turbiedad	UNT	390	200	18	11
Oxígeno Disuelto	mg/lts	0	0	6.15	4.17
pH	U- pH	7.1	7.1	8	8
DBO total	mg/lts	224	167	16.5	14
DQO total	mg/lts	462	230	28	24
Cloruros	mg/lts	36.5	45.5	49.5	46.5

CUADRO N° 7: Monitoreos Efectuados en Marzo 11 de 1999

DETERMINACIÓN	UNIDADES	RESULTADOS			
		PARSHALL	SED PRIM	FILTROS	SED SEC.
Temperatura de la muestra	°C	29	29	28	28
Color	U- Color	1830	1425	194	78
Conductividad	mohm-cm	500	600	600	600
Sólidos Sedimentables	mg/lts	2	0.1	0.2	N.D
Sólidos Totales	mg/lts	548	559	339	309
Sólidos suspendidos totales	mg/lts	298	259	39	9
Sólidos disueltos totales	mg/lts	250	300	300	300
Turbiedad	UNT	286	254	38	14
Oxígeno Disuelto	mg/lts	0	0	6.00	4.13
pH	U- pH	6	6	6	6
DBO total	mg/lts	341	216	24	6.60
DQO total	mg/lts	520	342	52	10
Cloruros	mg/lts	26.5	37.6	41.5	45.4

CUADRO N° 8: Monitoreos Efectuados en Abril 1 de 1999

DETERMINACIÓN	UNIDADES	RESULTADOS			
		PARSHALL	SED PRIM	FILTROS	SED SEC.
Temperatura de la muestra	°C	25	25	25	25
Color	U- Color	1885	918	123	100
Conductividad	mohm-cm	740	780	640	600
Sólidos Sedimentables	mg/lts	4.0	N.D	0.1	N.D
Sólidos Totales	mg/lts	805	583	337	310
Sólidos suspendidos totales	mg/lts	435	193	17	10
Sólidos disueltos totales	mg/lts	370	390	320	300
Turbiedad	UNT	395	178	23	18
Oxígeno Disuelto	mg/lts	N.D.	N.D	5.15	2.31
pH	U- pH	7.6	7.0	7.9	7.8
DBO total	mg/lts	217.56	205	26.13	11.1
DQO total	mg/lts	295	295	40	24
Cloruros	mg/lts	44	45	17	76.7

Las unidades que se utilizan en estos cuadros resumen y en los siguientes se definen a continuación:

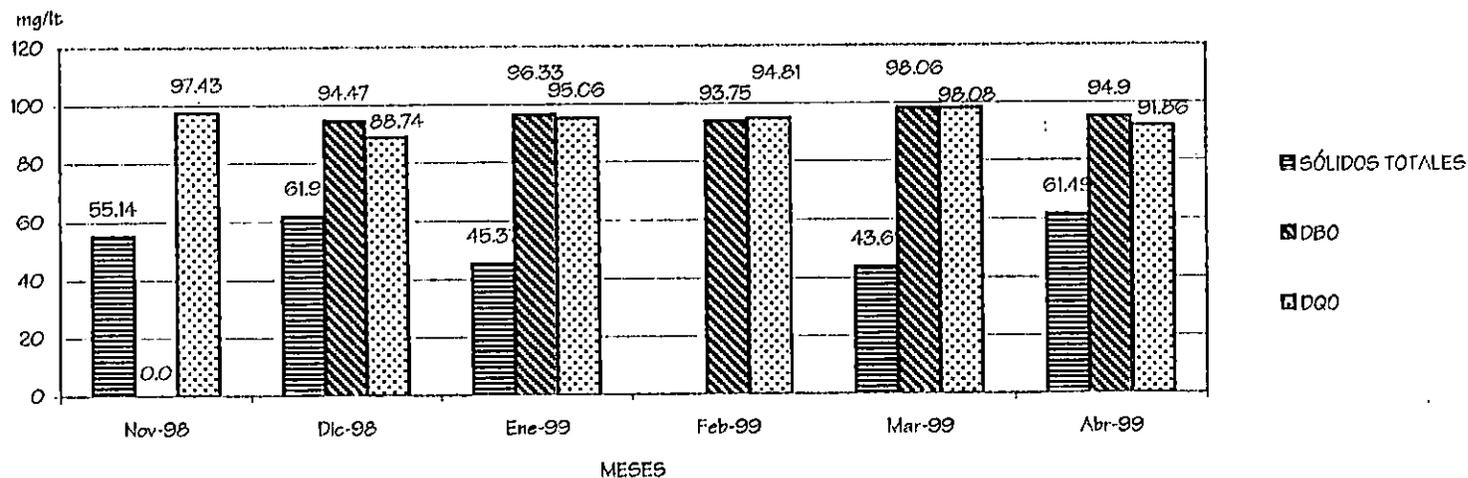
- U- Color: Unidades de color
- Mohm-cm: Miliohmios- centímetro
- mg/lts: Miligramos por litro
- UNT: Unidades Nefelométricas de Turbiedad
- U-pH: Unidades de pH

CUADRO N°9: PORCENTAJE DE REMOCION POR ELEMENTO Y TOTAL, SAN JOSE VILLANUEVA

MESES	% DE REMOCION POR ELEMENTO									% DE REMOCION TOTAL		
	PARSHALL-SEDIM. PRIMARIO			SEDIM. PRIMARIO-FILTROS			FILTROS- SEDIM. SECUNDARIO			TOTAL		
	SÓLIDOS TOTALES	DBO	DQO	SÓLIDOS TOTALES	DBO	DQO	SÓLIDOS TOTALES	DBO	DQO	SÓLIDOS TOTALES	DBO	DQO
Nov-98	26.17	50.37	42.86	30.38	82.22	83	12.73		73.53	55.14		97.43
Diciembre-98	29.1	52.34	50	41.91	80.15	72.4	7.49	41.58	81.25	61.9	94.47	88.74
Enero-99	-12.96	21.69	22.08	49.02	93.09	86	5.14	32.21	54.76	45.37	96.33	95.06
Febrero-99	-13.59	25.45	50.22	35.29	90.2	87.8		14.29	15.15		93.75	94.81
Mar-99	-2.01	36.66	34.23	39.36	88.89	84.8	8.85	72.5	80.77	43.61	98.06	98.08
Abr-99	38.51	5.77	8.13	42.2	87.25	86.4	8.01	57.52	40	61.49	94.9	91.86
PROMEDIOS	10.87	32.05	34.59	39.69	86.97	83.4	8.44	43.62	57.58	53.5	95.5	94.33

NOTA: LOS NÚMEROS NEGATIVOS INDICAN UN AUMENTO Y NO UNA REMOCION DE ESTE PARÁMETRO.

GRÁFICO N° 1: PORCENTAJE DE REMOCION TOTAL DE LA PLANTA DE SAN JOSE VILLANUEVA



Para los porcentajes de remoción por elemento se obtuvo un porcentaje promedio y se comparó con el porcentaje esperado para el tipo de elemento estudiado.

Cuadro N° 10 : Comparación de los porcentajes de remoción por elemento

ELEMENTO	% ESPERADO (DBO)	% PROMEDIO OBTENIDO
Sedimentador Primario <sup>3</sup>	25 - 40	32
Percolador <sup>4</sup>	60 - 70	87
Sedimentador Secundario <sup>5</sup>	25 - 40	44

Como puede observarse el tanque sedimentador primario tiene eficiencias dentro del rango esperado, el percolador y el sedimentador secundario están trabajando con una eficiencia de remoción mayor que la de diseño.

Los resultados de los porcentajes de remoción total de la planta se presentan a continuación:

- Los valores de remoción de sólidos totales se han mantenido en el rango de 43% a 62% a través de los meses muestreados sin experimentar cambios bruscos.

<sup>3</sup> Tratamiento de Aguas Negras

<sup>4</sup> Procesos de Tratamiento Anaerobios con Microorganismos en Suspensión y Adheridos a un medio Fijo, Dr. Vicente Joinguitud Falcon.

<sup>5</sup> Tratamiento de Aguas Negras y Desechos Industriales, George Barnes.

- Los porcentajes de remoción de DBO y DQO totales para los meses estudiados, se mantienen en niveles altos, para DBO entre 94% y 98%; y para DQO entre 88% y 98%.

Como puede observarse tanto por elemento como en conjunto la planta arroja resultados de eficiencias de remoción satisfactorios.

CUADRO N° 11 : Comparación entre los resultados obtenidos en la planta de tratamiento de San José Villanueva y los Límites Máximos permisibles para descarga de aguas residuales en un cuerpo receptor (CONACYT, Norma en Consulta Pública).

PARÁMETRO	CONACYT	MESES					
		Dic - 98	Nov- 98	Ene-99	Feb -99	Mar -99	Abr-99
S.S. T (mg/L)	60	9	8	5	8	9	10
DBO (mg/L)	30	23.66		11.7	14	6.6	11.1
DQO (mg/L)	60	65	9	19	24	10	24
TURBIEDAD (UNT)	100	14	9	15	11	14	18
pH	5.5 - 9	8	7.8	7.75	8	6	7.8

Como puede observarse en esta planta cada uno de los parámetros comparados están dentro de los límites máximos que las normas establecen.

→ 2.2.1.2 PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA URBANIZACION SANTISIMA TRINIDAD

A. DESCRIPCIÓN TECNICA

UBICACIÓN: MUNICIPIO DE AYUTUXTEPEQUE, DPTO. DE SAN SALVADOR.

PROPIETARIO: URBANIZADOR

POBLACIÓN SERVIDA: 18,000 PERSONAS

ASPECTOS GENERALES:

Esta planta de tratamiento opera por gravedad, cuenta con cerca perimetral, y caseta con bodega, no tiene servicio sanitario, se pudo observar mobiliario como escritorio, silla y una repisa pequeña, cuenta con los planos de la planta pero no con un manual de operación y mantenimiento de ésta, la caseta no se encuentra en la entrada de la planta debido a la forma y topografía del terreno, no se observaron depósitos para basura, los elementos no están identificados con rótulos, la limpieza de las instalaciones es adecuada y aunque se percibían malos olores en el ambiente, éstos no eran fuertes.

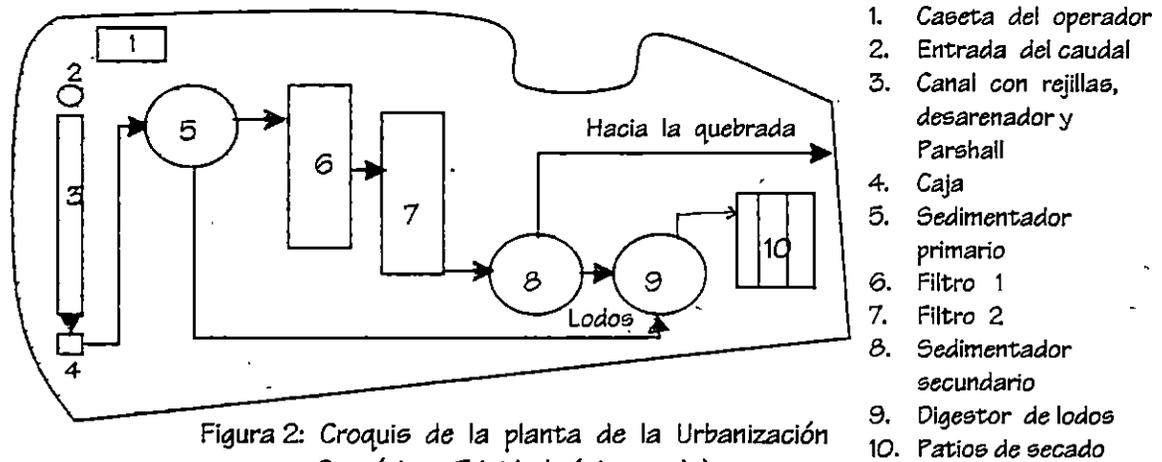


Figura 2: Croquis de la planta de la Urbanización Santísima Trinidad, (sin escala)

## TRATAMIENTO PRELIMINAR:

Los elementos que brindan el tratamiento preliminar son rejillas y cámaras desarenadoras además cuenta con un medidor de caudal tipo Parshall. El estado físico de esta estructura es bueno.

REJILLAS: Las rejillas cuentan con plataforma de escurrimiento fabricada de metal, pero no posee pasarela para facilitar su limpieza ni by-pass, en el momento de la visita no se había efectuado la limpieza por lo que éstas estaban un poco sucias.

CAMARAS DESARENADORAS: Existen dos cámaras desarenadoras construidas de concreto ubicadas en paralelo, al realizar la visita ambas estaban en servicio, la presencia de malos olores era poca. Las compuertas que permiten el paso del agua a las cámaras desarenadoras están sostenidas de forma inadecuada, pues sólo hay unas tablas delgadas a las cuales están sujetas.

## TRATAMIENTO PRIMARIO

TANQUE DE SEDIMENTACIÓN TIPO DORTMUND: Es un tanque circular construido de concreto reforzado que cuenta con pasarela de servicio la cual es de armadura de metal y huellas de mortero.

Las pantallas son de concreto, la interior tiene forma cuadrada y la exterior es circular. No se observó proliferación de insectos y la presencia de malos olores era mínima. La presencia de lodos flotantes era notoria. No había espuma en la canaleta perimetral y el cultivo de algas es mínimo.

#### TRATAMIENTO SECUNDARIO

PERCOLADORES BIOLÓGICOS: Se cuenta con dos percoladores biológicos contruidos con bloques de concreto, tienen aproximadamente 10 metros de altura, ambas estructuras están en buen estado físico. Cuentan con 38 canaletas de concreto para la distribución uniforme del flujo.

El lecho filtrante de éstos es de piedra volcánica, se observaron zonas muertas a las orillas de las paredes de los percoladores, alrededor de éstos se pudo observar excremento de rata lo que significa que una comunidad grande se está alimentando de los desechos generados por éstos. En el fondo de los percoladores existen ventanas que sirven para la entrada del aire, de manera que el proceso se realice en condiciones aeróbicas, el agua filtrada sale por estas ventanas y es recogida en canaletas que la trasladan al elemento siguiente, se detectaron malos olores y presencia de insectos aunque en pequeña escala, en la canaleta del segundo filtro se observó abundante espuma.

TANQUE SEDIMENTADOR SECUNDARIO: La estructura de este tanque es similar a la del tanque sedimentador primario, iguales dimensiones, pasarela de servicio y forma de las pantallas; presentaba una pequeña cantidad de lodos flotantes y había presencia moderada de insectos y malos olores.

#### TRATAMIENTO DE LODOS

DIGESTOR DE LODOS: El tanque digestor de lodos es circular, construido de concreto reforzado, no cuenta con cerca de protección pero su estructura física es buena, había presencia de malos olores e insectos aunque en pequeña cantidad.

La distribución del lodo no es uniforme y la capa de lodo flotante no es espesa, esto quizás debido a que el tiempo de extracción de lodos es muy largo. El lodo se encontraba en período de maduración.

PATIOS DE SECADO: Existen cuatro patios de secado de dimensiones de 5 metros de ancho por 15 metros de largo, el material del fondo está constituido por grava y arena graduada que filtran el líquido hasta un tubo de PVC perforado que lo recolecta para su disposición final, no existen insectos o malos olores en esta zona.

#### DISPOSICIÓN FINAL:

La captación y descarga del agua proveniente de los patios se hace por medio de tuberías ubicadas a un extremo de éstos y se hace directamente a la quebrada adyacente a la planta. El agua tratada también es evacuada a través de tuberías a la quebrada.

#### OPERACIÓN DE LA PLANTA:

Esta planta no cuenta con un manual de mantenimiento, su operador manifiesta que las instrucciones para la operación de la planta le fueron dadas en forma verbal al contratarlo. Los períodos de limpieza y disposición de desechos se describen a continuación:

- Las rejillas y los desarenadores son limpiados dos veces al día, por la mañana y por la tarde, la basura es quemada al aire libre y las arenas son esparcidas cerca de esta estructura.
- Los lodos son retirados del sedimentador primario cada 15 días y la extracción dura 3 días.
- Las canaletas de distribución del percolador son limpiadas todos los días para retirar basuras y algas, los desechos son quemados. Las ventanas, y las canaletas de transporte del agua residual son lavadas y se retiran las algas todos los días.

- La extracción de lodos del sedimentador secundario se lleva a cabo cada mes, y dura tres días.
- La estabilización de los lodos que se efectúa en el digestor de lodos tarda alrededor de un mes, período después del cual se extraen, esta extracción dura tres días.
- Los lodos que son depositados se secan por evaporación, y el parámetro que sirve para removerlos es cuando éstos se agrietan en su superficie, período que ha sido estimado en 20 días, el lodo seco se deposita cerca del muro que limita la planta con la quebrada cercana.

El equipo y herramientas que utiliza el operador para realizar el mantenimiento de la planta es el siguiente:

- Para canal de rejillas y desarenador: alambre grueso con gancho en uno de sus extremos, rastrillo, palas, baldes. Equipo: botas de hule
- Tanques sedimentadores y Percoladores: escobas. Equipos: botas de hule
- Patios de secado: palas. Equipo: botas y guantes de hule.
- Limpieza general: escobas y rastrillos.

## SEGURIDAD EN LA PLANTA:

La calle de acceso de la urbanización a la planta es de tierra, bastante inclinada y resbalosa, por lo que es insegura para transitar, sobre todo en época de lluvia; los pasillos de circulación no tienen ningún tipo de recubrimiento, existen gradas que facilitan el acceso de los filtros al sedimentador secundario. La división entre la urbanización y la planta es un talud de grandes dimensiones estabilizado con un recubrimiento de mortero que no ofrece la seguridad ni la durabilidad requerida para este caso, por lo que se estima que un temporal puede dañarlos fácilmente.

Debido a la altura de los percoladores, su ubicación y la topografía del terreno se hace necesario que éstos cuenten con una baranda de protección en las zonas más altas. El digestor de lodos no tiene cerca de protección, por lo que es inseguro para su inspección y limpieza. Cerca de los patios de secado se encuentra un pequeño talud de tierra, el cual no está estabilizado, generando que en época de lluvia pueda deslizarse depositándose en los patios. La planta no cuenta con dispositivos para la iluminación nocturna y no se observó ningún rótulo en la salida del agua residual.

## B. EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA PLANTA

Esta planta sólo cuenta con datos de monitoreos para el mes de Septiembre de 1998 y Enero de 1999, ésta es nueva funcionando y éstos son los únicos meses que se han monitoreado hasta la fecha.

Para esta planta también se han calculado los porcentajes de remoción por elemento y los porcentajes de remoción total de la planta, además se hace una comparación de estos resultados con los Límites Máximos Permisibles de las Normas del CONACYT.

CUADRO N° 12: Monitoreos Efectuados en Septiembre 3 de 1998

DETERMINACIÓN	UNIDADES	RESULTADOS			
		PARSHALL	SED PRIM	FILTRO 2	SED SEC
Temperatura de la muestra	°C	25	24	24	24
Color	U- Color	880	860	93	53
Conductividad	mohm-cm	300	410	340	310
Sólidos Sedimentables	mg/lts	4.5	N.D	0.1	N.D
Sólidos Totales	mg/lts	288	308	185	156
Sólidos suspendidos totales	mg/lts	138	108	15	6
Sólidos disueltos totales	mg/lts	150	200	170	150
Turbiedad	UNT	120	160	13	9
Oxígeno Disuelto	mg/lts	1.54	0	5.69	3.39
pH	U- pH	7.2	7.8	7.4	7.9
DBO total	mg/lts	118	104	28	20
DQO total	mg/lts	176	136	40	28
Cloruros	mg/lts	17.5	21.5	18.5	17.5

CUADRO N° 13: Monitoreos Efectuados en Enero 15 de 1999

DETERMINACIÓN	UNIDADES	RESULTADOS				
		PARSHALL	SED PRIM	FILTRO1	FILTRO 2	SED SEC
Temperatura de muestra	°C	22	22	21	21	21
Color	U- Color	1060	733.3	294	177	93
Conductividad	mohm-cm	340	460	460	440	360
Sólidos Sedimentables	mg/lts	4.5	N.D	0.1	0.2	N.D
Sólidos Totales	mg/lts	421	367	274	248	192
Sólidos suspendidos totales	mg/lts	251	137	44	28	12
Sólidos disueltos totales	mg/lts	170	230	230	220	180
Turbiedad	UNT	200	135	53	32	16
Oxígeno Disuelto	mg/lts	2.74	0	3.75	2.87	4.87
pH	U- pH	7.35	7.78	7.73	7.72	7.45
DBO total	mg/lts	204.6	123	31.35	24.2	14
DQO total	mg/lts	445	160	56	45	32
Cloruros	mg/lts	17.9	22	22.7	22.7	17.9

CUADRO N° 14: Remociones que proporcionan cada elemento

ELEMENTO	% ESPERADO (DBO)	% PROMEDIO OBTENIDO
Sedimentador Primario <sup>3</sup>	25 - 40	25.88
Percolador <sup>4</sup>	60 - 70	66.8
Sedimentador Secundario <sup>5</sup>	25 - 40	35.36

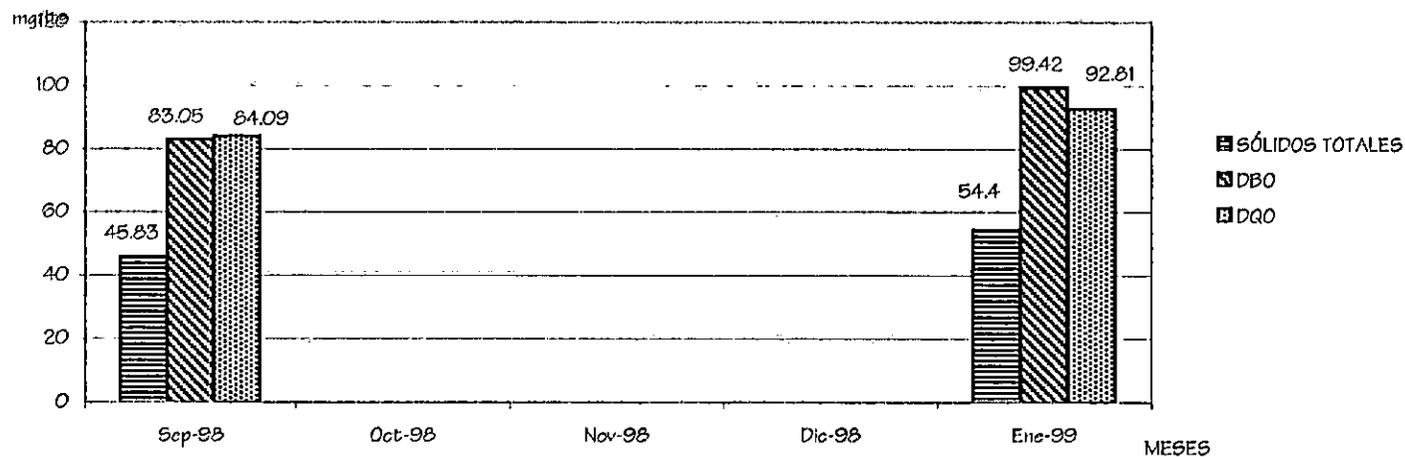
Como puede observarse en el cuadro, todos los porcentajes de remoción por elemento están dentro de los rangos de diseño.

HOMBRE DE LA PLANTA: SANTISIMA TRINIDAD

CUADRO N° 15: Porcentajes de remoción por elementos

MESES	% DE REMOCION POR ELEMENTO											
	PARSHALL-SEDIM. PRIMARIO			SEDIM. PRIMARIO-FILTRO 1			FILTRO 1- FILTRO 2			FILTRO 2- SEDIM. SECUNDARIO		
	SÓLIDOS TOTALES	DBO	DQO	SÓLIDOS TOTALES	DBO	DQO	SÓLIDOS TOTALES	DBO	DQO	SÓLIDOS TOTALES	DBO	DQO
Sep-98												
Enero-99	-6.94	11.86	22.73	39.93	73.08	70.51				15.68	28.57	30
PROMEDIO	12.83	39.9	64.05	25.34	74.51	65	12.41	22.8	19.64	20	42.15	28.9
	2.945	25.88	43.39	32.635	73.795	67.76	12.41	22.8	19.64	17.84	35.36	29.45

GRÁFICO N° 2: PORCENTAJE DE REMOCION TOTAL DE LA PLANTA DE LA URBANIZACION SANTISIMA TRINIDAD



	Sep-98	Enero-99
SÓLIDOS TOTALES	45.83	54.4
DBO	83.05	99.42
DQO	84.09	92.81

CUADRO N° 16: PORCENTAJES DE REMOCIÓN TOTAL

Respecto a los porcentajes de remoción total se verifica que la planta tiene una eficiencia de remoción arriba del 80 % para DBO y DQO; y un 45% para sólidos totales. Por lo que puede decirse que la planta tanto en conjunto, como por elemento, trabaja de manera satisfactoria. esto también se comprueba al hacer la comparación con los parámetros establecidos en la normas del CONACYT.

CUADRO N° 17: Comparación entre los resultados obtenidos en la planta de tratamiento de Urbanización Santísima Trinidad y los Limites Máximos permisibles para descarga de aguas residuales en un cuerpo receptor (CONACYT, Norma en Consulta Pública).

PARÁMETROS	CONACYT	MESES	
		Sep-98	Ene-99
S. S. T ( mg/L)	60	6	12
DBO (mg/L)	30	20	14
DQO (mg/L)	60	28	32
TURBIEDAD (UNT)	100	9	16
pH	5.5 - 9	7.9	7.45

### 2.2.1.3 PLANTA DE TRATAMIENTO DE SAN JUAN TALPA

#### A. DESCRIPCIÓN TÉCNICA

UBICACIÓN: MUNICIPIO DE SAN JUAN TALPA, DEPARTAMENTO DE LA PAZ

PROPIETARIO: ANDA

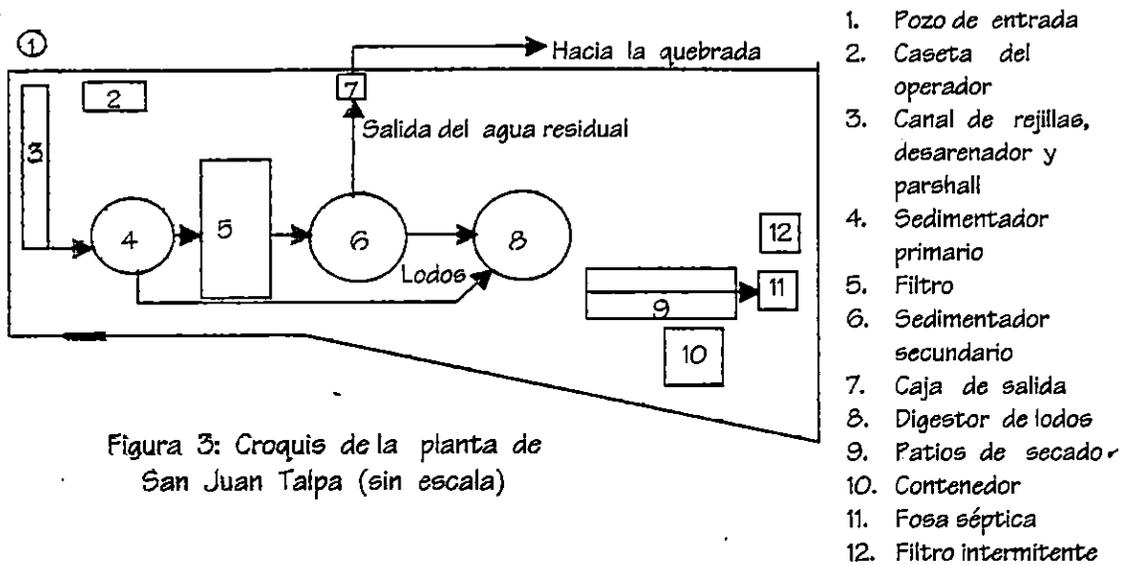
POBLACIÓN SERVIDA: 3000 PERSONAS

#### ASPECTOS GENERALES:

Esta planta fue construida con donaciones del gobierno de la República de Alemania, a través de la gestión de ANDA. Está ubicada al sur de la población de San Juan Talpa, opera por gravedad.

Las instalaciones se encuentran restringidas a los particulares por medio de una cerca perimetral, la entrada es a través de un portón principal y otro ubicado frente a una cancha de fútbol, pero aun así, los pobladores dejan entrar vacas y bueyes a las instalaciones.

La caseta del operador se encuentra equipada con herramientas y equipo adecuado para el mantenimiento de la planta, además de mobiliario como escritorio, silla y repisas, no cuenta con servicios sanitarios, a los operadores les han proporcionado un manual de mantenimiento diseñado para esta planta.



Cada elemento que forma parte de la planta se encuentra debidamente identificado con rótulos. La limpieza dentro de las instalaciones de la planta es satisfactoria pues no hay presencia de promontorios de lodos o cualquier otro tipo de basura, la siembra de árboles dentro del lugar favorece tanto para mejorar el clima como para la disipación de los malos olores que se puedan generar.

### TRATAMIENTO PRELIMINAR

Las aguas provenientes de la población de San Juan Talpa, llegan a esta planta para recibir el tratamiento adecuado antes de ser descargadas al cuerpo receptor. El sistema de alcantarillado en este lugar es individual, así que las aguas que son tratadas son exclusivamente las aguas provenientes del uso doméstico.

Para efectuar el tratamiento preliminar esta planta cuenta con rejillas y cámaras desarenadoras y un medidor de caudal tipo Venturi.

REJILLAS: Son de acero, con una inclinación con respecto a la vertical de  $30^\circ$  y una separación de 1" (2.5 cm), para condiciones desfavorables de época de lluvias o cuando llegue un caudal mayor al de diseño, se cuenta con by-pass. Además existe una plataforma de escurrimiento hecha de acero donde se depositan los sólidos gruesos que son retirados de las rejillas para que se sequen y luego ser conducidos al contenedor.

CÁMARAS DESARENADORAS: Luego de las rejillas existen dos cámaras con compuertas herméticas a la entrada y a la salida que son abiertas o cerradas utilizando un mecanismo de tornillo sin fin, que controla el caudal que circulará por las cámaras, el funcionamiento de las cámaras es alterno día con día, pero en época de lluvia debido al aumento del caudal funcionan las dos.

#### TRATAMIENTO PRIMARIO

TANQUE DE SEDIMENTACIÓN: Para realizar el tratamiento primario se cuenta con un tanque de sedimentación tipo Dortmund de forma circular cuyo diámetro es de 6.5 metros, fabricado de concreto, este tanque cuenta con una

pasarela central de acero para facilitar las evaluaciones del funcionamiento de éste, las pantallas son circulares fabricadas de acero. No se percibió presencia de insectos ni olores desagradables.

## TRATAMIENTO SECUNDARIO

PERCOLADOR BIOLÓGICO: La forma de este percolador es rectangular, fabricado de bloques de concreto, el agua es distribuida a través de 16 canaletas ubicadas paralelas al lado más corto de la estructura, pero la distribución sobre el lecho filtrante no es uniforme debido a la pendiente de éstas, la base de las canaletas es de concreto y sus paredes ranuradas son de acero, cuenta con ventanas de aireación circulares, ubicadas a la mitad de la altura y en la parte inferior de las paredes.

SEDIMENTADOR SECUNDARIO: Este es tipo Dortmund, tiene un diámetro de 9 metros y cuenta con los mismos elementos que el primer tanque. Debido al mantenimiento periódico que se le efectúa, la presencia de natas y algas es poca.

## TRATAMIENTO DE LODOS

DIGESTOR DE LODOS: Este consiste en un tanque fabricado de concreto cuyo diámetro es de 10 metros, cuenta con una cerca de protección, este tanque

recibe los lodos provenientes de los tanques de sedimentación, la estructura física está en buenas condiciones, la operación y limpieza de esta unidad se ha visto afectada por la ignorancia de la población acerca del propósito de las plantas de tratamiento, ya que han arrojado piedras que han obstruido la salida de los lodos, generando su acumulación y endurecimiento haciendo más difícil su extracción teniendo que recurrir a la utilización de pipas para succionar los lodos sin mucho éxito, pues no se ha conseguido retirar las piedras, este problema tiene ya 6 meses.

**PATIOS DE SECADO:** Esta unidad está formada por dos patios contruidos de bloques de concreto su lecho secante también es de bloques de concreto, colocados de lado y sus huecos han sido rellenos con arena. El canal que distribuye los lodos a los patios se encontraba sucio dando muestras de que no han realizado una extracción reciente.

**CONTENEDOR:** Está fabricado de bloques de concreto y su función es recolectar los desechos y basuras provenientes de la operación de la planta.

**FOSA SEPTICA:** Las aguas provenientes de la primera capa del digestor, así como las aguas filtradas de los lechos de secado son captadas en esta fosa, donde reciben tratamiento.

**FILTRO DE ARENA:** Este elemento se encuentra enterrado, las aguas provenientes de la fosa séptica pasan a este filtro intermitente de arena con el fin de mejorar la calidad del efluente a ser vertido en el cuerpo receptor

#### **DISPOSICIÓN FINAL:**

Las aguas tratadas son transportadas por medio de una tubería de 20 metros a la quebrada cercana.

#### **OPERACIÓN DE LA PLANTA:**

Los operadores de esta planta se basan en el manual que les han proporcionado para realizar el mantenimiento de ésta, el cual se describe a continuación:

- La limpieza de las rejillas y los desarenadores se realiza dos veces al día, por la mañana y por la tarde, buscando las horas más frescas para evitar los olores desagradables.
- El caudal es medido todos los días a las 8:00 a.m. y a las 4:00 p.m.

- La extracción de lodos de los sedimentadores primario y secundario se realiza 2 veces al día por medio de una válvula de extracción que los traslada al digestor de lodos.
- Las canaletas de distribución del percolador son limpiadas diariamente, no así la superficie del lecho pues las natas y algas que se forman no son retiradas, los respiraderos son limpiados con agua a presión y se retira de éstos cualquier planta que nazca en ellos.
- La purga se efectuaba cada mes, pero debido al problema descrito anteriormente se lleva a cabo cada tres meses.

Para la operación de esta planta los operadores utilizan como equipo guantes y botas de hule, sombrero para protegerse del sol y uniforme, aunque éste ya está muy gastado, también utilizan las siguiente herramientas:

- Para la limpieza del canal de rejillas y desarenador: rastrillo, manguera, palas, baldes y una cinta métrica para realizar la medición del caudal.
- Tanques sedimentadores: escobas y llave para la bomba de lodos
- Percoladores: escobas, manguera.

## SEGURIDAD EN LA PLANTA:

El canal que contiene el tratamiento preliminar se encuentra a una distancia muy corta de la cerca perimetral, y éste fácilmente puede ser objeto de travesuras de los pobladores. Las cajas distribuidoras que conectan todos los elementos se encuentran tapadas, pero es necesario que éstas sean fumigadas periódicamente, pues al momento de la visita se observaron cucarachas en su interior.

El diseño de esta planta ha sido concebido de acuerdo a la topografía del lugar, pues existen accesos que facilitan la circulación en todas las zonas de la planta, ya que cuenta con escaleras metálicas y gradas de concreto y también con aceras de concreto, el suelo es balastreado.

Debido a la altura del filtro éste debe contar con una baranda de protección, sobre todo al final y a los lados.

Esta planta no cuenta con iluminación nocturna, el portón ubicado frente a la cancha de fútbol no cuenta con candado, lo que ha provocado la circulación de personas y ganado a través de ésta, lo que podría acarrear accidentes.

## B. EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA PLANTA

En esta planta se presentan los monitoreos efectuados en los meses de Julio, Agosto, Septiembre y Octubre de 1998.

Se han calculado los porcentajes de remoción por elemento y los porcentajes de remoción total de la planta, además se ha realizado la comparación de estos resultados con los Límites Máximos Permisibles de las Normas del CONACYT.

CUADRO N° 18: Monitoreos Efectuados en Julio 9 de 1998

DETERMINACIÓN	UNIDADES	RESULTADOS			
		PARSHALL	SED PRIM	FILTROS	SED SEC
Temperatura de la muestra	°C	25	24	24	24
Color	U- Color	481	313	96	66
Conductividad	mohm-cm	560	540	520	440
Sólidos Sedimentables	mg/lts	1	ND	0.1	ND
Sólidos Totales	mg/lts	372	333	286	235
Sólidos suspendidos totales	mg/lts	92	63	26	15
Sólidos disueltos totales	mg/lts	280	270	260	220
Turbiedad	UNT	82	54	19	13
Oxígeno Disuelto	mg/lts	2.37	0	5.46	5.09
pH	U- pH	7.3	7.1	7.6	7.6
DBO total	mg/lts	134	52	30	20.33
DQO total	mg/lts	238	112	56	47
Cloruros	mg/lts	46.5	39.5	39.5	31.5

CUADRO N° 19: Monitoreos Efectuados en Agosto 12 de 1998

DETERMINACIÓN	UNIDADES	RESULTADOS			
		PARSHALL	SED PRIM	FILTROS	SED SEC
Temperatura de la muestra	°C	26	25	25	25
Color	U- Color	1135	653	176	132
Conductividad	mohm-cm	520	560	500	520
Sólidos Sedimentables	mg/lts	9	0	0.3	0
Sólidos Totales	mg/lts	544	403	284	280
Sólidos suspendidos totales	mg/lts	284	123	34	20
Sólidos disueltos totales	mg/lts	264	280	250	260
Turbiedad	UNT	234	127	30	23
Oxígeno Disuelto	mg/lts	0	0	4.032	0.28
pH	U- pH	7.8	6.9	7.9	7.8
DBO total	mg/lts	277.76	66	58.18	38
DQO total	mg/lts	345	115	64	65
Cloruros	mg/lts	29.5	33.5	31.5	37.5

CUADRO N° 20: Monitoreos Efectuados en Septiembre 11 de 1998

DETERMINACIÓN	UNIDADES	RESULTADOS			
		PARSHALL	SED PRIM	FILTROS	SED SEC
Temperatura de la muestra	°C	26	26	26	26
Color	U- Color	1233	998	232	270
Conductividad	mohm-cm	560	600	580	620
Sólidos Sedimentables	mg/lts	9	0.1	0.6	0
Sólidos Totales	mg/lts	516	470	325	353
Sólidos suspendidos totales	mg/lts	236	170	35	43
Sólidos disueltos totales	mg/lts	280	300	290	310
Turbiedad	UNT	221	181	40	50
Oxígeno Disuelto	mg/lts	0	0	3.63	0
pH	U- pH	7.4	7.2	8	7.6
DBO total	mg/lts	110	66	45.1	36.66
DQO total	mg/lts	195	166	76	44
Cloruros	mg/lts	9.75	7.25	10	11.25

CUADRO N° 21: Monitoreos Efectuados en Octubre 7 de 1998

DETERMINACIÓN	UNIDADES	RESULTADOS			
		PARSHALL	SED PRIM	FILTRO	SED SEC.
Temperatura de la muestra	°C	26	26	26	26
Color	U- Color	950	638	115	88
Conductividad	mohm-cm	600	660	680	580
Sólidos Sedimentables	mg/lts	4.5	N.D.	0.1	N.D.
Sólidos Totales	mg/lts	463	435	360	305
Sólidos suspendidos totales	mg/lts	163	105	20	19
Sólidos disueltos totales	mg/lts	300	330	340	290
Turbiedad	UNT	160	108	20	16
Oxígeno Disuelto	mg/lts	0	0	4.76	0
pH	U- pH	7.6	7.6	8.4	8
DBO total	mg/lts	200	74.8	6.6	7.7
DQO total	mg/lts	250	104	26	24
Cloruros	mg/lts	38	42	41	34

CUADRO N° 22: Porcentaje de remoción por elemento

ELEMENTO	% ESPERADO (DBO)	% PROMEDIO OBTENIDO
Sedimentador Primario <sup>3</sup>	25 - 40	60.01
Percolador <sup>4</sup>	60 - 70	44.19
Sedimentador Secundario <sup>5</sup>	25 - 40	17.23

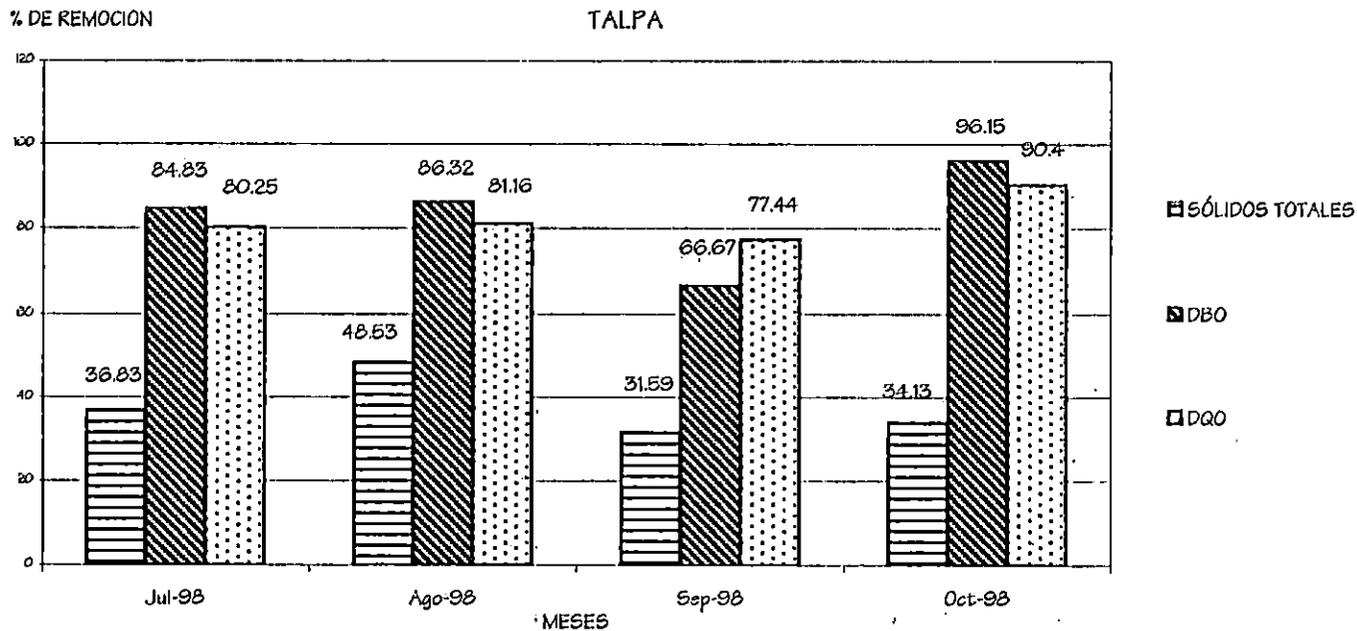
El sedimentador primario presenta el mayor porcentaje de remoción, el percolador y el sedimentador secundario tienen porcentajes de remoción más bajos de los esperados.

CUADRO N° 23: Porcentaje de remoción por elemento y total

MESES	% DE REMOCION POR ELEMENTO									% DE REMOCION TOTAL		
	PARSHALL-SEDIM. PRIMARIO			SEDIM. PRIMARIO-FILTROS			FILTROS- SEDIM. SECUNDARIO			TOTAL		
	SÓLIDOS TOTALES	DBO	DQO	SÓLIDOS TOTALES	DBO	DQO	SÓLIDOS TOTALES	DBO	DQO	SÓLIDOS TOTALES	DBO	DQO
Julio-98	89.52	61.19	52.94	14.11	42.31	50	17.83	32.23	16.07	36.83	84.83	80.25
Agosto-98	25.92	76.24	66.67	29.53	11.85	44.35	1.41	34.69	45.31	48.53	88.32	81.16
Septiembre-98	8.91	40	14.87	30.85	31.67	64.22	-8.61	18.71	42.11	31.59	66.67	77.44
Octubre-98	6.05	62.6	52.4	17.24	91.17	75	15.24	-16.7	7.7	34.13	96.15	90.4
PROMEDIOS	32.6	60.01	46.72	22.93	44.25	55.89	6.47	17.23	27.8	37.77	83.49	82.31

NOTA: LOS NÚMEROS NEGATIVOS INDICAN UN AUMENTO Y NO UNA REMOCION DE ESTE PARÁMETRO.

GRÁFICO N° 3: PORCENTAJE DE REMOCION TOTAL DE LA PLANTA DE SAN JUAN TALPA



El porcentaje de remoción total de cada parámetro se mantiene casi invariable para los meses de Julio (S.T. 36.83%,DBO 84.83%, DQO 80.25%) y Agosto (S.T. 48.53%,DBO 86.32%, DQO 81.16%), disminuyendo un poco para el mes de Septiembre (S.T. 31.59%,DBO 66.67%, DQO 77.44%) y aumentando en el mes de Octubre(S.T. 34.13%,DBO 96.15%, DQO 90.4%)

Puede decirse que el problema fundamental de eficiencia de remoción lo representa la DBO y DQO que no han logrado mantenerse en el rango permisible, como puede observarse en el siguiente cuadro:

CUADRO N° 24: Comparación entre los resultados obtenidos en la planta de tratamiento de San Juan Talpa y los Limites Máximos Permisibles para la descarga de aguas residuales en un cuerpo receptor (CONACYT, Norma en Consulta Pública).

PARÁMETRO	CONACYT	MESES			
		Jul- 98	Ago - 98	Sep -98	Oct -98
S.S. T (mg/L)	60	15	20	43	19
DBO (mg/L)	30	20.33	38	36.66	7.7
DQO (mg/L)	60	47	65	44	24
TURBIEDAD (UNT)	100	13	23	50	16
pH	5.5 - 9	7.6	7.8	7.6	7.7

## 2.2.2 PLANTA CON TANQUES SEDIMENTADORES IMHOFF Y PERCOLADORES

### 2.2.2.1 PLANTA DE TRATAMIENTO DEL HOGAR DEL NIÑO MINUSVÁLIDO ABANDONADO

#### A. DESCRIPCIÓN TÉCNICA

UBICACIÓN: PLANES DE RENDEROS, DPTO. DE SAN SALVADOR

PROPIETARIO: FUNDACION HERMANO PEDRO

POBLACIÓN SERVIDA: 200 PERSONAS

#### ASPECTOS GENERALES

Esta planta tiene cuatro años de operación, no cuenta con bodega propia, ni operadores ya que son los encargados de la limpieza de todo el Hogar los que realizan las tareas de limpieza de la planta, no existen dispositivos adecuados para la basura ni los desechos que salen de la planta y los elementos no cuentan con letreros de identificación.

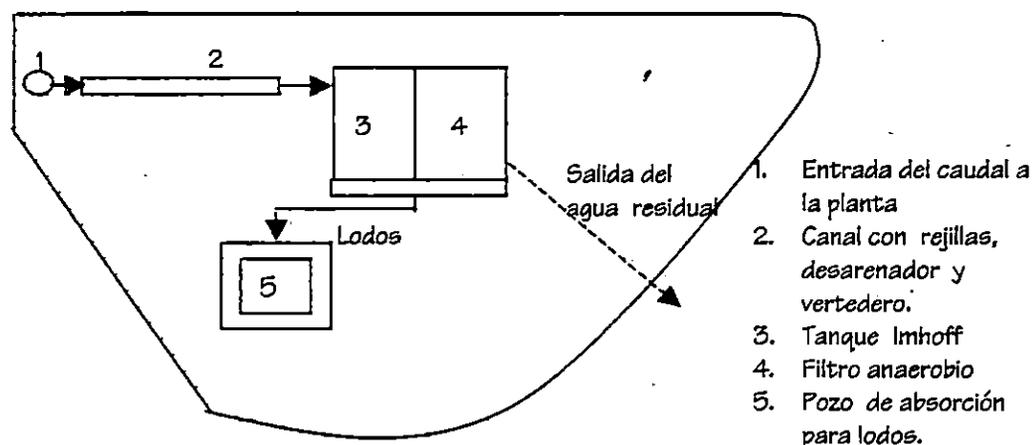


Figura 4: Croquis de la planta Hogar del Niño Minusválido Abandonado, (sin escala)

REJILLAS: Las rejillas están formadas por varillas de acero dispuestas longitudinal y transversalmente con una inclinación de 60° con respecto a la horizontal, esta parte del canal tiene 1 metro de ancho, no cuenta con plataforma de escurrimiento ni by-pass. Presentan signos de corrosión y se encontraban muy sucias a la hora de realizar esta visita, hay presencia de olores desagradables y proliferación de insectos.

El tratamiento preliminar está constituido por un canal que contiene rejillas, dos cámaras desarenadoras y un medidor de caudal tipo vertedero rectangular.

#### TRATAMIENTO PRELIMINAR

Con respecto a su ubicación, ésta se encuentra a 20 metros del patio de juego y aulas de los niños albergados en el Hogar, cabe mencionar que este patio está cercado, pero la planta en sí no cuenta con cerca perimetral, la planta opera por gravedad y atiende un caudal de agua residual proveniente de las 200 personas (entre niños, maestros, personal administrativo y de mantenimiento que permanecen en el lugar). No se perciben olores desagradables en el ambiente dentro ni en los alrededores de la planta.

CAMARAS DESARENADORAS: Existen dos cámaras desarenadoras de 3.5 metros de largo aproximadamente y 1 metro de ancho cada una, están construidas de concreto y se encuentran en buen estado físico, tienen compuertas herméticas fabricadas de acero, pero éstas se encuentran muy deterioradas por lo que necesitan ser cambiadas, en el momento de la visita las dos cámaras estaban cerradas pero por su deterioro dejaban pasar agua a las cámaras, hay presencia de olores desagradables.

#### TRATAMIENTO PRIMARIO:

TANQUE IMHOFF: El tanque Imhoff es una estructura e incrustada en el suelo, construida de concreto reforzado y no se puede verificar a simple vista si es un tanque o dos, por ser completamente sellada y no tener ningún respiradero ni compuerta de control, tampoco se puede observar el estado de las pantallas ni la presencia de insectos, no se perciben olores desagradables.

#### TRATAMIENTO SECUNDARIO

PERCOLADOR BIOLÓGICO: La planta cuenta con un percolador anaerobio, ubicado paralelo al tanque Imhoff, es completamente sellado y no cuenta con compuertas para la inspección por lo que no puede observarse su lecho filtrante, ni dispositivos para la distribución del flujo.

## TRATAMIENTO DE LODOS

Hay que aclarar que un tanque Imhoff cumple con la labor de sedimentar y darle cierto nivel de tratamiento a los lodos y al agua residual, los lodos pueden ser removidos hacia los otros dispositivos de tratamiento de lodos o como en este caso, directamente a los patios de secado para su deshidratación y posteriormente dispuestos de forma final. En este caso para la extracción de los lodos se pueden observar unas tuberías de PVC que depositan los lodos en un pozo que hace las veces de patio de secado.

**PATIO DE SECADO:** El patio de secado o pozo de absorción está construido de concreto reforzado, tiene forma cuadrada y lecho de secado constituido por grava, pero ya que la extracción no se ha realizado nunca en los años que lleva la planta operando no ha sido utilizado.

### DISPOSICIÓN FINAL:

El agua tratada es conducida a través de una tubería hacia una caja pequeña y de aquí también por tubería es descargada en una quebrada cercana.

#### OPERACIÓN DE LA PLANTA:

Esta planta no cuenta con manual, y la limpieza de los elementos la realizan los encargados de la limpieza de todo el hogar, debido a que el Imhoff y el percolador son completamente cerrados no se les da mantenimiento alguno, en cuanto a las rejillas y desarenadores, éstos se limpian una vez al día, la basura y desechos son depositados en el suelo.

#### SEGURIDAD DENTRO DE LA PLANTA:

La pendiente del terreno es suave y aunque no se cuenta con aceras la circulación es segura.

Debido a que los reactores son completamente sellados éstos no ofrecen peligro, pero es recomendable que tengan conductos para la salida de los gases. El pozo de absorción representa un peligro tanto para el personal de limpieza como para los niños que viven en el Hogar, ya que tiene una profundidad de unos 2 metros hasta el lecho de grava y no cuenta con cerca de protección, en cuanto a toda la planta de tratamiento, ésta debe contar con una cerca perimetral propia, sobre todo por las condiciones especiales de los niños albergados en el Hogar.

## B. EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA PLANTA

Esta planta de tratamiento no cuenta con datos de monitoreos realizados.

### 2.2.3 REACTOR ANAERÓBIO DE FLUJO ASCENDENTE (RAFA)

#### 2.2.3.1 PLANTA DE TRATAMIENTO URBANIZACION CHAVEZ GALEANO, SECTOR "B"

##### A. DESCRIPCIÓN TÉCNICA

UBICACIÓN: MUNICIPIO AYUTUXTEPEQUE, DEPARTAMENTO DE SAN SALVADOR.

PROPIETARIO: URBANIZADOR

POBLACIÓN SERVIDA: 1980 PERSONAS

##### ASPECTOS GENERALES:

Esta planta está ubicada a unos 10 metros del edificio al que sirve, el terreno es muy accidentado y no cuenta con caseta de control ni cerca perimetral. No existen dispositivos ni lugares adecuados para la basura, se perciben fuertes olores en el ambiente cercano a la planta y éstos aumentan en la propia planta. Opera por gravedad y ningún elemento está rotulado con su nombre.

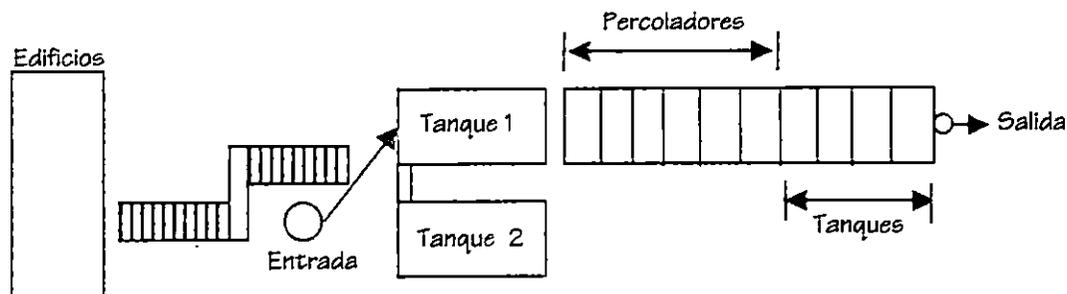


Figura 5: Croquis de la planta de Urbanización Chávez Galeano sector "B" (sin escala)

#### TRATAMIENTO PRELIMINAR:

No hay tratamiento preliminar, el ingreso del agua a la planta es a través de un pozo, de aquí el agua llega a una canaleta que la transporta hacia los tanques.

#### TRATAMIENTO PRIMARIO

TANQUE IMHOFF: Está construido con ladrillo de barro recubierto con mortero, la cubierta está constituida de losas prefabricadas, algunas de las cuales se encuentran quebradas, no cuenta con compuertas ni respiraderos, pero entre losa y losa, quedan fisuras a través de las cuales puede observarse que existe una capa espesa de lodos y natas en la superficie del tanque y se detecta la presencia de olores desagradables.

#### TRATAMIENTO SECUNDARIO

RAFA: La planta está constituida por un tanque Imhoff, modificado a reactor anaerobio de flujo ascendente, está fabricado de ladrillo de barro con recubrimiento de mortero, aunque la estructura está descuidada no se observan grietas o boquetes en ella, al igual que el tanque Imhoff, éste ha sido cubierto con losas de concreto reforzado, pero se encuentran muy deterioradas, ya que se observan algunas que han sido quebradas por mitad, por lo que no es recomendable pararse en ellas para realizar

inspecciones o tomar muestras. También en este tanque se observa una capa espesa de lodos y se detectan olores desagradables.

PERCOLADORES: Después de pasar por el RAFA el agua llega a los 6 percoladores existentes, los cuales están dispuestos de manera que formen gradas, están fabricados con ladrillo de barro recubierto de mortero en su parte interior, tienen 6 canaletas fabricadas de P.V.C cortadas longitudinalmente con saques semi circulares en su parte superior, se encontraban sucias y había espuma sobre ellas. El lecho filtrante es de piedra volcánica.

La estructura de los percoladores está un poco deteriorada, además el agua se filtra por sus paredes, debido a la presencia de árboles cerca del filtro se encuentran en éste hojas provocando encharcamientos, no se observaron zonas muertas.

Después de los 6 filtros se encuentran cuatro tanques más, dispuestos de la misma manera, al caer el agua en el primero se genera turbulencia y espuma, el segundo probablemente es utilizado como sedimentador ya que puede observarse una válvula para extraer lodos en una de las paredes, el tercero es un filtro con lecho de grava pero sin canales y el cuarto sólo descarga el agua hacia la quebrada cercana.

## TRATAMIENTO DE LODOS

Los lodos van directamente del Imhoff y del RAFA hacia los patios de secado.

PATIO DE SECADO: Sólo existe un patio de secado construido de ladrillo de barro con recubrimiento de mortero en su interior, se encontraba sucio y se percibe mal olor en él. La disposición final del lodo no es la adecuada pues se dejan al aire libre en los alrededores de la planta y siguiendo la pendiente del terreno.

## DISPOSICIÓN FINAL:

El agua residual es descargada directamente de los percoladores a la quebrada.

## OPERACIÓN DE LA PLANTA:

De acuerdo a las condiciones en que se encuentra esta planta se concluye que no recibe mantenimiento periódico, pues no cuenta con un operador permanente que se encargue de la limpieza y mucho menos de llevar un registro de las actividades que se realizan en ésta.

## SEGURIDAD DE LA PLANTA:

Las instalaciones de esta planta no cuentan con accesos seguros, no hay gradas por las cuales se pueda descender hasta el final de la planta, tampoco existen pasarelas de servicio con baranda para realizar inspecciones y limpieza a los filtros, así como facilitar la toma de muestras; además el lodo esparcido por las orillas del terreno hace inseguros los taludes.

No hay iluminación nocturna, al no existir cerca perimetral y por su cercanía con los edificios a los que sirve, ésta representa un peligro para la población.

## B. EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA PLANTA

Para esta planta se presentan los monitoreos efectuados en los meses de Octubre y Noviembre de 1998 y los meses de Febrero, Marzo y Abril de 1999.

Se han calculado los porcentajes de remoción por elemento y total, y se han comparado estos resultados con los porcentajes de remoción esperados y los Límites Máximos Permisibles de la norma del CONACYT, para los parámetros de sólidos sedimentables, DBO, DQO, Turbiedad y pH

CUADRO N° 25: Monitoreos Efectuados en Octubre 15 de 1998

DETERMINACIÓN	UNIDADES	RESULTADOS			
		ENTRADA	TANQUE #1	TANQUE #2	FILTROS
Temperatura de muestra	°C	24	24	22	22
Color	U- Color	468	447	427	358
Conductividad	mohm-cm	400	860	820	760
Sólidos Sedimentables	mg/lts	2.5	0.3	0.2	0.1
Sólidos Totales	mg/lts	318	533	500	451
Sólidos suspendidos totales	mg/lts	118	103	90	71
Sólidos disueltos totales	mg/lts	200	430	410	380
Turbiedad	UNT	87	82	80	69
Oxígeno Disuelto	mg/lts	1.89	0	0	1.24
pH	U- pH	7.5	7.3	7.3	7.8
DBO total	mg/lts	41.8	19.8	42.35	41.8
DQO total	mg/lts	107	89	78	61
Cloruros	mg/lts	14	4.3	5.3	28

CUADRO N° 26: Monitoreos Efectuados en Noviembre 27 de 1998

DETERMINACIÓN	UNIDADES	RESULTADOS			
		ENTRADA	TANQUE #1	TANQUE #2	FILTROS
Temp. de la muestra	°C	23	22	22	22
Color	U- Color	2305	883	630	355
Conductividad	mohm-cm	1200	1180	1140	1120
Sólidos Sedimentables	mg/lts	9	2	0.1	N.D
Sólidos Totales	mg/lts	1039	745	679	620
Sólidos suspendidos totales	mg/lts	439	155	109	60
Sólidos disueltos totales	mg/lts	600	590	570	560
Turbiedad	UNT	370	149	117	62
Oxígeno Disuelto	mg/lts	0	0	0	2.05
pH	U- pH	7.9	7.2	7.2	7.8
DBO total	mg/lts	440	64	46	40.2
DQO total	mg/lts	525	128	94	72
Cloruros	mg/lts	82.5	6.3	11	46.8

CUADRO N° 27: Monitoreos Efectuados en Febrero 03 de 1999

DETERMINACIÓN	UNIDADES	RESULTADOS			
		ENTRADA	TANQUE #1	TANQUE#2	FILTROS
Temperatura de la muestra	°C	25	23	23	23
Color	U- Color	1630	1750	1455	1275
Conductividad	mohm-cm	820	1140	1120	1280
Sólidos Sedimentables	mg/lts	6	2	0	0
Sólidos Totales	mg/lts	724	914	856	882
Sólidos suspendidos totales	mg/lts	314	344	296	242
Sólidos disueltos totales	mg/lts	410	570	560	640
Turbiedad	UNT	262	293	269	226
Oxígeno Disuelto	mg/lts	2	0	0	0
pH	U- pH	7	8	7	8
DBO total	mg/lts	306	282	233	202
DQO total	mg/lts	465	350	290	250
Cloruros	mg/lts	345	505	515	625

CUADRO N° 28: Monitoreos Efectuados en Marzo 4 de 1999

DETERMINACIÓN	UNIDADES	RESULTADOS			
		ENTRADA	TANQUE #1	TANQUE#2	FILTROS
Temperatura de la muestra	°C	24	23	22	22
Color	U- Color	1190	1190	1200	1090
Conductividad	mohm-cm	960	1280	1080	1120
Sólidos Sedimentables	mg/lts	2.5	0.4	0.1	0.6
Sólidos Totales	mg/lts	720	838	762	742
Sólidos suspendidos totales	mg/lts	240	198	222	182
Sólidos disueltos totales	mg/lts	480	640	540	560
Turbiedad	UNT	8.02	211	217	190
Oxígeno Disuelto	mg/lts				
pH	U- pH	8.02	7.11	7.8	7.1
DBO total	mg/lts	337	43	264	219
DQO total	mg/lts	400	114	370	255
Cloruros	mg/lts	44.9	42.9	46.8	47.8

CUADRO N° 29: Monitoreos Efectuados en Abril 14 de 1999

DETERMINACIÓN	UNIDADES	RESULTADOS			
		ENTRADA	TANQUE #1	TANQUE#2	FILTROS
Temperatura de la muestra	°C	25	24	24	24
Color	U- Color	2685	3500	448	438
Conductividad	mohm-cm	1180	1200	1200	1180
Sólidos Sedimentables	mg/lts	1	13	0.2	0.1
Sólidos Totales	mg/lts	1145	839	691	668
Sólidos suspendidos totales	mg/lts	555	239	91	78
Sólidos disueltos totales	mg/lts	590	600	600	590
Turbiedad	UNT	500	235	86	81
Oxígeno Disuelto	mg/lts	0	0	0	0
pH	U- pH	7	7.6	6.9	7.8
DBO total	mg/lts	557.6	87.2	41.8	23.32
DQO total	mg/lts	1160	234	102	79
Cloruros	mg/lts	50.66	45.83	45	44

CUADRO N° 30: Porcentaje de remoción por elemento

ELEMENTO	% ESPERADO (DBO)	% PROMEDIO OBTENIDO
Imhoff <sup>5</sup>	25 - 35	63.52 (tanque 1)
Imhoff modificado a RAFA <sup>6</sup>	60 - 80	-106 (tanque 2)
Percoladores <sup>5</sup>	60 - 70	17.64

Como puede observarse, el tanque Imhoff está funcionando, no así los elementos encargados de brindar el tratamiento secundario, ya que en lugar de disminuir hay un aumento de la DBO.

<sup>6</sup> "Análisis del Funcionamiento de un tanques Imhoff modificado en un RAFA", Amen Funk, Francisco

Los porcentajes de remoción total para DBO fluctúan entre 35% y 95%, presentándose los valores más bajos para los meses de Febrero y Marzo, para DQO se tienen valores entre 36% y 93%; para los meses de Octubre y Noviembre del 98 y Abril del 99, los sólidos totales se encuentran arriba del 40% de remoción, no así para los meses de Febrero y Marzo en los que se registra un aumento de estos parámetros (-21 y -3.06% respectivamente)

CUADRO N° 31: Comparación entre los resultados obtenidos en la planta de tratamiento de la Urbanización Chávez Galeano y los Límites Máximos permisibles para descarga de aguas en un cuerpo receptor (CONACYT, Norma en Consulta Pública).

PARÁMETRO	CONACYT	MESES				
		Oct- 98	Nov- 98	Feb-99	Mar -99	Abril-99
S.S. T (mg/L)	60	71	60	242	182	78
DBO (mg/L)	30	41.8	40.2	202	219	23.32
DQO (mg/L)	60	61	72	250	255	79
Turbiedad (UNT)	100	69	62	226	190	81
pH	5.5 - 9	7.8	7.8	8	7.1	7.8

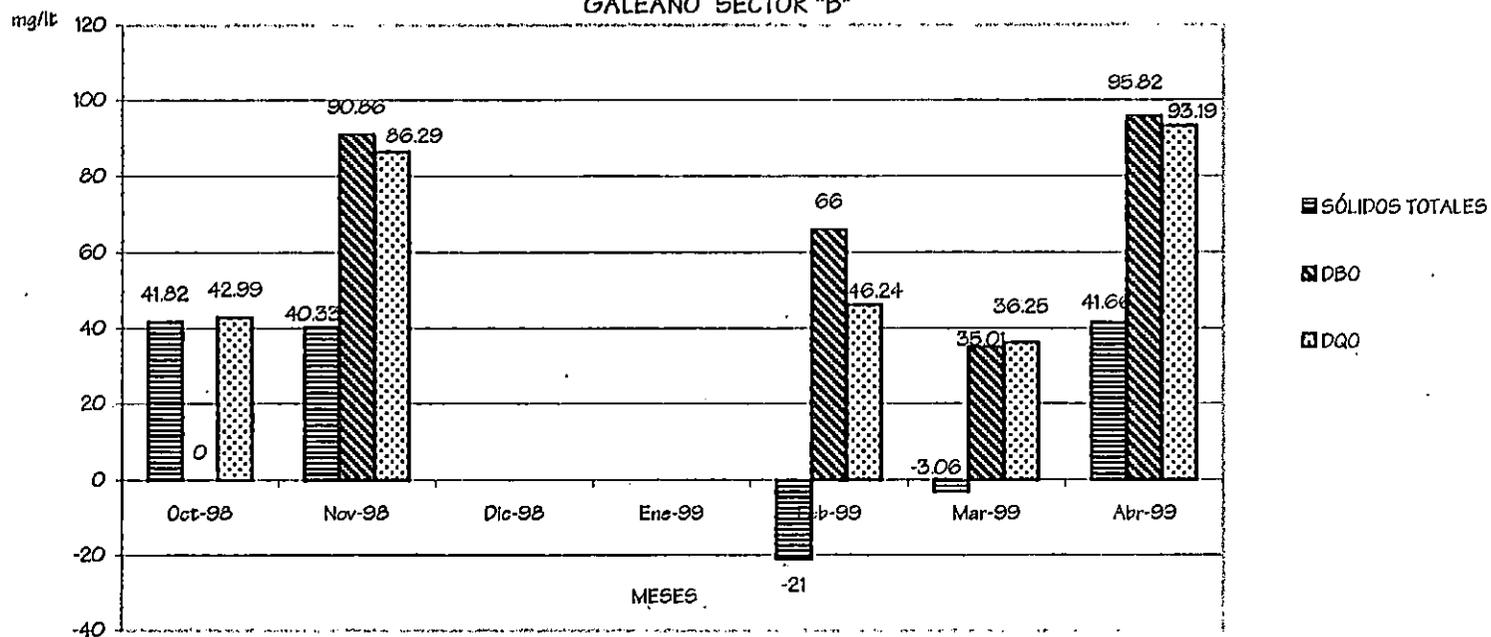
Se puede observar que en cuanto a remoción de DBO y DQO la planta ha tenido serios problemas pues se ha llegado a sobrepasar en más del doble los rangos permitidos, pero también es notable que para el último mes registrado se hayan podido controlar estos parámetros.

CUADRO N° 32: Porcentajes de Remoción por elemento y total

MESES	% DE REMOCION POR ELEMENTO									% DE REMOCION TOTAL		
	ENTRADA- TANQUE N°1			TANQUE N° 1-TANQUE N°2			TANQUE N°2- SALIDA FILTROS			TOTAL		
	SÓLIDOS TOTALES	DBO	DQO	SÓLIDOS TOTALES	DBO	DQO	SÓLIDOS TOTALES	DBO	DQO	SÓLIDOS TOTALES	DBO	DQO
Oct-98	67.61	52.63	16.82	6.19	-113.89	12.36	9.6	1.3	21.79	41.82	0	42.99
Nov-98	29.3	85.45	75.62	8.86	28.13	26.56	8.69	12.18	23.7	40.33	90.86	86.29
Febrero-99	-26.24	7.91	24.73	6.35	17.19	17.14	3.04	13.51	13.79	-21	66	46.24
Mar-99	-16.39	67.24	71.5	9.07	-613.95	-225	2.12	17.04	31.08	-3.06	35.01	36.25
Abr-99	26.72	84.36	79.83	17.64	52.08	56.41	3.33	44.21	22.55	41.66	95.82	93.19
PROMEDIOS	16	63.52	53.7	9.62	-106.09	-22.4	5.4	17.64	22.56	19.95	57.54	60.99

NOTA: LOS NÚMEROS NEGATIVOS INDICAN UN AUMENTO Y NO UNA REMOCION DE ESTE PARÁMETRO

GRÁFICO N° 4: PORCENTAJE DE REMOCION TOTAL DE LA PLANTA DE LA URBANIZACION CHAVEZ GALEANO SECTOR "B"



## 2.2.4 PLANTA CON LODOS ACTIVADOS

### 2.2.4.1 PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA ZONA FRANCA EL PEDREGAL

#### A. DESCRIPCIÓN TÉCNICA

UBICACIÓN: CARRETERA A ZACATECOLUCA Y DESVIO COSTA DEL SOL

PROPIETARIO: ZONA FRANCA EL PEDREGAL

POBLACIÓN SERVIDA: 7000 PERSONAS

#### ASPECTOS GENERALES:

La planta de la Zona Franca "El Pedregal" comenzó a funcionar en Marzo de 1993. El tipo de agua que va a la planta de tratamiento es básicamente la proveniente de los servicios sanitarios y cocinas, ya que las fábricas albergadas en la zona franca no utilizan agua en sus procesos de producción.

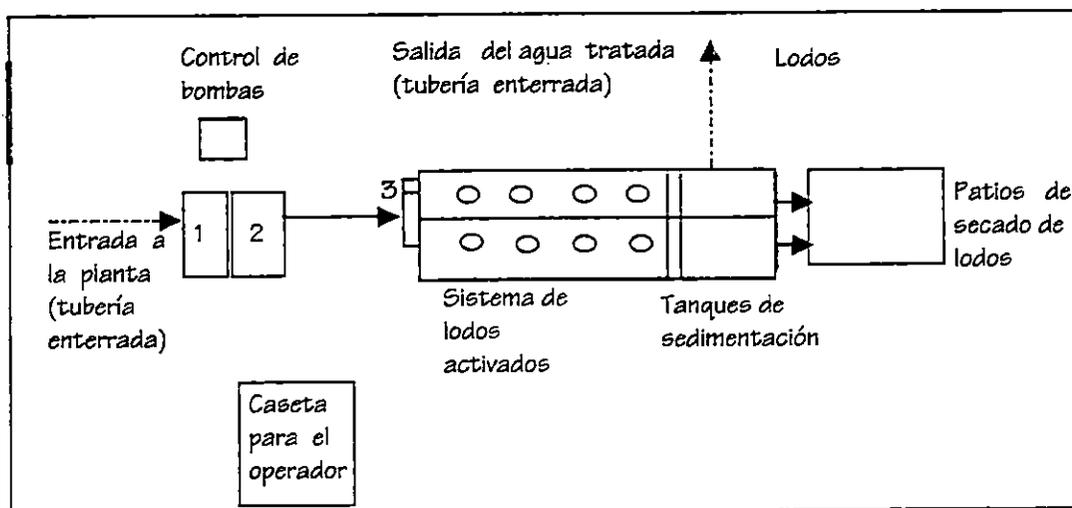


Figura 6: Croquis de la planta de Zona Franca El Pedregal (sin escala)

1. Caseta con rejillas y medidor de caudal.
2. Caseta de control de aireadores
3. Control eléctrico de los aireadores

El agua residual es almacenada en una cisterna central con un volumen de

1200 m<sup>3</sup>, la tubería que transporta las aguas negras de esta cisterna hacia

la planta de tratamiento es de 12 pulgadas, reduciéndose el diámetro a la mitad

al entrar a la planta, es necesario aclarar que debido a la topografía plana del

terreno todo el proceso se realiza por bombeo.

Con respecto a la ubicación de la planta, ésta se encuentra a 1/2

kilómetro fuera de la zona franca, cuenta con cerca perimetral, caseta de control;

las instalaciones para los operadores están albergadas en una casa de campo que

cuenta con 2 habitaciones pequeñas, cocina, servicio sanitario, ducha, y un

pequeño corredor donde el operador puede descansar, todas las instalaciones se

encuentran en buen estado, seguras y limpias.

En cuanto a la caseta de control existe una caseta donde se encuentran

los tableros de control de los motores de las bombas y los aireadores y otra

donde se encuentran los motores de las bombas, esta caseta se encuentra

construida sobre el tanque cisterna.

## TRATAMIENTO PRELIMINAR

REJILLAS: El tratamiento preliminar de la planta está constituido por

bombeo, aunque en algunas ocasiones los sólidos gruesos no son retenidos y pasan a un tanque sistema desde donde se bombea el agua hacia los tanques de lodos activados. Es de hacer notar que cuando un sólido grueso pasa de las rejillas y llega a la cisterna éste es desmenuzado por las bombas, lo que produce un ruido característico, pero las bombas no se paran por que este ruido es conocido por los operadores de la planta, si surge un problema durante el bombeo se activa una alarma y se apagan los motores automáticamente.

Los motores trabajan 24 horas, por lo que es necesario que tengan un mantenimiento periódico, actualmente las piezas de los motores de las bombas y los aireadores son fabricadas en el país pero anteriormente tenían que ser enviadas desde Estados Unidos.

## TRATAMIENTO PRIMARIO:

No cuenta con tratamiento primario, después de las rejillas se encuentra un tanque sistema, desde el cual se bombea el agua residual hacia los tanques de aireación.

## TRATAMIENTO SECUNDARIO

**LODOS ACTIVADOS:** La modalidad del proceso es de mezcla completa y el sistema de lodos activados está constituido por dos tanques paralelos de 19 metros de longitud, 5 metros de ancho y 5 metros de profundidad útil, cada uno cuenta con cuatro aireadores tipo estacionarios/fijos verticales que tienen una potencia total de 24 HP, (6 HP cada aireador); los tanques están rodeados por una cerca de protección que permite la circulación de los operadores de forma segura para efectuar inspecciones y mantenimiento.

Los aireadores generan una turbulencia constante y uniforme en todo el volumen de los tanques por lo que no se produce sedimentación alguna.

**SEDIMENTACIÓN SECUNDARIA:** Los tanques tienen un nivel de rebalse, cuando éste es alcanzado se transporta el agua tratada a los tanques de sedimentación secundaria por medio de unas canaletas ubicadas al final de los tanques de lodos activados, el periodo de retención en estos tanques es de aproximadamente 72 horas,



## TRATAMIENTO DE LODOS

**PATIOS DE SECADO:** los lodos son depositados en los patios donde son secados por evaporación y por infiltración del agua en su fondo, están contruidos de bloques de concreto y su fondo está formado por bloques de concreto colocados de lado y sus agujeros son llenados con arena.

## DISPOSICIÓN FINAL:

Las aguas ya tratadas son descargadas en un pequeño arroyo que las transporta al río Jilboa.

## OPERACION DE LA PLANTA:

Esta planta no cuenta con un manual de operación, sin embargo los operadores conocen el mantenimiento que hay que darle al equipo eléctrico y mecánico, las tareas básicas de limpieza realizadas en esta planta se detallan a continuación:

- Las rejillas son limpiadas dos veces al día, por la mañana y por la tarde, la basura es quemada al aire libre.

- Los lodos son extraídos por bombeo dos veces por semana, y su disposición es

la siguiente: los lodos secos son enterrados por 3 meses y luego son utilizados como abono orgánico combinados con tierra negra y abono químico,

esta mezcla es utilizada para sembrar la grama de la zona franca y de la

planta, es de mencionar que en época lluviosa los lodos enterrados son cubiertos con plástico para evitar la filtración de agua lluvia y luego de 3 meses son utilizados.

Para realizar sus labores el personal cuenta con el equipo siguiente: guantes y botas de hule, y equipo de electricidad. Y para realizar las labores de limpieza cuentan con:

- Para limpieza de rejillas: gancho de alambre y escoba.
- Patios de secado: palas y baldes.
- Limpieza general: escobas, rastrillos, mangueras.

#### SEGURIDAD DENTRO DE LA PLANTA:

Los elementos que conforman la planta cuentan con obras de protección como barandas y escaleras de acceso seguras, no tienen aceras pero el terreno tiene pendientes suaves y es firme, hay presencia de árboles y cuenta con iluminación.

#### B. EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA PLANTA

En esta planta de tratamiento no se han efectuado monitoreos de ninguna clase en todo el tiempo que tiene de operación.

## 2.2.5 PLANTAS CON LAGUNAS DE ESTABILIZACION

### 2.2.5.1 LAGUNA DE ESTABILIZACION DE ZARAGOZA

#### A. DESCRIPCIÓN TÉCNICA

UBICACIÓN: 6 KM. AL SUR DE LA CIUDAD DE ZARAGOZA, MUNICIPIO DE ZARAGOZA, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD.

PROPIETARIO: ANDA

#### ASPECTOS GENERALES:

Este es un sistema que consta de dos lagunas de estabilización de iguales dimensiones, trabajan en serie, sus taludes han sido estabilizados con arcilla limosa que es un material impermeable, para impedir que el agua de la laguna llegue a los mantos acuíferos subterráneos existentes.

En la visita realizada se pudo constatar la existencia de cerca perimetral que restringe el paso a particulares, pero carece de rótulos que aclaren el propósito de la laguna y la institución a la que pertenece. Otra deficiencia es la falta de una caseta de control para el operador.

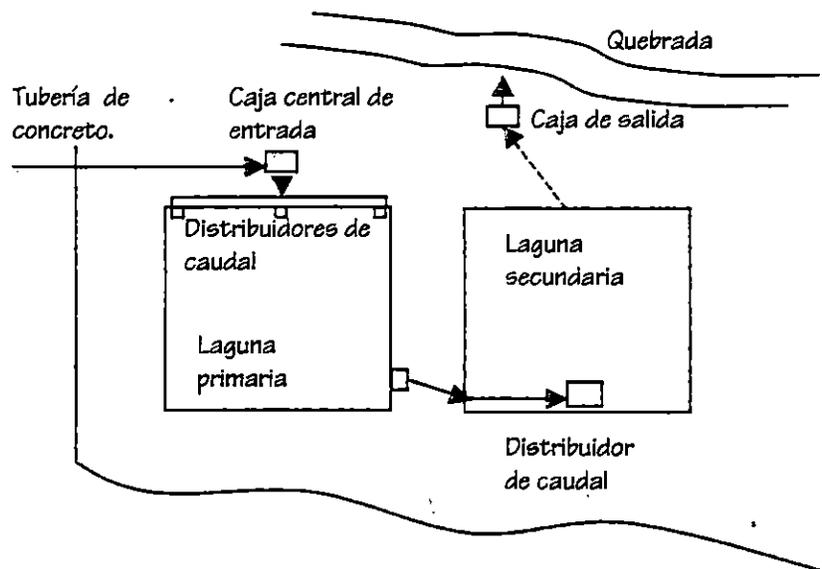


Figura 7 : Croquis de la planta de Zaragoza  
(sin escala)

En cuanto a su ubicación con respecto a la población se encuentran algunas viviendas a menos de 10 metros y se está construyendo una urbanización a 500 metros del lugar. No se perciben olores desagradables dentro ni en los alrededores de la planta.

## TRATAMIENTO PRIMARIO

**LAGUNA PRIMARIA:** Las aguas residuales de la población de Zaragoza son descargadas por gravedad a través de tuberías de concreto hacia una caja central que distribuye el agua a otras tres cajas ubicadas en lo ancho de esta laguna, repartiendo el caudal uniformemente. Se pudo observar la presencia de

natas y basuras flotantes en las esquinas de la laguna, el césped no es cortado de forma periódica.

## TRATAMIENTO SECUNDARIO

LAGUNA SECUNDARIA: Las aguas provenientes de la primera laguna son transportadas hacia esta laguna por medio de un canal que se encuentra ubicado en el extremo opuesto a la entrada de las aguas residuales, en el terraplén que está entre ambas lagunas existe una caja de inspección sin tapadera, lo que provoca que los pobladores tiren basura y piedras dentro de ésta, además se encuentra erosionado, permitiendo el paso de agua de la laguna primaria hacia la secundaria. La distribución del agua en esta laguna es a través de una caja distribuidora. Los deslaves en los taludes y la vegetación de éstos ha provocado que el área de la laguna se haya reducido considerablemente. Al igual que en la primaria se observan natas flotantes, sobre todo en las esquinas.

## DISPOSICIÓN FINAL DE LAS AGUAS TRATADAS:

Las aguas son descargadas a través de una tubería proveniente de la segunda laguna hacia una quebrada cercana.

#### SEGURIDAD EN LA PLANTA:

El acceso a la planta es a través de un portón, no existen aceras para la circulación de personas pero no hay peligro de resbalar al circular dentro de la planta ya que la pendiente del terreno es suave y firme, pueden circular vehículos dentro de la planta; no cuenta con iluminación nocturna y la falta de letreros que indiquen el propósito de las lagunas representa un peligro para los pobladores cercanos a éstas.

#### OPERACIÓN DE LA PLANTA:

Es de hacer notar que no existe un operario de planta en las lagunas lo que explica la falta de mantenimiento que ésta tiene, tampoco se pudieron obtener datos como los períodos de limpieza, herramientas utilizadas, ni constatar la existencia de un manual para el mantenimiento dentro de la planta.

#### B. EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA PLANTA

No se tienen datos de monitoreos efectuados en esta planta de tratamiento.

## 2.2.5.2 NOMBRE DE LA PLANTA: LAGUNA DE ESTABILIZACION ANSP

### A. DESCRIPCIÓN TÉCNICA

UBICACIÓN: MUNICIPIO DE SAN LUIS TALPA, DEPARTAMENTO DE LA PAZ, CONTIGUO AL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE EL SALVADOR.

PROPIETARIO: ACADEMIA NACIONAL DE SEGURIDAD PÚBLICA

POBLACIÓN SERVIDA: 3500 PERSONAS

#### ASPECTOS GENERALES:

Esta planta de tratamiento entró en funcionamiento en mayo de 1998, actualmente opera abajo de su capacidad de diseño. Las instalaciones se encuentran en buen estado físico, limpias y no se percibían malos olores en el ambiente.

La planta cuenta con tratamiento preliminar y primario, pero éstos se encuentran desintegrados, los elementos que realizan el tratamiento preliminar están juntos y el agua se traslada hacia las lagunas a través de una tubería de 153 metros de longitud.

#### TRATAMIENTO PRELIMINAR

Se encuentra constituido por los siguientes elementos: canal de rejas, cámaras desarenadoras y un medidor de caudal tipo parshall para luego pasar a un tanque cisterna desde donde se bombea el agua residual a las lagunas.

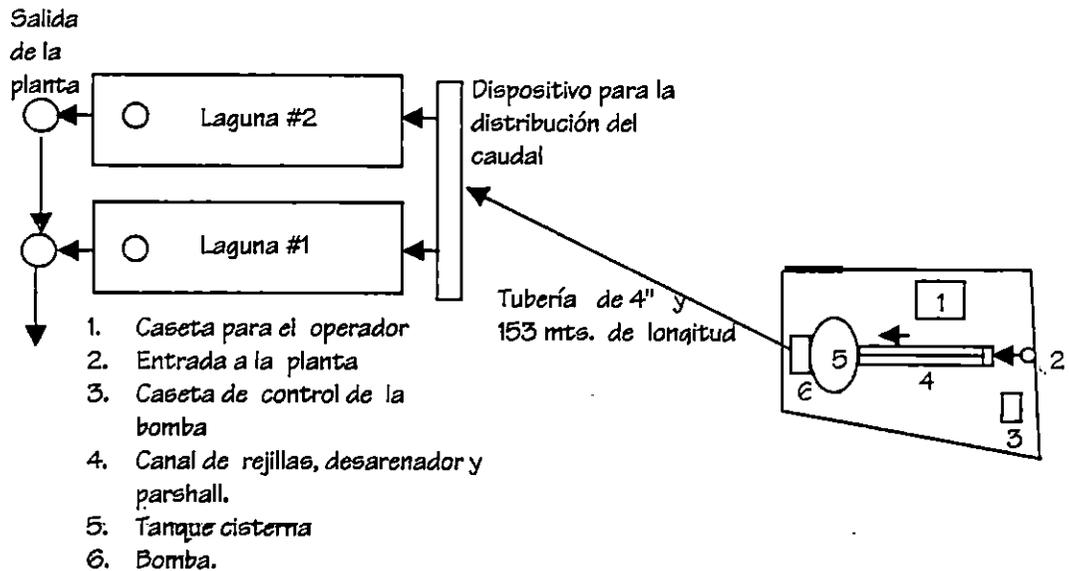


Figura 8: Croquis de la planta de tratamiento de ANSP, San Luis Talpa (sin escala)

Todos estos elementos se encuentran restringidos por una cerca perimetral, contando también con una caseta construida de bloques de concreto y láminas de asbesto - cemento, está dividida en un corredor frontal y dos cuartos, uno para el operador y el otro para guardar las herramientas de trabajo, no cuenta con servicios sanitarios, pero sí con un chorro de agua potable que sirve para la limpieza de algunos elementos, riego y para que el operador pueda abastecerse.

REJILLAS: El material de que están hechas es de acero, presentando una ligera corrosión. La separación entre las rejillas es de 2.54 centímetros (1 pulgada),

teniendo una inclinación de 30° con la vertical, contando con una plataforma de

escurrimiento hecha de concreto, no cuenta con by - pass.

CAMARAS DESARENADORAS: cuenta con dos desarenadores colocados en

paralelo, las dimensiones aproximadas de cada cámara es de 0.675 metros de ancho

por 2.50 metros de largo. Las compuertas están hechas de metal y cierran de forma

hermética. En el momento de la visita sólo se encontraba trabajando un desarenador

pero el otro no se había limpiado encontrándose agua retenida en su superficie.

TANQUE CISTERNA: Está construido de concreto reforzado con un diámetro

aproximado de 5 metros, contando con una compuerta para la inspección hacia el

interior donde hay una escalera para facilitar el trabajo de limpieza, también cuenta con

respiraderos para eliminar los gases.

Al alcanzar el agua cierto nivel superior se acciona un dispositivo que pone en

funcionamiento la bomba y al bajar a un nivel predeterminado deja de bombear hacia

las lagunas.

## TRATAMIENTO PRIMARIO

*LAGUNAS DE OXIDACIÓN:* Existen dos lagunas cuya profundidad total es de 2 metros, 1.60 metros de profundidad máxima y 0.40 metros de bordo libre, por lo tanto son anaerobias, y están diseñadas para que funcionen en paralelo. La relación entre los taludes laterales es de 1:1, el tiempo de retención es de 10 días, las dimensiones de éstas son 100 metros de largo por 44 metros de ancho. La llegada del agua a las lagunas es a través de cajas de distribución cuya función es distribuir el flujo de forma uniforme.

Los taludes no presentan recubrimiento (aunque se constató la presencia de material arcilloso en las cercanías de la laguna) lo que ha provocado el crecimiento de grama en la superficie y por debajo del nivel del agua, se observó también el crecimiento de algas principalmente en las esquinas de las lagunas. La coloración del agua de la primera laguna es verde lechoso y la segunda presenta un tono verde oscuro.

La evacuación del agua de las laguna se realiza a través de tuberías, el color del agua del efluente es verde claro y su disposición final es en una quebrada cercana en la que pudieron observarse peces.

## TRATAMIENTO SECUNDARIO

No existen elementos para proporcionar tratamiento secundario.

## DISPOSICIÓN FINAL:

El agua residual tratada es descargada directamente de las lagunas hacia una quebrada cercana a través de tuberías.

## OPERACIÓN DE LA PLANTA:

Al no contar con manual para la operación de la planta, el encargado del mantenimiento general de las instalaciones ha buscado información bibliográfica sobre lagunas de estabilización, a partir de la cual han establecido los periodos de limpieza y disposición de los desechos que se detalla a continuación:

- La limpieza de las rejillas y los desarenadores se realiza 2 veces al día y la basura retirada es quemada al aire libre, pero las arenas son esparcidas cerca de éstos;
- El exceso de sedimentos en el tanque cisterna es removido cada 2 meses.
- Los lodos y natas flotantes que se acumulan en las esquinas de las lagunas son retiradas en las primeras horas de la mañana todos los días, estos residuos también son quemados al aire libre.

- Durante la segunda mitad del año pasado se realizaron dos monitoreos mensuales, actividad que no ha sido efectuada durante este año.

También se pudo verificar las herramientas de limpieza y equipo de seguridad utilizados por los operadores en esta planta de tratamiento, éstos son:

- Sector de tratamiento preliminar: Manguera, rastrillo, palas, baldes, escobas; equipo: guantes, cuerdas, botas de hule, no utilizan ropa especial.
- Sector Lagunas: balsa pequeña, red de plástico, baldes; equipo utilizado: botas y guantes de hule.
- Limpieza general: escobas, rastrillo, barra para recoger hojas.

#### SEGURIDAD DE LA PLANTA:

No existen rótulos que identifiquen cada elemento ni mucho menos la procedencia de las aguas que se vierten en el cuerpo receptor.

Cuenta con aceras de concreto que facilitan la circulación dentro del sector donde se encuentra el tratamiento preliminar, la caseta de control de la bomba está cerrada y sólo el operador tiene acceso a ella.

El acceso a las lagunas es por medio de un pequeño puente y una calle principal actualmente en construcción que tendrá una desviación que conducirá a través de una calle de tierra directamente a las lagunas, éstas no cuentan con aceras pero la circulación dentro de ellas no es peligrosa ya que el suelo es firme y cubierto de grama y las pendientes son suaves.

#### B. EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA PLANTA

Los monitoreos que se exponen de esta planta de tratamiento son para los meses de Julio, Agosto, Septiembre, Octubre y Noviembre de 1998, han sido tomados en dos puntos que son: parshall y la salida de cada laguna.

Ya que las lagunas trabajan en paralelo (independientes) se han elaborado para cada una cuadros comparativos de los porcentajes de remoción de los parámetros seleccionados, identificándose para éste fin la primera como laguna A y la segunda como laguna B También se comparan los resultados obtenidos con los Límites Máximos Permisibles de las normas del CONACYT.

CUADRO N° 33: Monitoreos Efectuados en Julio 14 de 1998

DETERMINACIÓN	UNIDADES	RESULTADOS		
		ENTRADA	LAGUNA # 1	LAGUNA #2
Temperatura de la muestra	°C	29.5	29.5	29.5
Conductividad	mmhos-cm	770	330	441
DBO total	mg/lts	124	12	15
DQO total	mg/lts	140	28	36
Nitratos	mg/lts	1.9	0.8	0.9
Nitritos	mg/lts	0.081	0.032	0.04
Oxigeno Disuelto	mg/lts	0.48	2.74	3.22
pH	U-pH	6.72	8.02	7.96
Sólidos suspendidos totales	mg/lts	139	20	30
Sólidos disueltos totales	mg/lts	390	160	200
Turbiedad	UNT	116	15.4	18

OBSERVACIONES: Hubo lluvia significativa el día anterior a la recolección.

CUADRO N° 34: Monitoreos Efectuados en Agosto 12 de 1998

DETERMINACIÓN	UNIDADES	RESULTADOS		
		ENTRADA	LAGUNA # 1	LAGUNA # 2
Temperatura de la muestra	°C	31.5	31.5	31.5
Conductividad	mmhos-cm	850	470	440
DBO total	mg/lts	158	29	39
DQO total	mg/lts	243	112	50
Nitratos	mg/lts	18.8	17.6	4.9
Nitritos	mg/lts	0.04	0.01	0.04
Oxigeno Disuelto	mg/lts	0.27	4.28	3.8
pH	U-pH	7.8	9.5	9.4
Sólidos suspendidos totales	mg/lts	200	230	50
Sólidos disueltos totales	mg/lts	420	240	220
Turbiedad	UNT	100	231	52

OBSERVACIONES: Hubo lluvia significativa el día anterior a la recolección.

CUADRO N° 35: Monitoreos Efectuados en Septiembre 16 de 1998

DETERMINACIÓN	UNIDADES	RESULTADOS		
		ENTRADA	LAGUNA # 1	LAGUNA # 2
Temperatura de la muestra	°C	30	30	30
Conductividad	mmhos-cm	520	510	410
DBO total	mg/lts	100	100	112
DQO total	mg/lts	64	117	114
Nitratos	mg/lts	0	0	0.2
Nitritos	mg/lts	0.8	0.9	0.75
Oxígeno Disuelto	mg/lts	2.4	5.1	2.6
pH	U-pH	7.8	9.2	8.8
Sólidos suspendidos totales	mg/lts	54	63	65
Sólidos disueltos totales	mg/lts	272	252	241
Turbiedad	UNT	60.8	61.6	39.8

OBSERVACIONES: Hubo lluvia significativa el día anterior a la recolección.

CUADRO N° 36: Monitoreos Efectuados en Octubre 16 de 1998

DETERMINACIÓN	UNIDADES	RESULTADOS		
		ENTRADA	LAGUNA # 1	LAGUNA # 2
Temperatura de la muestra	°C	30	30	30
Conductividad	mmhos-cm	760	450	460
DBO total	mg/lts	71	31	50
DQO total	mg/lts	92	82	57
Nitratos	mg/lts	0.3	1.1	0.9
Nitritos	mg/lts	0.014	0.008	0.006
Oxígeno Disuelto	mg/lts	2.4	4.73	2.35
pH	U-pH	7.6	8.6	7
Sólidos suspendidos totales	mg/lts	35	68	57
Sólidos disueltos totales	mg/lts	390	220	230
Turbiedad	UNT	19.5	54.2	47

OBSERVACIONES: Hubo lluvia significativa 5 días antes de la recolección.

CUADRO N° 37: Monitoreos Efectuados en Noviembre 19 de 1998

DETERMINACIÓN	UNIDADES	RESULTADOS		
		ENTRADA	LAGUNA # 1	LAGUNA # 2
Temperatura de la muestra	°C	30	30	30
Conductividad	mmhos-cm	557	321	491
DBO total	mg/lts	24	43	37
DQO total	mg/lts	30	150	124
Nitratos	mg/lts	2.5	0	0
Nitritos	mg/lts	0.007	0.001	0.012
Oxígeno Disuelto	mg/lts	2.78	0.23	7.33
pH	U-pH	7.08	9.7	9.16
Sólidos suspendidos totales	mg/lts	31	112	76
Sólidos disueltos totales	mg/lts	264	162	246
Turbiedad	UNT	9.26	76.4	56.1

CUADRO N° 38-A: Porcentajes de remoción por elementos

ELEMENTOS PARÁMETRO	% DE REMOCION					
	PARSHALL-SEDIM. PRIM.			SEDIM. PRIMARIO-FILTRO 1		
	SÓLIDOS TALES	DBO	DQO	SÓLIDOS TALES	DBO	DQO
Sep-98	-6.94	11.86	22.73	39.93	73.08	70.51
Enero-99	12.83	39.9	64.05	25.34	74.51	65
PROMEDIO	2.945	25.88	43.39	32.635	73.795	67.76

CUADRO N° 38-B: Porcentajes de remoción por elementos

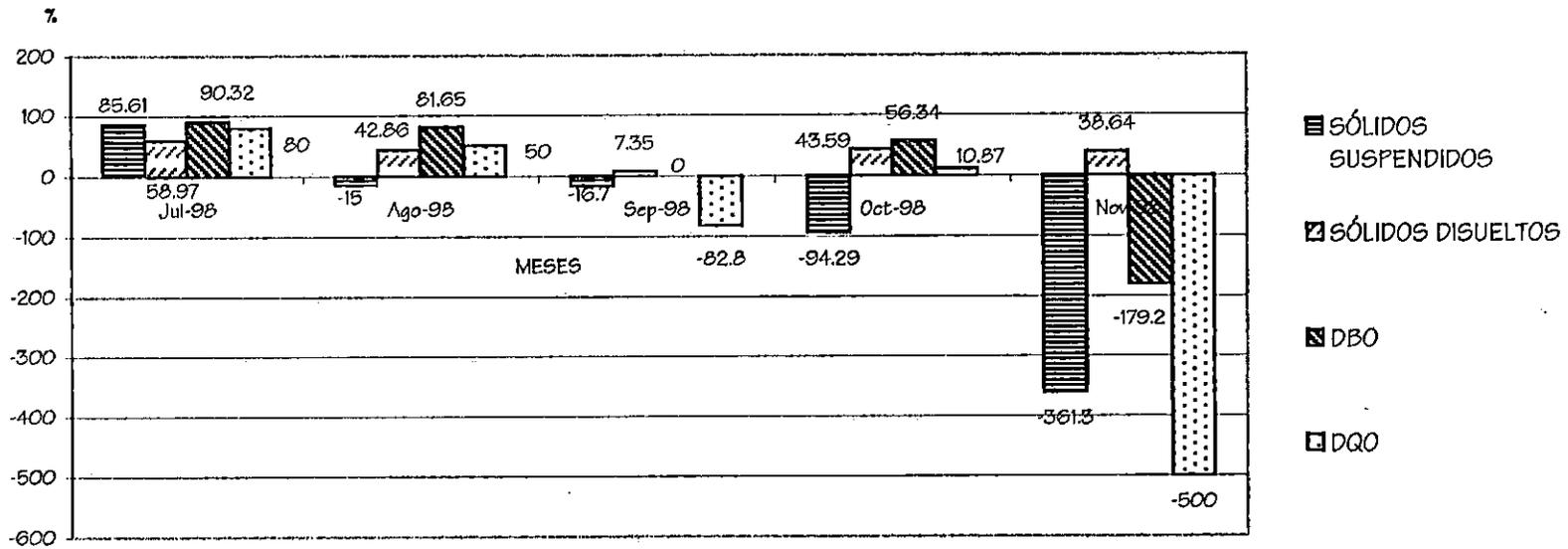
ELEMENTOS PARAMETRO	% DE REMOCION					
	FILTRO 1- FILTRO 2			FILTRO 2- SEDIM. SECUNDARIO		
	SÓLIDOS TALES	DBO	DQO	SÓLIDOS TALES	DBO	DQO
Sep-98				15.68	28.57	30
Enero-99	12.41	22.8	19.64	20	42.15	28.9
PROMEDIO	12.41	22.8	19.64	17.84	35.36	29.45

CUADRO Nº 39-A: PORCENTAJE DE REMOCIÓN TOTAL LAGUNA A

MESES	PARSHAL- LAGUNA Nº 1			
	SÓLIDOS SUSPENDIDOS	SÓLIDOS DISUELTOS	DBO	DQO
Julio-98	85.61	58.97	90.32	80
Agosto-98	-15	42.86	81.65	50
Septiembre-98	-16.7	7.35	0	-82.8
Octubre-98	-94.29	43.59	56.34	10.87
Noviembre-98	-361.3	38.64	-179.2	-500
FROMEDIO	-80.34	38.28	9.82	-88.39

LOS DATOS NEGATIVOS INDICAN QUE EN LUGAR DE REMOCIÓN HUBO AUMENTO DE ESTE PARÁMETRO.

GRÁFICO 5-A: PORCENTAJE DE REMOCION DE LA PLANTA ANSP LAGUNA Nº 1

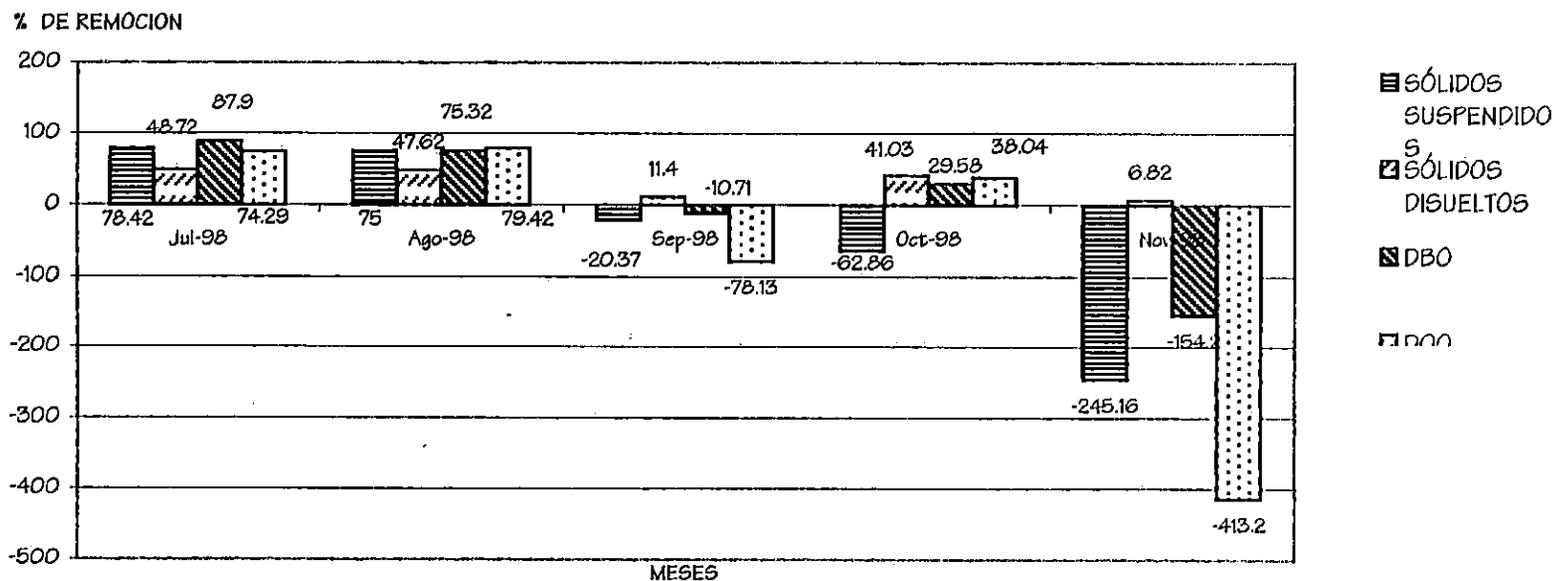


CUADRO N° 39-B: PORCENTAJE DE REMOCIÓN TOTAL LAGUNA B

MESES	PARSHALL-LAGUNA N° 2			
	SÓLIDOS SUSPENDIDOS	SÓLIDOS DISUELTOS	DBO	DQO
Julio-98	78.42	48.72	87.9	74.29
Ago-98	75	47.62	75.32	79.42
Septiembre-98	-20.37	11.4	-10.71	-78.13
Octubre-98	-62.86	41.03	29.58	38.04
Noviembre-98	-245.16	6.82	-154.2	-413.2
PROMEDIO	-34.99	31.12	5.58	-59.92

LOS DATOS NEGATIVOS INDICAN QUE EN LUGAR DE REMOCIÓN HUBO AUMENTO DE ESTE PARÁMETRO.

GRÁFICO 5-B: PORCENTAJE DE REMOCION DE LA PLANTA ANSP LAGUNA N° 2



#### LAGUNA A

- Los porcentajes de remoción de sólidos suspendidos se hacen negativos para los meses de Agosto, Septiembre, Octubre y Noviembre; alcanzándose para este último mes el mayor aumento (-361.3%)
- Existe una remoción de sólidos disueltos a lo largo de los meses muestreados (pero en ningún caso negativa), manteniéndose entre un rango de 58.97% y 38.64%, en los meses de Julio, Agosto, Octubre y Noviembre, no así en el mes de Septiembre que es donde se alcanza el nivel más bajo (7.35%)
- La remoción de DBO presenta un comportamiento irregular, alta en los meses de Julio y Agosto (90.32% y 81.65% respectivamente), cero en el mes de Septiembre, 56.34% en el mes de Octubre y negativa en el mes de Noviembre (-179.2%)
- La remoción de DQO presenta un comportamiento similar al de la DBO, 80% en el mes de Julio, 50% en el mes de Agosto, 82.8% en Septiembre, 10.87% en Octubre y de -500 para el mes de Octubre.

#### LAGUNA B

- El porcentaje de remoción de sólidos suspendidos para los meses de Julio y Agosto es de 78.42% y 75% respectivamente; negativo para los meses de Septiembre, Octubre y Noviembre (-20.37, -62.86 y -245.16%)

- El porcentaje de remoción de sólidos disueltos es irregular (pero en ningún momento negativo) disminuye a lo largo de los meses de Julio (48.72%), Agosto (47.62%) y Septiembre (11.4%), teniéndose un aumento en el mes de Octubre (41.03%) y disminuyendo en Noviembre (6.82%).
- El comportamiento de la remoción de DBO también es irregular alcanzando los mayores valores en los meses de Julio y Agosto (87.9% y 75.35%), disminuye en Septiembre (-10.71% ), Octubre (29.58%) y Noviembre (-154.2%).
- La remoción de DQO para los meses de Julio y Agosto es alta (74.24% y 79.42%) disminuye en el mes de Septiembre (-78.13%), aumenta de nuevo en Octubre (38.04%) y vuelve a disminuir en Noviembre (-413.2%)

CUADRO N° 40: Porcentaje de remoción por elemento

ELEMENTO	% ESPERADO (DBO)	% OBTENIDO
Laguna A	25% - 40%	9.82
Laguna B	25% - 40%	5.58

NOTA: Porcentaje de remoción esperado para Lagunas de Estabilización (anaerobias Primarias)

Como puede observarse la eficiencia de las lagunas está muy por debajo del porcentaje esperado, lo cual puede comprobarse al comparar los parámetros sólidos sedimentables, DBO, DQO, Turbiedad y pH, con los Límites Máximos establecidos por las normas del CONACYT.

CUADRO N° 41: Comparación entre los resultados obtenidos para la Laguna A y los Límites Máximos Permisibles (CONACYT, Norma en Consulta Pública).

PARÁMETRO	CONACYT	MESES				
		Jul-98	Ago-98	Sep-98	Oct -98	Nov- 98
S.S. T (mg/L)	60	20	230	63	68	112
DBO (mg/L)	30	12	29	100	31	43
DQO (mg/L)	60	28	112	117	82	150
TURBIEDAD(UNT)	100	15.4	231	61.6	54.2	76.4
pH	5.5 - 9	8.02	9.5	9.2	8.6	9.7

CUADRO N° 42: Comparación entre los resultados obtenidos para la Laguna B y los Límites Máximos Permisibles (CONACYT, Norma en Consulta Pública).

PARÁMETRO	CONACYT	MESES				
		Jul-98	Ago-98	Sep-98	Oct -98	Nov- 98
S.S. T (mg/L)	60	30	50	65	57	76
DBO (mg/L)	30	15	39	112	50	37
DQO (mg/L)	60	36	50	114	57	124
Turbiedad (UNT)	100	18	52	39.8	47	56.1
pH	5.5 - 9	7.96	9.4	8.8	7	9.16

En ambas lagunas sólo para el mes de Julio se cumple con los límites establecidos, dándose en los otros meses una elevación de éstos, en lugar de reducirse, los parámetros aumentaron a la salida de las lagunas, por lo que la planta no trabaja con la eficiencia esperada.

## CAPITULO III: ANÁLISIS DE LAS PRINCIPALES PLANTAS DE TRATAMIENTO EN OPERACION

### 3.1 ANÁLISIS DE LA EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES ACTUALES DE LAS PLANTAS

Para llevar a cabo el análisis del funcionamiento, mantenimiento y operación de las plantas de tratamiento estudiadas, éstas han sido divididas según los procesos de tratamiento que las integran, estableciéndose el siguiente orden:

- Tratamiento Preliminar
- Tratamiento Primario
- Tratamiento Secundario
- Tratamiento de Lodos

Es necesario aclarar que los procesos de tratamiento a su vez han sido divididos de acuerdo a los elementos que los constituyen, después, cada elemento es comentado tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- Estructura física: Se analiza si los elementos existentes están equipados de manera que puedan cumplir con sus funciones, también el estado de la infraestructura, materiales de que están contruidos los elementos, etc.

- Mantenimiento y operación : Se comparan las recomendaciones de

mantenimiento y operación dadas por diversos autores con las actividades

que los operadores realizan en las plantas de tratamiento.

- Disposición de los desechos generados: Se analiza si la disposición de los desechos que generan diversos elementos se hace de manera que no produzcan condiciones insalubres en las plantas.

- Seguridad: Se analizan los elementos que por su tamaño o proceso que realizan, necesitan dispositivos que protejan al operador contra posibles accidentes y al mismo tiempo faciliten las labores de limpieza e inspección.

Se incluye además el análisis de las instalaciones y servicios destinados a los operadores y el nivel cognoscitivo de éstos.

### 3.1.1 TRATAMIENTO PRELIMINAR

#### 3.1.1.1 REJILLAS, DESARENADORES Y MEDIDORES DE CAUDAL

De las ocho plantas estudiadas cinco cuentan con tratamiento preliminar,

constituido por rejillas, desarenadores y un medidor de caudal; una planta cuenta

sólo con rejillas y las dos restantes no tienen tratamiento preliminar.

En todos los casos, las rejillas, desarenadores y medidores de caudal se han construido en un solo canal. Se analizarán a continuación en conjunto las rejillas y desarenadores y aparte el medidor de caudal.

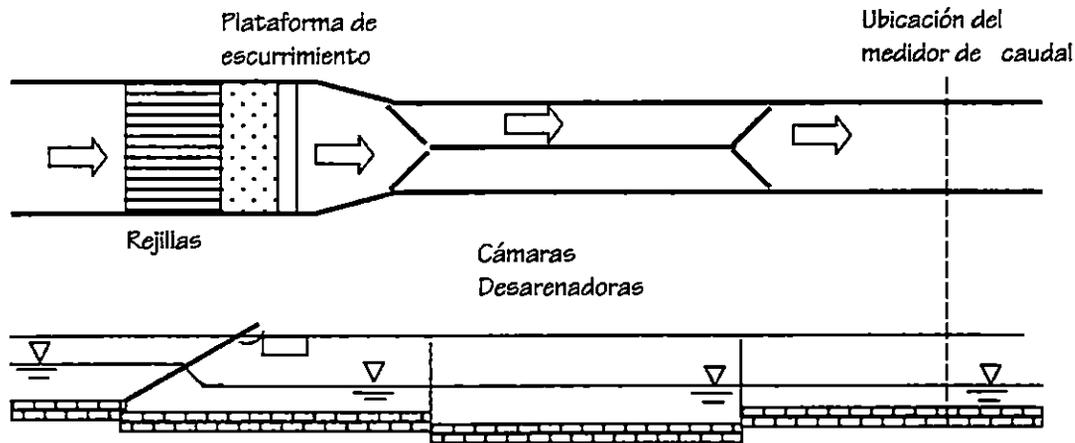


Figura 9: Canal de Rejas, Desarenador y Medidor de Caudal

## ESTRUCTURA FISICA

En cuanto a su estructura, las rejillas y desarenadores cuentan con los dispositivos necesarios para su operación como lo son plataforma de escurrimiento, dos cámaras desarenadoras como mínimo y compuertas; por no ser muy anchos los canales, en la mayoría de las plantas se ha prescindido de las pasarelas, sólo dos plantas poseen by-pass, además como el material mas utilizado para las compuertas es el acero éstas tienden a corroerse al igual que algunas plataformas de escurrimiento fabricadas de este mismo material; todos los canales están contruidos de concreto y las rejillas son fabricadas de acero.

## OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Los periodos de limpieza de las rejillas varían de una vez al día a dos veces por día, los desarenadores son limpiados una vez al día, y por lo general se pone fuera de servicio uno para limpiarlo y se deja funcionando el otro, de manera que trabajen de forma alterna, sólo cuando llega a la planta un caudal muy grande se ponen a trabajar los dos canales.

En ninguna de las plantas visitadas se limpia regularmente la arena que se azoiva de aguas arriba de las rejillas, tampoco se efectúa frecuentemente la limpieza de paredes y plataforma de escurrimiento.

## MEDIDORES DE CAUDAL

De las ocho plantas estudiadas, tres no cuentan con ningún dispositivo de medición de caudal, una utiliza un medidor tipo Venturi, tres un medidor tipo Parshall y la restante un vertedero rectangular. Sólo en dos plantas se efectúan mediciones diarias, las cuales son registradas. Ningún dispositivo cuenta con reglas graduadas o una marca que indique que en ese punto debe medirse el caudal.

CUADRO N° 44: Comparación entre el mantenimiento que reciben los elementos del tratamiento preliminar y lo recomendado por diversos autores.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EN LAS PLANTAS	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO RECOMENDADOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Periodos de limpieza de las rejillas varía de una a dos veces por día.</li> <li>• Los desarenadores son limpiados diariamente</li> <li>• No se limpian regularmente la arena que se azolva aguas arriba de las rejillas</li> <li>• No se limpian frecuentemente las paredes y plataforma de escurrimiento</li> <li>• Solo en dos plantas se realizan mediciones de caudal diarias</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las rejillas deben ser limpiadas dos veces al día (1) (2)</li> <li>• Cubrir los materiales sacados de las rejillas con cal para evitar malos olores (2)</li> <li>• El operador debe utilizar guantes de hule al recolectar los sólidos (1) (2)</li> <li>• Asegurarse que la placa perforada se mantenga limpia (1)</li> <li>• Colocar los sólidos escurridos en un contenedor (1)</li> <li>• Limpiar semanalmente con agua a presión las rejillas (1)</li> <li>• Revisar una vez al año las rejillas y compuertas. (1)</li> <li>• Limpiar los desarenadores por lo menos una vez al día. (1)</li> <li>• El desarenador fuera de operación debe quedar limpio de sedimentos o agua estancada (1)</li> <li>• Limpiar las paredes, piso y cinta de medición semanalmente (1)</li> <li>• Hacer dos mediciones del caudal instantáneo entrante por la mañana y por la tarde (1)</li> <li>• Revisar cada año la escala colocada para medir el tirante de agua (1)</li> </ul>

(1) Instructivo Práctico de las principales actividades a realizar en las plantas de tratamiento de aguas residuales (ANDA-KFW)

(2) Módulos de Formación y Perfeccionamiento del personal de las plantas de tratamiento de aguas residuales, Cooperación Técnica Alemana.

### DISPOSICIÓN DE LOS DESECHOS

En todos los casos la manera de disponer de las basuras y arenas recolectadas es quemándolas al aire libre y las cenizas son dejadas en el suelo, no se cuenta con dispositivos para la recolección y el almacenamiento temporal de los desechos.

### SEGURIDAD

Debido a las dimensiones de los canales, éstos son seguros y fáciles de limpiar y no necesitan dispositivos especiales de seguridad.

### 3.1.2 TRATAMIENTO PRIMARIO

Los elementos que se estudian del tratamiento primario son:

- Tanques de sedimentación tipo Dortmund
- Tanques de sedimentación Imhoff
- Lagunas de estabilización

### 3.1.2.1 TANQUES DE SEDIMENTACIÓN TIPO DORTMUND

Tres de las ocho plantas visitadas utilizan tanques Dortmund para la sedimentación primaria, estos tanques se caracterizan por su forma circular y cónica, y por las pantallas concéntricas que facilitan la sedimentación.

#### ESTRUCTURA FÍSICA

Los tanques están hechos de concreto, repellados y afinados, no presentan signos de deterioro, dos de los tanques tienen pantallas fabricadas de acero que presentaban un estado inicial de corrosión, la pantalla del otro tanque es de concreto y no se encuentra dañada. El agua residual es depositada en una canaleta perimetral a través de vertederos ya sea por rebose o por un vertedero triangular, para evitar el efecto de remolino o aspiraciones. Todos cuentan con pasarelas de servicio elaboradas de acero.

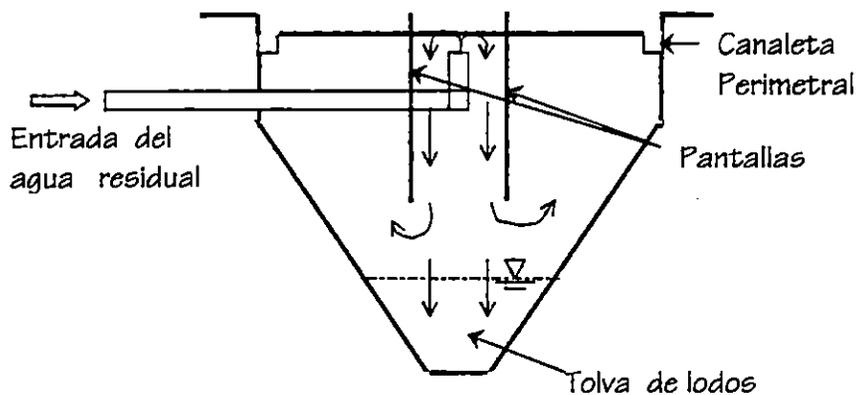


Figura 10: Tanque Dortmund

## OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

El mantenimiento que se le da a estos tanques es la remoción diaria de las natas y lodos que flotan en la superficie del agua y limpieza de la canalera perimetral, con respecto a la extracción de lodos, los criterios de limpieza varían, pues mientras que en dos de las plantas se realiza dos veces por día (este periodo está dentro del rango recomendado), en la planta restante los periodos de extracción son más largos (cada quince días).

Otro punto que varía mucho, es el tiempo que dura la extracción de lodos, ya que mientras unos operadores dicen extraerlos aproximadamente por un minuto, otro afirma dejar abierta la válvula por tres días.

A continuación se presenta un cuadro comparativo entre el mantenimiento que reciben los tanques tipo Dortmund y las recomendaciones de diversos autores:

CUADRO N° 45: Comparación entre el mantenimiento que reciben los tanques tipo Dortmund y las recomendaciones de diversos autores.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EN LAS PLANTAS	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO RECOMENDADOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remoción diaria de las natas y lodos que flotan en la superficie</li> <li>• Limpieza diaria de la canaleta perimetral</li> <li>• Extracción de lodos dos veces por día y de un minuto cada una (en dos plantas) y cada quince días y de tres días de duración en la restante.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Extraer lodos dos veces por día (1)</li> <li>• Retirar diariamente natas, espumas y sólidos flotantes de la superficie (1)(2)</li> <li>• Limpiar el canal perimetral diariamente (1) (2)</li> <li>• Limpiar con agua a presión la caja de inspección, distribuidora y de conexión al digestor (1) (2)</li> <li>• Pintar el puente de inspección una vez cada seis meses (1)</li> <li>• Llevar un control de las horas y volúmenes de descargas (1)</li> <li>• Una vez al año vaciar el tanque y revisar la estructura, localizar los puntos de corrosión de los vertederos, mampara deflectoras y tolva central (2)</li> </ul>

(1) Instructivo Práctico de las principales actividades a realizar en las plantas de tratamiento de aguas residuales (ANDA-KFW)

(2) Módulos de Formación y Perfeccionamiento del personal de las plantas de tratamiento de aguas residuales, Cooperación Técnica Alemana.

## DISPOSICIÓN DE LOS DESECHOS

Las natas y sólidos removidos son dispuestos de diferentes formas, como por ejemplo quemándolos o tirándolas en los lechos de secado, sólo una planta cuenta con un contenedor para estos desechos.

## SEGURIDAD

Los tanques cuentan con pasarela para facilitar su inspección y limpieza, ninguno está cercado.

### 3.1.2.2 TANQUES SEDIMENTADORES IMHOFF

Dos de las ocho plantas de tratamiento estudiadas utilizan tanques Imhoff para realizar la sedimentación primaria, la forma de éstos es rectangular y ambos están cerrados.

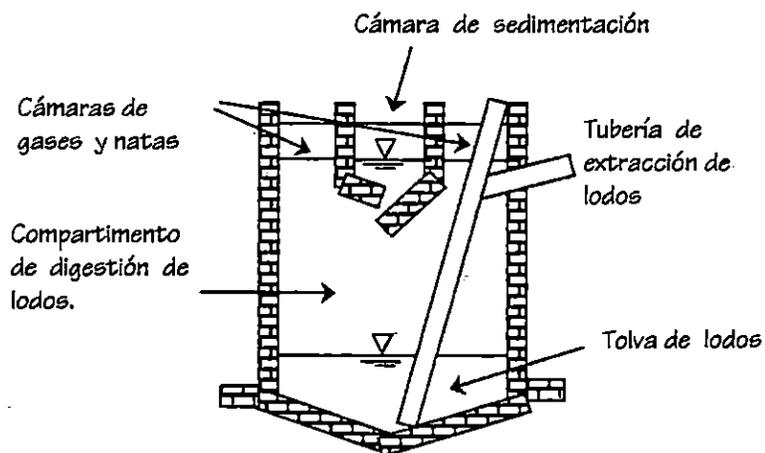


Figura 11: Tanque Imhoff

## ESTRUCTURA FÍSICA

Los dos tanques estudiados son de materiales distintos, uno de ladrillo de barro recubierto de mortero y el otro de concreto con repello externo; el primero está cubierto con losas prefabricadas, las cuales dejan un espacio de aproximadamente una pulgada entre ellas, lo que permite el paso de gases. Es notorio el deterioro de esta estructura debido en gran parte a la falta de mantenimiento, el recubrimiento de mortero está desmoronándose y hay filtraciones en las paredes laterales del tanque además de losas quebradas; el segundo tanque, está cubierto con una plancha de concreto sellada que impide la salida de los gases y olores pero que impide la inspección ya que no se construyeron compuertas, lo cual tampoco permite los trabajos de limpieza.

## OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

No se les da ningún tipo de mantenimiento.

CUADRO N° 46: Comparación entre las recomendaciones de diversos autores y el mantenimiento que reciben los tanques tipo Imhoff estudiados.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EN LAS PLANTAS	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO RECOMENDADOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>No se les da mantenimiento y operación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eliminar diariamente los gases, natas y sólidos flotantes del compartimento de sedimentación (3)</li> <li>Limpiar semanalmente la ranura del compartimento de sedimentación (3)</li> <li>Controlar la nata en la cámara de natas rompiéndola por medio de chorros de agua a presión manteniéndola húmeda y quitarla cuando su espesor llegue a unos 60-90 cm. (3)</li> <li>La descarga de lodos debe hacerse antes de que su nivel llegue a cerca de 45 cm. de distancia de la ranura del compartimento de sedimentación. (2) (3)</li> </ul>

(2) Módulos de Formación y Perfeccionamiento del personal de las plantas de tratamiento de aguas residuales, Cooperación Técnica Alemana.

(3) Tratamiento de Aguas Negras, Modulo 3 de Ingeniería Sanitaria, UES.

#### DISPOSICIÓN DE LOS DESECHOS:

Debido a que no se les da mantenimiento a los tanques los desechos no son retirados, por lo tanto tampoco se les da ninguna disposición final.

## SEGURIDAD:

Una planta cuenta con pasillos alrededor del tanque Imhoff, el otro no cuenta con estos dispositivos; además por ser cerrados no representan un peligro para los operadores, pero sí las planchas de uno de los tanques ya que éstas están quebradas.

### 3.1.2.3 LAGUNAS PRIMARIAS DE ESTABILIZACION

De las ocho plantas estudiadas, dos tratan el agua residual a través de lagunas de estabilización, éstas son de forma rectangular y han sido impermeabilizadas con arcilla.

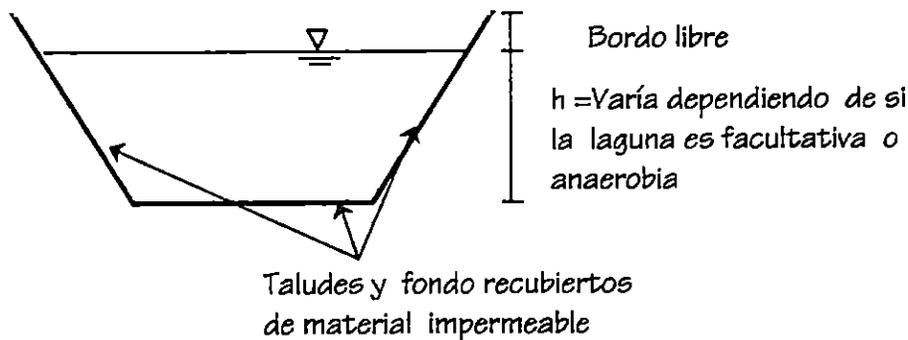


Figura 12 Corte Transversal de una laguna de estabilización

## ESTRUCTURA FISICA

La entrada del agua residual a las lagunas es a través de canaletas de distribución en una planta y cajas de distribución y tuberías en la otra, ambos sistemas están contruidos de ladrillo de barro y recubrimiento de mortero, no

cuentan con dispositivos para medición del caudal a la entrada y a la salida de las lagunas, ni pantallas deflectoras para la retención de natas y sólidos flotantes.

Los taludes están erosionados, esta erosión es tal, que en una de las plantas en el terraplén que separa las lagunas se ha formado un pequeño canal que permite el paso del agua de la laguna primaria a la secundaria.

#### OPERACIÓN

Las únicas actividades que se realizan en las lagunas son la remoción de natas y lodos flotantes, que se efectúa una vez al día en una planta y de forma irregular en la otra; así como también el corte del césped (conforme se observa que éste crece).

CUADRO N° 47: Comparación entre el mantenimiento brindado a las lagunas de estabilización y las recomendaciones de diversos autores.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EN LAS PLANTAS	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO RECOMENDADOS
<ul style="list-style-type: none"><li>• Remoción diaria de natas y lodos flotantes, en una planta y de forma irregular en la otra</li><li>• Corte del césped a medida que va creciendo</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Hacer mediciones de caudal por lo menos cuatro veces al día (4) (6) (7)</li><li>• Remoción de natas y sólidos flotantes diariamente (4) (5) (7)</li></ul>

CONTINUACION CUADRO N° 47

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EN LAS PLANTAS	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO RECOMENDADOS
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corte del césped manteniendo una faja limpia de al menos 20 cm. por encima del borde del agua (4) (5) (6) (7)</li> <li>• La maleza debe ser retirada, secada y quemada. (5)</li> <li>• Las orillas de las lagunas deben mantenerse limpias y sin vegetación (4) (5) (6)</li> <li>• Inspección semanal del estado de los taludes (4) (5)</li> <li>• Medición de la profundidad de lodos (5)</li> <li>• Revisar las cercas y caminos (4) (5) (6) (7)</li> <li>• Oscilar con frecuencia el nivel de las lagunas para evitar la proliferación de mosquitos (6) (7)</li> <li>• Registrar las operaciones realizadas (7)</li> <li>• Revisar que no haya una tendencia a secarse o rabalsarse, si esto ocurre notificar inmediatamente al ingeniero responsable (5) (6)</li> <li>• Limpieza general de la planta y cuidado de su aspecto exterior (7)</li> </ul>

(4) Lagunas de Estabilización, Teoría, Diseño, Evaluación y Mantenimiento, Fabián

Yanez Cossio.

(5) Curso Taller Internacional, Lagunas de Estabilización Diseño, Operación,

Mantenimiento y Rehabilitación, Cuernavaca, Mor.

(6) *Lagunas de Estabilización y otros Sistemas Simplificados para el Tratamiento de Aguas Residuales*, Ing. Roberto Saenz Forero

(7) *Operación y Mantenimiento de Sistemas Lagunares*, Biólogo Armando Rivas Hdez

## DISPOSICIÓN DE LOS DESECHOS

Los desechos son quemados al aire libre y las cenizas no son removidas del suelo.

## SEGURIDAD

Los accesos a las plantas no se encuentran bien definidos y no cuentan con ningún recubrimiento que garantice la circulación segura de personas, vehículos y maquinaria tanto en época lluviosa como en la seca.

### 3.1.3 TRATAMIENTO SECUNDARIO

Los elementos de tratamiento secundario que se estudian son:

- *Percoladores Biológicos*
- *Tanque Sedimentador tipo Dortmund*
- *Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA)*
- *Lodos Activados*
- *Lagunas de Estabilización*

### 3.1.3.1 PERCOLADOR BIOLÓGICO

De las ocho plantas estudiadas cuatro cuentan con percoladores biológicos, éstos tienen forma rectangular y su sistema de distribución es fijo, a través de canaletas.

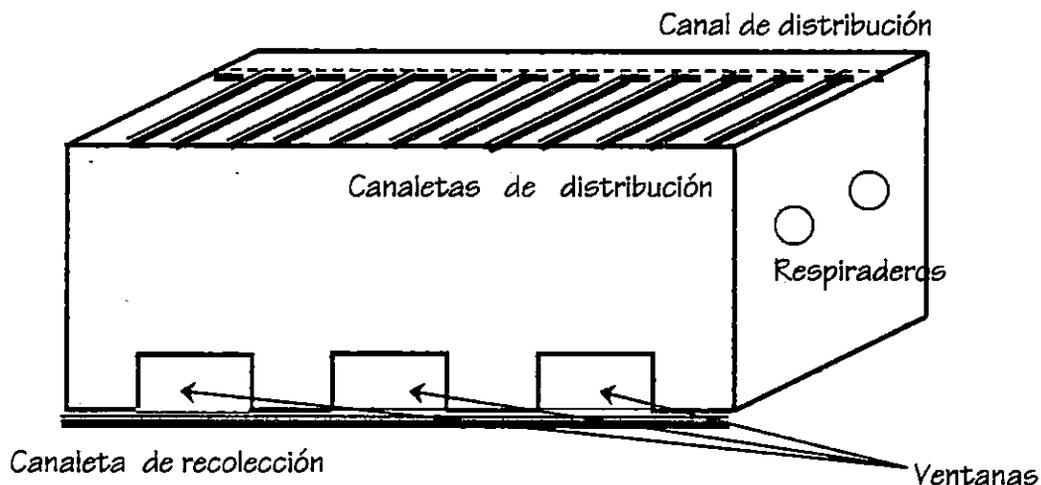


Figura 13: Percolador Biológico

### ESTRUCTURA FÍSICA

Tres de las cuatro plantas estudiadas han sido construidas con bloques de concreto y la restante con ladrillo de barro recubierto de mortero. En todos los casos el lecho filtrante está formado por piedra volcánica.

Todas las plantas cuentan con canaletas para la distribución del caudal, fabricadas en un caso de vigueta y ranuras de concreto, dos combinando vigueta

En tres de las plantas, las canalatas de entrada y salida, así como también las canalatas de distribución se limpian una vez al día; los respiraderos son inspeccionados diariamente retirando las plantas o malezas que se encuentran en éstos. El otro sistema de filtros no recibe un mantenimiento periódico. A continuación se presenta un cuadro con las recomendaciones para el mantenimiento dadas por diferentes autores y el mantenimiento que reciben.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Debido al corto período de funcionamiento y al mantenimiento constante de tres de las plantas, la estructura física se encuentra en buen estado, no así la restante, la cual no recibe un mantenimiento adecuado lo que se refleja en el desmoronamiento del recubrimiento de sus paredes.

Tres de las plantas cuentan con sistema de aireación y la restante no posee ventanas pero su altura comparada con las anteriores es menor.

Tres de las plantas cuentan con sistema de aireación y la restante no posee ventanas pero su altura comparada con las anteriores es menor.

de concreto y ranuras de acero y en la otra son canalatas de PVC con ranuras en las mismas.

CUADRO 48: Comparación entre el mantenimiento que reciben los Percoladores Biológicos en las plantas de tratamiento y las recomendaciones dadas por diversos autores.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EN LAS PLANTAS	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO RECOMENDADOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las canaletas de entrada, salida y distribución se limpian diariamente</li> <li>• Los respiraderos son inspeccionados diariamente</li> </ul>	<p>ACTIVIDADES DIARIAS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada mañana verificar los canales de distribución y retirar los sólidos flotantes que se acumulen en los vertederos (1) (8)</li> <li>• La superficie debe mantenerse libre de hierbas y acumulaciones de hojas u otras basuras (8)</li> <li>• Realizar pruebas de sedimentación del agua a la salida del filtro (1) (2)</li> </ul> <p>ACTIVIDADES SEMANALES</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpiar los canales con agua a presión (1)</li> </ul> <p>Eliminar con un chorro de agua cualquier rastro de lodo en las canaletas de salida y en las aperturas de aireación (1) (2) (8)</p> <p>ACTIVIDADES SEMANALES</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introducir la manguera con agua a presión en las ventanas de ventilación inferiores (2)</li> <li>• Cada 2 semanas limpiar con agua a presión la superficie del filtro y donde haya encharcamiento penetrar unos 30 cm. sin remover la piedra de la superficie (2)</li> </ul> <p>ACTIVIDADES ANUALES</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisar la estructura localizar los puntos de corrosión de los vertederos (2)</li> </ul>

- (1) Instructivo Práctico de las principales actividades a realizar en las plantas de tratamiento de aguas residuales (ANDA-KFW)
- (2) Módulos de Formación y Perfeccionamiento del personal de las plantas de tratamiento de aguas residuales, Cooperación Técnica Alemana.
- (8) Ingeniería de las Aguas Residuales, Metcalf & Eddy

#### DISPOSICIÓN DE LOS DESECHOS

Las basuras que se recolectan de los filtros son secadas y quemadas al aire libre.

#### SEGURIDAD

Dado que los filtros han sido contruidos aprovechando la topografía del terreno se ha podido establecer que las alturas de éstos oscilan entre tres y nueve metros aproximadamente, lo cual unido a las labores de limpieza que los operadores realizan diariamente en la superficie, hacer notar el gran vacío que existe en cuanto a facilitar y proporcionar seguridad para el trabajo.

Sólo una de las plantas cuenta con escalera de servicio la cual tiene una posición vertical y no cuenta con jaula de protección lo que la hace insegura.

### 3.1.3.2 TANQUE SEDIMENTADOR TIPO DORTMUND

Tres de las ocho plantas estudiadas utilizan sedimentadores secundarios tipo

Dortmund, ubicados después de los percoladores biológicos, éstos son de estructura

similar a los tanques primarios (Figura 10)

#### ESTRUCTURA FISICA

Los tanques están contruidos de concreto, el material y forma de las pantallas

varía de tanque a tanque, ya que, mientras dos tienen pantallas circulares fabricadas

de metal, uno tiene pantalla cuadrada y canaleta perimetral contruidos de

concreto; las canaletas perimetrales están contruidas de concreto pero el

vertedero que las antecede es distinto, en una planta es ranurado y en las dos

restantes liso, por lo que el agua llega a la canaleta por desbordamiento, no se

observaron canaletas quebradas o dañadas, en general todas la estructuras se

encuentran en buen estado, es decir, sin agrietamiento o desmoronamiento del

recubrimiento de las paredes,

#### OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

La operación que se les da a estos tanques es la misma que la de los

sedimentadores primarios, pero como pudo verificarse en las recomendaciones que

se han recopilados, el mantenimiento de los tanques secundarios varía con respecto

transformado a RAFA.  
Flujo Ascendente (RAFA), que consiste en un tanque Imhoff rectangular  
De las ocho plantas visitadas una cuenta con un Reactor Anaerobio de

### 3.1.3.3 REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE (RAFA)

sobre todo en época de lluvias.  
puede representar un peligro para los operadores pues pueden llegar a resbalar,  
la superficie alrededor de éstos no cuenta con ningún recubrimiento por lo que  
Todos los tanques cuentan con pasarela de servicio, y ninguno está cercado,

#### SEGURIDAD:

depósito para estos desechos, aunque éste es abierto.  
Los desechos son quemados al aire libre y sólo una planta cuenta con un

#### DISPOSICIÓN DE LOS DESCHOS:

(Ver el Cuadro Nº 45)

al mantenimiento de los tanques primarios en aspectos como el tiempo de extracción,

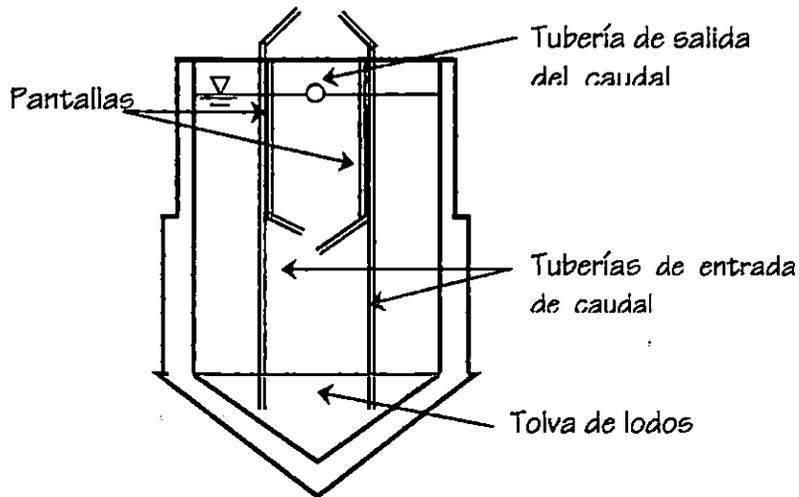


Figura 14: Imhoff modificado a RAFA,  
Tomado de "Análisis del Funcionamiento de un tanques  
Imhoff modificado en un RAFA", Amen Funk, Francisco

## ESTRUCTURA FÍSICA

El RAFA está construido de ladrillo de barro con recubrimiento de mortero, cubierto en su superficie por planchas de concreto sin cerrar herméticamente el tanque, pero algunas se encontraban quebradas, el tanque presentaba grietas y filtraciones de agua a través de las paredes.

No posee compuertas que permitan realizar la limpieza e inspección de las diferentes cámaras del tanque.

## OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

No recibe ningún tipo de mantenimiento, lo que se verifica al observar el grado de deterioro que presenta la planta y las cantidades de lodos flotantes que se aprecian a través de las ranuras que dejan las planchas.

CUADRO 49: Comparación entre el mantenimiento que recibe el RAFA y las recomendaciones de diversos autores.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EN LAS PLANTAS	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO RECOMENDADOS
<ul style="list-style-type: none"><li>• No recibe ningún mantenimiento</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Limpiar por lo menos una vez al día los repartidores de caudal (10)</li><li>• Lavar cada vez que se utilice la tubería o canal de conducción de la purga de lodos (10)</li><li>• Medir diariamente el caudal de entrada al reactor (9) (10)</li><li>• Limpiar la tubería de alimentación de purga de lodos y los vertederos de las canaletas de recolección diariamente (10)</li><li>• Barrer semanalmente las canaletas de recolección (10)</li><li>• Tomar muestras del afluente semanal o mensualmente (10)</li><li>• Medir la producción de gas (9) (10)</li><li>• Observación diaria del efluente (9) (10)</li><li>• Purgar los lodos cuando se alcance el nivel inferior de las campanas, o en caso de Imhoff modificado a RAFA la abertura de fases (9) (10)</li><li>• Limpiar periódicamente la capa flotante de la superficie del reactor (9) (10)</li></ul>

(9) *Análisis del Funcionamiento de un Tanque Imhoff Transformado en un RAFA,*

*Ing. Francisco Amen Funk.*

(10) *Nuevos Avances en el Tratamiento Anaerobio de Aguas Negras.*

#### DISPOSICION DE LOS DESECHOS

*No hay disposición de desechos debido a que el tanque no es limpiado, no se observan contenedores o depósitos para la basura generada.*

#### SEGURIDAD

*Por ser el tanque cerrado éste no debería representar un peligro para la operación y el mantenimiento, pero debido al deterioro de la estructura y en especial de las planchas que lo cubren, lo vuelven inseguro y peligroso; no existen pasarelas ni pasillos alrededor del tanque, por lo que la circulación puede ser insegura sobre todo en época de lluvias.*

#### 3.1.3.3 LODOS ACTIVADOS

*Existen pocas plantas de lodos activados en El Salvador, esto puede deberse a que los costos de inversión, mantenimiento y operación son más elevados. Últimamente se están construyendo más plantas de este tipo, como puede observarse en el Apéndice 1, seis de las nuevas urbanización utilizarán este sistema.*

De la muestra tomada (ocho plantas), sólo una cuenta con un sistema de lodos activados para el tratamiento del agua residual.

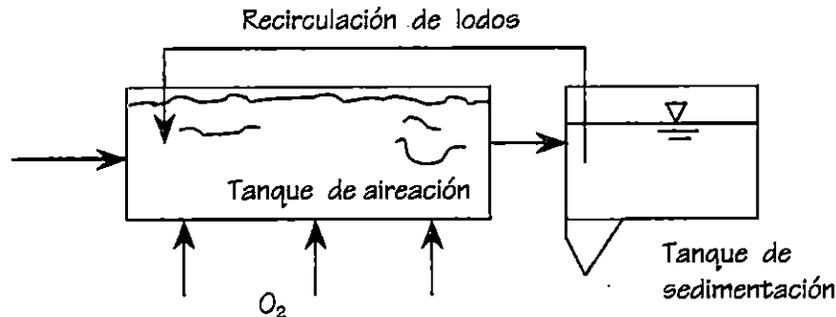


Figura 15: Sistema de Lodos Activados

#### ESTRUCTURA FÍSICA:

La planta visitada cuenta con dos unidades de forma rectangular, construidas de concreto, el sistema de aireación es mecánico, y está constituido por cuatro aireadores tipo estacionarios/fijos verticales en cada tanque de aireación, la recirculación de lodos se realiza mediante tuberías que van de los tanques sedimentadores a la entrada de los tanques de aireación. La salida del "líquido mezclado" de los tanques de aireación a los sedimentadores se realiza por desbordamiento (vertederos en demasías).

Pudo verificarse que las estructuras están en buen estado físico, sin grietas o fisuras, y no hay filtración a través de las paredes de los tanques.

## OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Para los tanques de aireación no se cuenta con parámetros básicos de operación con los que fue diseñada esta planta, tales como concentración de lodos, edad del lodo, tiempo de retención, etc. los operadores sólo dan mantenimiento periódico a los equipos eléctricos y mecánicos.

CUADRO 50: Comparación entre el mantenimiento que recibe el sistema de lodos activados estudiados y las recomendaciones dadas por varios autores.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EN LAS PLANTAS	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO RECOMENDADOS
<ul style="list-style-type: none"><li>• Los tanques de aireación no cuentan con los parámetros básicos de operación con los que fueron diseñados, sólo se les da mantenimiento periódico a los equipos eléctricos y mecánicos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• La espuma debe controlarse al observar que prolifera en los tanques (8)</li><li>• El mantenimiento de los aireadores debe hacerse según las recomendaciones del fabricante (8)</li><li>• Para la recirculación del lodo, este debe extraerse de los tanques de sedimentación tan pronto se forme (8)</li><li>• Para controlar el volumen de lodo de retorno puede hacerse por el método de IVF (Índice del Volumen de Fango) (8)</li><li>• La purga de lodos debe hacerse para mantener constante el nivel de sólidos en el líquido mezcla, esto se hace purgando lodo periódicamente de los tanques de aireación a los sedimentadores. (8)</li></ul>

(8) Ingeniería de las Aguas Residuales, Metcalf & Eddy

#### SEGURIDAD

Debido a la altura de los tanques se han construido pasillos y barandas que hacen segura la circulación a través de estas unidades.

#### 3.1.3.4 LAGUNAS DE ESTABILIZACION

Como se especificó anteriormente dos de las ocho plantas estudiadas cuentan con lagunas de estabilización, pero sólo una laguna brinda tratamiento secundario.

#### ESTRUCTURA FÍSICA:

Al igual que las lagunas primarias, puede verificarse que no cuenta con elementos indispensables tales como : pantallas para la retención de natas a la salida de las lagunas ,las cuales sirven para evitar obstrucciones , omisión de dispositivos de medición de caudal a la entrada y salida de las lagunas que permitan llevar un registro de los caudales que entran y salen de éstas, los que permiten controlar a tiempo cualquier filtración excesiva que pueda llevar a secarlas o contaminar las aguas subterráneas, etc.

Se presentan los mismos problemas que para las lagunas primarias.

## SEGURIDAD

forma de disposición.

Por no contar con un operador permanente no pudo obtenerse información respecto a este punto. No se observaron dispositivos para la disposición de los desechos, ni rastros de quema o promotores de basura que indicara una

## DISPOSICIÓN DE LOS DESECHOS

lagunas primarias (Cuadro 47).

El mantenimiento que se les da es el mismo que el de las primarias, limitándose a la remoción de natas y sólidos flotantes, poda del césped en los bordes, taludes y pasillos de las instalaciones. Las recomendaciones para su adecuado mantenimiento y operación son las mismas que las dadas para las

## OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

El recubrimiento impermeable en esta laguna se encuentra muy deteriorado, pues una parte está cubierta por hierbas y malezas lo que ha llevado a reducir el área hidráulica, esto puede deberse a que los taludes están muy erosionados y no se deja libre de césped los 20 cm recomendados de bordo libre.

### 3.1.4 TRATAMIENTO DE LODOS

De las ocho plantas visitadas seis cuentan con por lo menos un dispositivo para el tratamiento de los lodos, los que se estudian son:

- Digestores de lodos
- Patios de secado

#### 3.1.4.1 DIGESTORES DE LODOS

De las ocho plantas visitadas tres cuentan con digestores, los lodos que éstos reciben pueden clasificarse como lodos mezclados, que son una combinación de lodos primarios y secundarios.

El objeto de estos tanques es estabilizar el lodo proveniente de otros niveles de tratamiento, ya que las impurezas contenidas en las aguas residuales se eliminan en forma de lodos.

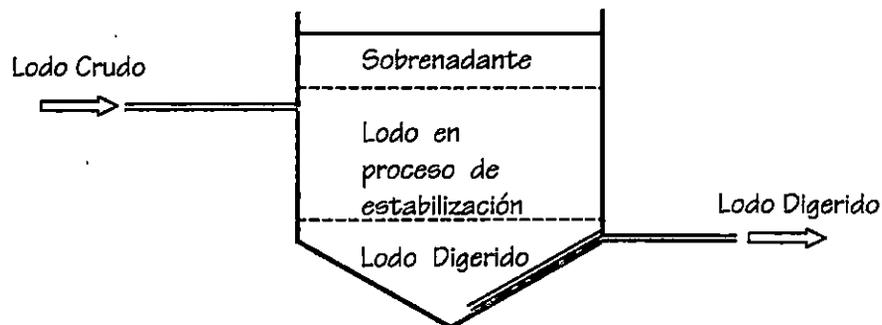


Figura 16: Digestor de Lodos

## ESTRUCTURA FÍSICA

El tanque utilizado en todas las plantas estudiadas es circular con fondo cónico, construido de concreto. Sólo un tanque cuenta con una marca que indique el nivel máximo de lodos. No se observaron grietas, fisuras ni otros signos de deterioro en los tanques.

## OPERACION Y MANTENIMIENTO

El período de extracción de lodos de los digestores es mensual, pero en una planta por encontrarse obstruido el canal de salida se está realizando cada tres meses, pues necesitan hacer uso de una pipa. No se realiza ninguna otra actividad de mantenimiento.

CUADRO N° 51: Comparación entre las actividades de mantenimiento que se realizan a los Digestores de lodos y las recomendaciones de diversos autores.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EN LAS PLANTAS	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO RECOMENDADOS
<ul style="list-style-type: none"><li>• La extracción se realiza mensualmente, pero en una planta por encontrarse obstruida la tubería de salida se está realizando cada tres meses</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cada vez que se utilice la bomba del digestor asegurarse que no quede lodo en la tubería. (1) (2)</li><li>• Preparar los lechos de secado antes de la extracción (1)</li><li>• Anotar en el diario de operación el valor de la temperatura del agua del digestor y el nivel de lodo (2)</li></ul>

CONTINUACIÓN CUADRO Nº 51

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EN LAS PLANTAS	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO RECOMENDADOS
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprobar el funcionamiento de todas las compuertas (2)</li> <li>• Es menester que los lodos sean evacuados una vez por año (2)</li> <li>• El conducto debe de permanecer limpio (2)</li> <li>• Limpiar el registro después del vaciado del exceso de lodos (2)</li> </ul>

(1) Instructivo Práctico de las principales actividades a realizar en las plantas de tratamiento de aguas residuales (ANDA-KFW)

(2) Módulos de Formación y Perfeccionamiento del personal de las plantas de tratamiento de aguas residuales, Cooperación Técnica Alemana.

SEGURIDAD

Dos de los tanques no cuentan con cerca perimetral, el otro si tiene este elemento que sirve para evitar accidentes (por ejemplo: que los operadores o visitantes puedan resbalar y caer en el interior del tanque), uno de los tanques sin cerca posee pasarela de servicio.

### 3.1.4.2 LECHOS DE SECADO

Seis de las ocho plantas estudiadas cuentan con lechos de secado para la deshidratación natural de los lodos provenientes de los digestores, tanques Imhoff, tanques sedimentadores (después de los tanques de aireación) y RAFA.

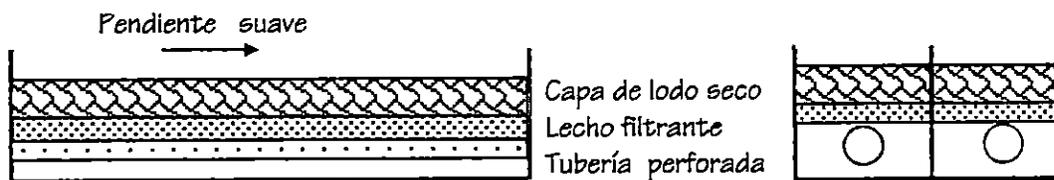


Figura 17-A: Corte Longitudinal de un Lecho de Secado

Figura 17-B: Corte Transversal de un Lecho de Secado

Figura 17: Lechos de Secado

### ESTRUCTURA FISICA

Los lechos de secado de las plantas estudiadas constan de los elementos básicos para la operación como sistema de drenaje y cobertura filtrante; en su mayoría son de forma rectangular con una altura promedio de 0.5 metros, elaborados de bloques de concreto, tanto para las paredes como para el lecho filtrante, en el cual se colocan los bloques de lado y se rellenan los huecos de arena. Existe un lecho de secado que es de forma cuadrada, construido de concreto y con lecho filtrante de grava.

## OPERACION Y MANTENIMIENTO

Los lodos son removidos de los patios de secado cuando se agrietan, el tiempo calculado por los operadores es de aproximadamente 20 días, unos días antes de ser retirados se forman promontorios para facilitar su deshidratación.

Debido a que al vaciar los patios los lodos no se remueven en su totalidad crecen plantas sobre la superficie del lecho.

CUADRO 52: Comparación entre el mantenimiento que reciben los Patios de Secado y las recomendaciones dadas por diversos autores.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EN LAS PLANTAS	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO RECOMENDADOS
<ul style="list-style-type: none"><li>• Los lodos son removidos cuando se agrietan (aproximadamente 20 días)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Las capas de lodos descargadas no deben ser superiores a 30 cm y dejarlas secar (8)</li><li>• El lodo puede extraerse de la era de secado después de que se haya drenado y secado superficialmente para ser paleable (8)</li><li>• El fango seco posee una superficie basta, agrietada de color negro o marrón oscuro después de 10 o 15 días en condiciones favorables (8)</li><li>• Aproximadamente una semana después de haber purgado los lodos del digestor y que hayan perdido humedad en el lecho formar pequeños túmulos y dejarlos por espacio de tres semanas y dejarlos de 3 semanas antes de retirados (1)</li></ul>

(1) Instructivo Práctico de las principales actividades a realizar en las plantas de tratamiento de aguas residuales (ANDA-KFW)

(8) Ingeniería de las Aguas Residuales, Metcalf & Eddy.

## DISPOSICIÓN

En la mayoría de las plantas de nuestro estudio, los lodos cuando son retirados de los lechos de secado son depositados en el suelo con el propósito que se terminen de secar pero no son retirados de aquí y no se busca la manera de aprovecharlos. Sólo una planta utiliza los lodos secos, éstos se mezclan con abono, estiércol de pájaros y tierra negra para formar un abono rico en nutrientes y así utilizarlos en la agricultura.

El líquido percolado que se recolecta de los lechos de secado en la mayoría de los casos es vertido directamente a los cuerpos receptores, con la excepción de una planta en la que se utiliza una fosa séptica seguida por un filtro de arena intermitente antes de descargar el líquido a la quebrada.

## SEGURIDAD

Debido a la topografía de los terrenos en que se encuentran ubicados y la altura de los patios de secado éstos no necesitan barandas; a excepción del lecho

cuadrado, ya que, por su profundidad y ubicación, representa un peligro para los operadores y personas que puedan entrar a la planta, ya que corren el riesgo de caer dentro de él.

### 3.1.5 ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS EFICIENCIAS DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO ESTUDIADAS Y EL MANTENIMIENTO QUE RECIBEN

Se ha realizado un análisis comparativo en base a la eficiencia de las cinco plantas de tratamiento de aguas residuales estudiadas que cuentan con datos de monitoreos y del mantenimiento que reciben, con el propósito de observar si el mantenimiento que se les está dando refleja la eficiencia con la que se encuentran trabajando los sistemas, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Las plantas de tratamiento de San José Villanueva, San Juan Talpa y Santísima Trinidad, tienen un programa de mantenimiento periódico y operación continua, y sus resultados de remoción están por debajo de los Límites Máximos establecidos en la Norma Salvadoreña de Aguas Residuales descargadas a un Cuerpo Receptor del CONACYT (Norma en Consulta Pública).
- La planta de la Urbanización Chávez Galeano, no recibe mantenimiento periódico y sus resultados de remoción para el tratamiento primario son aceptables, mientras que para el tratamiento secundario aumentan en lugar de disminuir.

- La planta de tratamiento de la ANSP recibe mantenimiento periódico, sin embargo sus remociones no son las esperadas, ya que los parámetros estudiados están arriba de los límites máximos permisibles.

### 3.1.6 ANÁLISIS DE LAS INSTALACIONES Y SERVICIOS PARA EL OPERADOR

Debido a la naturaleza del trabajo que los operadores realizan en las plantas de tratamiento de aguas residuales, éste puede ser catalogado como "trabajo insalubre" o "labores insalubres" según el artículo 108 del Código de Trabajo vigente en nuestro país; por lo cual las plantas deben equiparse pensando en la salud y seguridad de los operadores, además, una planta de tratamiento se considera como un lugar de trabajo, debiendo cumplir por lo menos con los requerimientos mínimos de seguridad e higiene que establece el Reglamento General sobre Seguridad e Higiene en los Centros de Trabajo<sup>7</sup>, o los que se establecieran en un reglamento propio; el problema principal que presentan las plantas es que no se toman en cuenta estos aspectos al diseñar las instalaciones para los operadores, por lo cual se pone en riesgo la salud e integridad física de éstos.

---

<sup>7</sup> Ver Anexo 3, Primera parte

Es por tanto el objetivo de este apartado identificar las deficiencias de las plantas en cuanto a seguridad e higiene, para esto se comparan los servicios e instalaciones existentes con los requerimiento que establece el reglamento antes mencionado.

Los puntos que se analizan son los siguientes:

- Pisos y accesos ( Art. 5)
- Consumo de alimentos dentro de los centros de trabajo (Art. 23)
- Suministro de agua potable (Art. 29 y 34)
- Servicios sanitarios (Art. 35-39, 42 y 44)
- Aseo y orden de las instalaciones (Art. 45 y 46)
- Medidas de previsión en los centros de trabajo (Art. 55y 59)
- Equipo de protección para el trabajador (Art. 73 y 74)
- Medidas de higiene

#### 3.1.6.1 PISOS Y ACCESOS

De las ocho plantas estudiadas, sólo dos cuentan con pasillos de circulación bien definidos y recubiertos con balastre, además de grama en las zonas no destinadas a la circulación de personas, dos plantas cuentan con pasillos de concreto alrededor de los tanques principales y grama en el resto del

terreno, un caso especial son las dos plantas conformadas por lagunas de estabilización, ya que alrededor de éstas existe grama pero no tiene pasillos definidos para la circulación, las dos restantes no tienen pasillos definidos ni recubrimiento.

Debido a la topografía de los terrenos dos plantas cuentan con gradas de concreto y/o acero, una las necesita y no las tiene, por lo que el acceso a algunos elementos se vuelve inseguro y hasta peligroso.

### 3.1.6.2 CONSUMO DE ALIMENTOS EN LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO

Sólo un operador de los cinco entrevistados manifestó ingerir sus alimentos dentro de la planta y contaba con un lugar especial para esto.

### 3.1.5.3 SUMINISTRO DE AGUA POTABLE

Sólo tres plantas de tratamiento de las ocho estudiadas cuentan con suministro constante de agua potable.

### 3.1.6.3 SERVICIOS SANITARIOS

Sólo una planta cuenta con servicios sanitarios (entendiéndose por servicios sanitarios inodoro, lavamanos y baños), e implementos para el aseo como jabón, toallas, papel higiénico.

### 3.1.6.4 ASEO Y ORDEN DE LAS INSTALACIONES

De las ocho plantas visitadas, cinco cuentan con caseta para el operador, pero tres de éstas son utilizadas también como bodega, en general todas las plantas se encontraban limpias y ordenadas.

Se observa que en una de las plantas el equipo de limpieza se deja a la intemperie. Hay que agregar aquí que en ninguna planta se observaron dispositivos con tapadera para los residuos generados para la limpieza de las instalaciones.

### 3.1.6.5 MEDIDAS DE PREVISION

Con excepción de una planta que cuenta con barandas en las escaleras y tanques, en el resto se observa la omisión de éstos en estructuras altas, escaleras de acceso y tanques (como los digestores), ninguna planta cuenta con extintor de incendios, cuando la disposición de desechos más frecuente es la quema de éstos.

### 3.1.6.6 EQUIPO DE PROTECCIÓN

Los cinco operadores entrevistados tienen equipo de protección (botas, guantes, etc.) pero sólo dos utilizan uniforme. Es de hacer notar que aunque cuentan con este equipo no todos los operadores lo utilizan.

### 3.1.6.7 MEDIDAS DE HIGIENE

Ha podido verificarse que la mayoría de operadores no presta mucha importancia a las medidas de higiene que deben tomar en cuenta para el mantenimiento de su salud, cuatro de los operadores entrevistados no lo hacen por que no cuentan con la infraestructura e implementos necesarios (agua potable, duchas, jabón, toallas, papel higiénico, etc.). no se observaron botiquines de primeros auxilios en las plantas.

### 3.1.7 ANÁLISIS DEL NIVEL COGNOSCITIVO DE LOS OPERADORES

Los operadores de las plantas de tratamiento llegan a laborar en éstas sin recibir una capacitación previa que les prepare para este trabajo, de las entrevistas realizadas se pudo constatar que:

- Dos de los operadores trabajaban ya en la institución donde se encuentran las plantas de tratamiento y fueron asignados a éstas después de su construcción,

tienen la ventaja de que pertenecen a un departamento de mantenimiento que

se ha preocupado por reunir información para el mantenimiento y operación de

las plantas.

- Los operadores de las plantas financiadas por el Gobierno de Alemania estuvieron aprendiendo por su propia cuenta durante algunos meses las diferentes actividades que se realizan en las plantas sin devengar sueldo, esperando que se les asignara una plaza, estos operadores han recibido charlas respecto al tratamiento de aguas residuales, en especial sobre el sistema de tratamiento que ellos manejan. Estos operadores también cuentan con un manual de mantenimiento diseñado especialmente para estas plantas.
- El último operador entrevistado era un obrero de la empresa que estuvo a cargo de la construcción de la planta, y al finalizar fue asignado a este cargo, hasta la fecha no ha recibido ningún tipo de capacitación ni cuenta con un manual de operación y mantenimiento.

Por tanto, podemos concluir que de los cinco operadores entrevistados, cuatro han tenido por los menos acceso a información concierne a las plantas.

## 3.2 SELECCIÓN DE LOS PARÁMETROS Y PUNTOS CRÍTICOS

### 3.2.1 PARÁMETROS

Después del análisis realizado puede verificarse que los operadores no tienen claro que puntos o áreas específicas les puedan revelar el nivel de funcionamiento de las unidades de tratamiento, es por esto, que han sido seleccionados en base a la identificación de las zonas donde se presentan los problemas comunes observados en las ocho plantas de tratamiento estudiadas, una serie de variables cuyo fin es el de evaluar el funcionamiento de éstas, de manera que a través de ellas puedan detectarse y prevenirse fallas en la operación de las unidades; estas variables reciben el nombre de parámetros.

Por su naturaleza los parámetros pueden dividirse en hidráulicos, físicos, químicos y biológicos; para nuestro estudio han sido excluidos aquellos que sirven para evaluar la eficiencia de remoción de contaminantes del agua residual, tomándose solamente los parámetros hidráulicos y físicos que pueden ser medidos por los operadores "in situ" sin requerir equipo especial y en el caso que no puedan ser medidos, puedan ser evaluados de forma cualitativa a través de los sentidos (vista, olfato) y de la experiencia del operador.

A continuación se presenta una descripción de cada parámetro seleccionados:

#### A. PARÁMETROS HIDRAULICOS

1. CAUDAL INSTANTANEO: es necesario medir y registrar el caudal anotando los valores en una tabla de control, la cual a la vez sirve para establecer un archivo de éstos que sirva (a las personas encargadas) para realizar o evaluar el funcionamiento de la planta. Además sirven para verificar que el caudal que entra a la planta no sea mayor que el caudal con el que fue diseñada.

2. FLUCTUACIONES DE NIVEL: Cada laguna se ha diseñado para tener un nivel fijo de agua por tanto, es responsabilidad del operador mantener este nivel o de lo contrario la laguna no funcionará como debe, presentando problemas tales como: tendencia de la laguna a secarse o a desbordarse, entre otros.

Las fluctuaciones de nivel son aceptadas para contrarrestar la proliferación de mosquitos y moscas sobre la superficie de las lagunas pero teniendo cuidado con los niveles de fluctuación.

#### B. PARÁMETROS FISICOS

A continuación se presenta un listado con los parámetros seleccionados, las unidades de proceso y los puntos donde debe realizarse el control.

1. PROFUNDIDAD DE LODOS: el volumen de lodos es un factor que se toma en cuenta al diseñar los elementos de las plantas de tratamiento que luego como producto de su función sirve como depósito temporal de los lodos que se forman. Por tanto cuando se diseñan elementos de este tipo parte de su volumen total lo forma el lodo que producirá por lo que es muy importante no sobrepasar el volumen máximo establecido o de lo contrario se reducirá el nivel de eficiencia de dicho elemento. El extraer en forma excesiva los lodos de los sedimentadores acarrea una sobrecarga del digestor provocando que éste tenga problemas para digerir los lodos, el principal problema del digestor al extraer una cantidad no controlada de lodos es que puede generar que se arrastre una cantidad mayor de agua junto con el lodo e impedir la formación de la capa superficial de lodo.

2. NATAS Y FLOTANTES: Estas impiden la transferencia de oxígeno a las lagunas de oxidación (por el viento y la fotosíntesis) que es la causa de malos olores, por su descomposición, y a la vez atraen mosquitos y zancudos. En algunas condiciones como la sobrecarga o presencia de altas concentraciones de grasa la capa flotante tiene tendencia a crecer. En tanques tipo Imhoff y RAFA las natas y sólidos flotantes que se extraen no deben regresarse a los tanques vía el sistema de distribución, ya que la capa flotante está

constituida de material que ya fue rechazado y lo más probable es que el

mismo material forme una nueva capa flotante.

3. PRODUCCION DE GASES: En el caso de sistemas anaeróbios, la producción de

gases es un indicador del corazón de los reactores: el lodo metanogénico, ya

que una baja considerable en la producción de gas significa generalmente la

presencia de condiciones no favorables al ambiente óptimo para las bacterias

metanogénicas como pH bajo o alto, o la presencia de tóxicos en el efluente. En

los digestores la producción de gas puede fluctuar ampliamente, según el

contenido de sólidos volátiles del fango crudo y de la actividad biológica en el

digestor, a veces se presentan producciones excesivas de gas que pueden

causar la formación y escape de espumas por los bordes de las cubiertas

flotantes del digestor.

4. PRODUCCION DE ESPUMAS: La producción de espuma es debida a que el

fósforo que se encuentra presente en el agua residual cruda no ha sido

removido completamente por los microorganismos, su remoción es importante

para evitar la eutroficación de los cuerpos receptores.

5. OLOR: Los olores son debidos a los gases desprendidos durante el proceso de descomposición de la materia orgánica. El control del olor de las aguas residuales es importante para identificar problemas en los procesos que se realizan en la planta
  
6. VEGETACIÓN: El crecimiento de vegetación en los elementos que conforman las plantas de tratamiento puede reducir la eficiencia de los procesos, obstruir tuberías y canales, contribuir al crecimiento y proliferación de insectos, roedores y olores desagradables, y demuestra la falta de limpieza periódica.
  
7. EFLUENTE CON ALTO CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA: Su observación a la salida de elementos como Tanques Imhoff, RAFA's y lagunas de oxidación, proporciona una indicación de su funcionamiento. Altas concentraciones de lodo en el efluente indica un arrastre del lodo depositado en el fondo de los reactores.
  
8. PUNTOS MUERTOS: En el caso de percoladores, los puntos muertos son zonas secas sobre la superficie del lecho filtrante, producto de una mala distribución del caudal sobre éstos, esta mala distribución del flujo provoca que la película

biológica no se forme en esta zona, reduciendo la eficiencia del sistema. En el caso de tanques de aireación, los puntos muertos son zonas donde el mezclado no es uniforme, esto puede deberse a varios factores como tanques demasiado anchos, mala distribución de los aireadores o falla de éstos; afecta la eficiencia del sistema y provoca sedimentación en los tanques.

9. ENCHARCAMIENTOS: Los elementos más expuestos al encharcamiento son los percoladores y los patios de secado de lodos, los encharcamientos son producto de la obstrucción del medio filtrante, puede provocar la proliferación de mosquitos, zancudos y malos olores, en el caso específico de los patios de secado puede generar que el lodo no se seque en un período normal y proliferen plantas.

A continuación se presenta un cuadro en el que se resumen los parámetros seleccionados y se especifica la unidad de proceso y el punto de control

CUADRO N° 53: Parámetros seleccionados para la evaluación de la operación y el mantenimiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas.

PARÁMETRO	PUNTOS DE CONTROL/UNIDAD DE PROCESO
<b>HIDRAULICOS</b>	
1. Caudal promedio	A la entrada de la planta (medidor de caudal), en la entrada de cada laguna de estabilización
2. Fluctuación de nivel	Calculado a partir de la medida del caudal a la entrada y salida de las lagunas, lagunas de estabilización.
<b>FÍSICOS</b>	
1. Profundidad de lodos	Para tanques Imhoff, Dortmund, RAFA, digestores de lodos y lagunas de oxidación.
2. Natas y flotantes	Para tanques Imhoff, Dortmund, RAFA, digestores de lodos y lagunas de oxidación.
3. Producción de gases	En las cámaras de gases y natas en RAFA e Imhoff
4. Producción de espuma	Para tanques Dortmund y Filtros, en canaletas de recolección de caudal; para lodos activados en la superficie de los tanques.
5. Olor	Para todos los elementos
6. Vegetación	Bordes en Lagunas, canaletas y respiraderos en Filtros, lecho filtrante en patios de secado y en las canaletas recolectoras en tanques Dortmund
7. Efluente con alto contenido de materia orgánica.	A la salida de los siguientes elementos RAFA, Imhoff, lagunas de estabilización y Filtros.
8. Puntos muertos	En la superficie de Filtros y tanques de aireación
9. Encharcamientos	En la superficie de Filtros y patios de secado.

### 3.2.2 PUNTOS CRITICOS

En base a las visitas, análisis de datos de monitores, entrevistas a los operadores y la investigación bibliográfica realizada, se ha llegado a la identificación de una serie de factores que afectan el funcionamiento de las plantas de tratamiento, a estos factores les llamaremos puntos críticos.

Por su naturaleza y para facilitar su identificación los puntos críticos han sido divididos en:

- Infraestructura: Puede ser la omisión de elementos importantes para la operación de las plantas y el deterioro de las unidades existentes, incluyéndose aquellos, que por razones de diseño o de construcción puedan disminuir el rendimiento de las unidades.
- Operativos: Son aquellos que deberán ser controlados de forma periódica durante la operación y el mantenimiento de las plantas. El descuido de estos puntos puede acarrear problemas en la infraestructura, disminución de la eficiencia de los procesos, disminución de la vida útil, etc., llegándose incluso al colapso de los elementos y la planta misma.
- Seguridad: La omisión de aquellos elementos complementarios a la infraestructura física que ayudan al operador a realizar los trabajos de

mantenimiento e inspección en forma segura y satisfactoria, además ayudan a disminuir los riesgos de accidentes dentro de las instalaciones.

- Nivel cognoscitivo del operador: El conocimiento general acerca de los elementos que conforman una planta de tratamiento de aguas residuales, es fundamental para que los operadores sean capaces de detectar fallas en el funcionamiento de éstos, y de ser posible aplicar algunas medidas correctivas. Otro factor sobre el que debe de estar bien informado todo operador es el de las medidas de higiene necesarias, ya que debido a la naturaleza de las labores que se llevan a cabo en toda planta de tratamiento, éstos son más susceptibles de contraer enfermedades.

A continuación se mencionan los puntos críticos por cada nivel de tratamiento estudiado, dividiéndose éstos según la clasificación anterior.

### 3.2.2.1 TRATAMIENTO PRELIMINAR

#### A. REJILLAS

##### INFRAESTRUCTURA:

- Corrosión de las rejillas
- Espaciamiento de las barras fuera del rango establecido (2.5 a 5 cm)
- Falta de plataforma de escurimiento

## INFRAESTRUCTURA (Continuación)

- *Plataforma de escurrimiento corroídas o deterioradas*
- *Falta de by-pass*
- *By-pass obstruido*

## OPERATIVOS:

- *Las rejillas, paredes y plataforma no son lavadas con chorros de agua*
- *No se limpian los depósitos de arena acumulados aguas arriba de las rejillas*

## B. DESARENADORES

### INFRAESTRUCTURA:

- *Compuertas de entrada y salida corroídas o deterioradas*
- *Omisión de los elementos de sostén de las compuertas de entrada y salida*
- *Las compuertas no cierran herméticamente*

### OPERACION

- *Al poner fuera de servicio uno de los canales no se drena totalmente el agua, quedando ésta estancada.*

### C. MEDIDORES DE CAUDAL

#### INFRAESTRUCTURA

- La forma de los medidores Parshall no se ajusta a la típica.
- El uso de vertederos provoca azolve en los canales
- No se instalan reglas marcadas para la medición del caudal ni puntos donde realizarla.

#### OPERACION

- No se realizan mediciones periódicas de caudal
- No se limpian periódicamente los medidores tipo vertedero

### 3.2.2.2 TRATAMIENTO PRIMARIO

#### A. TANQUES SEDIMENTADORES TIPO DORTMUND

##### INFRAESTRUCTURA

- Deterioro de las pantallas deflectoras
- Válvulas de extracción de lodos descompuestas
- Obstrucción de la tubería de salida del sedimentador
- Obstrucción de la tubería de extracción de lodos
- Ranuras del vertedero triangular de la canaleta perimetral corroídas o deterioradas.

## OPERATIVOS

- Volumen de purga de lodo excesiva
- Inadecuada remoción
- Período de extracción de lodos muy largos
- Carga orgánica excesiva

## SEGURIDAD

- No tienen rótulo de identificación.
- La superficie alrededor de los tanques no está cubierta con un material que evite los deslizamientos

## B. TANQUES SEDIMENTADORES IMHOFF

### INFRAESTRUCTURA

- Omisión de elementos importantes como respiraderos y cajas de visita
- Las paredes no cuentan con recubrimiento exterior
- Muchas de las losas que cubren uno de los tanques están quebradas
- Deterioro de las pantallas
- Obstrucción de los canales o tuberías de distribución

## OPERATIVOS

- Las natas y lodos flotantes no son removidos
- No se mide la profundidad de los lodos
- No se tiene una rutina de extracción de lodos

## SEGURIDAD

- No se cuenta con escaleras de servicios, gradas y/o pasillos que permitan la circulación alrededor de los tanques
- Las superficie alrededor de los tanques es resbalosa
- No tienen rótulos que los identifiquen

## C. LAGUNAS DE ESTABILIZACION

### INFRAESTRUCTURA

- Los bordes no cuentan con recubrimiento impermeable
- Faltan dispositivos para la medición del caudal de entrada y salida de cada laguna.
- No existen pantallas para la retención de natas y lodos flotantes
- Mala distribución del caudal
- Los anchos de los terraplenes no permiten la circulación de vehículos y maquinaria

- La circulación dentro de la planta en época de lluvias se dificulta ya que no el acceso de vehículos y maquinaria a las instalaciones.
- Los caminos de acceso no son seguros, no se cuentan con calles que permitan
- Falta de rótulo de identificación

### SEGURIDAD

- de las lagunas.
- No se remueve constantemente los lodos y natas flotantes de las esquinas
- No se efectúan mediciones de caudal periódicas
- Mala disposición de los lodos y natas flotantes removidos
- Sobrecarga orgánica
- No se mide con frecuencia la profundidad de los lodos
- Obstrucción en los canales de distribución del caudal
- por debajo de la superficie del agua.
- La grama que cubre los bordes no es segada periódicamente, esparciéndose

### OPERATIVOS:

### 3.2.2.3 TRATAMIENTO SECUNDARIO

#### A. PERCOLADORES BIOLÓGICOS

##### INFRAESTRUCTURA

- Las canales de distribución del caudal no cubren partes iguales del lecho filtrante, provocando la formación de zonas muertas

- Corrosión y deterioro de las canales de distribución de caudal

- No se aplican medidas preventivas para el deterioro y corrosión de las

##### canaletas

- Las paredes exteriores del filtro se encuentran sin recubrimiento de mortero, lo

que genera la filtración del agua residual

- Nivelación incorrecta de las canales, lo que provoca que no haya distribución

uniforme de las aguas residuales sobre el lecho filtrante

##### OPERATIVOS

- No hay control de vectores y roedores

- No se retira la acumulación excesiva de materias y basura sobre la superficie

del lecho filtrante.

## SEGURIDAD

- No se cuenta con infraestructura de servicio adecuada a las actividades que efectúan los operadores, tales como pasillos, barandales, escaleras (que cuenten con jaula de seguridad), etc.
- No cuentan con rótulos de identificación

## B. SEDIMENTADORES SECUNDARIOS TIPO DORTMUND

### INFRAESTRUCTURA

- Deterioro de las pantallas deflectoras
- Obstrucción en la tubería de extracción de lodos
- Obstrucción de la tubería de salida del sedimentador
- Deterioro de las ranuras del vertedero triangular de la canaleta perimetral

### OPERATIVOS

- Purga de lodos excesiva
- Inadecuada remoción de espuma
- Carga orgánica excesiva

*Seguridad*  
• falta de rótulos de identificación

## SEGURIDAD

- Falta de rótulos de identificación

## C. REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE

### INFRAESTRUCTURA

- Las paredes no cuentan con recubrimiento exterior
- Muchas de las losas que cubren el tanque están quebradas
- Las pantallas están deterioradas
- Obstrucción de las tuberías de distribución de caudal
- Mala distribución del caudal, lo que provoca que no se forme el "colchón de lodos"
- Filtración de agua residual a través de las paredes del tanque
- Obstrucción de la tubería de extracción de lodos

### ÓPERATIVOS

- Las natas y lodos flotantes no son removidos
- No se mide la profundidad de los lodos
- No se tiene una rutina de extracción de lodos
- No se realizan muestreos de lodo
- No se controla la cantidad de gases que se producen

## SEGURIDAD

- No se cuenta con escaleras de servicios, gradas y/o pasillos que permitan la circulación alrededor del tanque
- Las superficie alrededor del tanque es resbalosa
- No tiene rótulo que lo identifique

## D. LODOS ACTIVADOS

### OPERATIVOS

- No se controla el volumen de lodo de recirculación
- No se tiene una rutina de extracción de lodos
- No se realizan monitoreos a los tanques de aireación.
- No se remueve periódicamente la espuma
- No se controla el volumen de lodo purgado
- No se limpian periódicamente los vertederos en demasías construidos para el control del nivel de agua residual en los tanques de aireación.

## E. LAGUNAS DE ESTABILIZACION

Los puntos críticos identificados para la operación y mantenimiento de las lagunas secundarias de estabilización son los mismos que para las lagunas primarias.

### 3.2.2.4 TRATAMIENTO DE LODOS

#### A. DIGESTORES DE LODOS

##### INFRAESTRUCTURA

- *Deterioro de la válvula de extracción de lodos*
- *Falta de un indicador que establezca el nivel máximo de lodos*
- *Obstrucción de la tubería de extracción de lodos*

##### OPERATIVOS

- *No se controla el volumen de extracción de lodos*
- *Formación de capas muy gruesas o muy delgadas de lodos*
- *No se realiza la extracción en el tiempo establecido por la obstrucción de la tubería de salida.*

##### SEGURIDAD

- *Falta de cerca perimetral*
- *Falta de rótulo de identificación*

## B. PATOS DE SECADO

### INFRAESTRUCTURA

- La cobertura filtrante se encuentra dañada u obstruida
- Obstrucción de las canaletas de distribución
- Obstrucción del sistema de recolección
- Saturación del lecho filtrante

### OPERATIVOS

- Formación de encharcamientos por la saturación del lecho filtrante y la obstrucción del sistema de recolección.
  - Las capas de lodos no se esparcen uniformemente
  - Retención del lodo por tiempo prolongado
  - Exceso de lodos en el lecho, pues éstos no se retiran completamente
  - No se limpian las canaletas de distribución de lodos con agua a presión, lo que provoca taponamientos en éstas.
- SEGURIDAD
- Falta de rótulo de identificación

### 3.2.2.5 NIVEL COGNOSCITIVO DE LOS OPERADORES

- Los operadores no utilizan el equipo de seguridad que se les proporciona porque no están conscientes del peligro que corren (como contraer enfermedades, herpes, etc.)

- No se capacita periódicamente a los operadores de las plantas de tratamiento.

- Muchos operadores, aunque hayan recibido capacitaciones, desconocen los

procesos que se realizan en los diferentes elementos que componen las

plantas de tratamiento.

- Además no cuentan con un listado de las operaciones y actividades de limpieza y

mantenimiento que deben realizar diariamente, semanalmente, mensualmente y

anualmente, por lo que desconocen como realizar el mantenimiento de los

elementos.

- Los operadores no conocen la importancia de llevar un registro de las operaciones y

observaciones que se realizan en las plantas.

- Desconocimiento de métodos para la correcta disposición de los residuos

(basuras, lodos, etc.)

#### CAPITULO IV: REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD E HIGIENE DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.

Considerando que la mayoría de las plantas de tratamiento visitadas no cumplen con los requisitos que se establecen en el Código de Trabajo y en el Reglamento General de Seguridad e Higiene vigentes, será el objetivo de este Capitulo dictar una serie de requerimientos que debe reunir toda planta de tratamiento a fin de convertirse en un lugar apto para que los operadores puedan ejecutar sus labores sin riesgos y evitando condiciones insalubres que afecten tanto a éstos como a las comunidades aledañas.

Las plantas de tratamiento deben diseñarse de manera que se proporcionen estructuras adecuadas para la seguridad tanto de los operadores como de la comunidad en general, también deben cubrirse las necesidades de habitación o estancia de los operadores y además deben existir elementos para la recolección de los desechos generados por las actividades cotidianas que se realizan en las plantas de tratamiento, por lo cual se estudiarán los siguientes aspectos:

- *Condiciones de Seguridad en la Planta*
- *Infraestructuras destinadas a los operadores*
- *Limpieza de las instalaciones*

*A continuación se presenta una descripción de cada uno de estos aspectos dictándose requisitos mínimos que deben reunir las instalaciones para ser consideradas como centros de trabajo seguros e higiénicos.*

#### **4.1 CONDICIONES DE SEGURIDAD EN LA PLANTA**

*Las plantas de tratamiento deben poseer elementos de seguridad de manera que los trabajadores puedan realizar las actividades cotidianas sin riesgos, evitando así accidentes tanto para éstos como para los visitantes.*

*Para plantear las condiciones de seguridad que deben prevalecer en las plantas de tratamiento se analizan los siguientes puntos:*

- *Dispositivos de seguridad dentro y en la zona perimetral de la planta.*
- *Seguridad en los elementos de tratamiento.*
- *Equipo de seguridad personal.*
- *Equipo de emergencia.*

#### 4.1.1. DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD DENTRO Y EN LA ZONA PERIMETRAL DE LA

##### PLANTA.

Todo centro de trabajo debe contar con dispositivos que reduzcan la posibilidad de accidentes y que protejan las instalaciones, los trabajadores y a la comunidad.

Para el caso de plantas de tratamiento de aguas residuales es indispensable

que se tomen medidas de seguridad que restrinjan el paso a particulares, ya que por considerarse a las actividades rutinarias que se realizan dentro de la planta como peligrosas, hay que controlar el acceso no autorizado para evitar por menores, por otra parte es preciso que se señalice toda la instalación, pues de esta forma puede prevenirse a las personas de los riesgos a los que están expuestos dentro de ésta; la iluminación es un factor indispensable sobre todo cuando hay que realizar actividades de emergencia durante la noche, por lo cual es necesario que se cuente con un número adecuado de lámparas, distribuidas de tal manera que se ilumine toda el área.

A continuación se enuncian y describen los dispositivos de seguridad con que deben contar las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas:

- CERCA PERIMETRAL: sirve para evitar el acceso de animales o personas no autorizadas a la planta.

- **ROTULO DE IDENTIFICACIÓN DE LA PLANTA:** en éste debe especificarse información como: nombre de la planta e identificación del tipo de agua a ser tratada ( en nuestro caso, aguas residuales domésticas), propietario, fecha de inauguración, etc.
- **PORTON O PUERTA DE ACCESO:** sirve para dar acceso a las instalaciones al personal autorizado y a visitantes. Debe contar con sistema adecuado de cierre.
- **CASETA DE CONTROL:** debe estar ubicada próxima a la puerta principal y sirve para llevar el control y registro de las personas que ingresan a la planta de tratamiento.
- **ACCESOS Y CAMINOS:** tanto para el ingreso como para la circulación dentro de las plantas deben definirse y recubrirse los corredores con un material que evite el deslizamiento y en los casos que lo amerite éstos deben señalizarse. Asimismo cuando la topografía del terreno sea accidentada deben instalarse gradas o escaleras que faciliten la circulación por las instalaciones.
- **ESTABILIZACION DE TALUDES:** dependiendo de la topografía del terreno los taludes que se construyen deben estabilizarse para evitar erosiones y derrumbes, protegiendo de esta manera la infraestructura física en general así como a los operadores.
- **ALUMBRADO ELÉCTRICO:** su función es iluminar la planta durante las horas nocturnas.

- **TELEFONO O RADIO:** su propósito es el de mantener la comunicación entre los supervisores y los operadores, así como para llamar a los cuerpos de socorro en caso de alguna emergencia. En caso de plantas muy grandes o en las cuales los elementos estén separados, cada operador debe contar con un radio para mantener la comunicación entre ellos.
- **TABLEROS Y ACCESORIOS ELÉCTRICOS:** en caso de plantas de tratamiento que cuenten con estos dispositivos, el lugar donde estén ubicados deben estar debidamente protegidos contra el sol y la lluvia.
- **SEÑALIZACIONES:** serán dirigidas al operador de la planta de tratamiento y a las personas que ingresen a ésta, las señales serán ubicadas en las diferentes áreas y elementos, siendo éstas de los siguientes tipos:
  - **Obligatorias:** como su nombre lo indica establecen una imposición. Por ejemplo:

UTILIZAR GANTES Y BOTAS AL REALIZAR LAS  
LABORES DE LIMPIEZA DE LOS ELEMENTOS

- **Prohibición:** generalmente éstas son utilizadas para restringir el acceso a lugares específicos dentro de la planta, por ejemplo:

PROHIBIDO EL ACCESO A  
PERSONAL NO AUTORIZADO

- Advertencia: previenen a las personas de los peligros a los que pueden estar expuestos, ejemplo:

¡PELIGRO!  
SUPERFICIE RESBALOSA

- Información: guían al visitante a lo largo de su recorrido y proporcionan información general de la planta o de los elementos, también pueden incluir características de éstos. Ejemplo:

NOMBRE DEL ELEMENTO:  
SEDIMENTADOR PRIMARIO  
(PROF. 3.05 METROS)

Es obligación del personal de la planta de tratamiento y de las personas que ingresan a ésta respetar las señales para evitar así situaciones peligrosas. Además es responsabilidad de los operadores velar por conservarlas en buen estado.

#### 4.1.2 SEGURIDAD EN LOS ELEMENTOS DE TRATAMIENTO

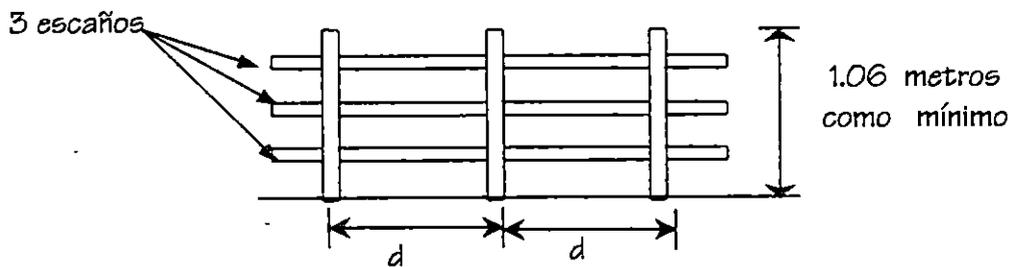
Además de la seguridad de la planta en general, cada elemento de tratamiento debe contar con dispositivos que proporcionen protección a los operadores y les faciliten las labores de mantenimiento en éstos.

Los dispositivos de seguridad deben diseñarse tomando en cuenta aspectos como: el tipo y las dimensiones de los elementos y la topografía del terreno donde están ubicados.

A continuación se detallan por elemento los dispositivos de seguridad recomendados, en algunos casos pueden omitirse o sustituirse por otros más convenientes según el criterio del diseñador.

##### A. CANAL DE REJAS

- Pasarela de servicio con baranda en caso de canales grandes, la pasarela debe ubicarse después de la plataforma de escurrimiento y puede construirse del mismo material que ésta; las barandas pueden construirse de acero, según la Agencia para el Fomento Industrial un modelo recomendado es el siguiente:



El espaciamiento ( $d$ ) debe establecerse en base a la longitud del tramo, debe ser uniforme y en ningún caso mayor de 2.00 m

FIGURA N° 18 : Baranda de Seguridad

TOMADO DE: SEGURIDAD OCUPACIONAL, Guía del Instructor, U.S. Bureau of Standards

#### B. TANQUES SEDIMENTADORES TIPO DORTMUND

- Barandas alrededor de los tanques: éstas pueden ser fabricadas de acero o malla ciclón, con dos entradas, una a cada extremo de la pasarela, se recomienda dejar un espacio de un metro entre ésta y la orilla del tanque de tal manera que no incomode al operador al realizar sus labores de limpieza.
- Pasarela de servicio: facilitan las inspecciones y limpieza de la superficie de los tanques, pueden fabricarse de acero o combinadas (armadura de acero con huellas de concreto).

#### C. TANQUES TIPO IMHOFF

- Barandas alrededor de los tanques: especialmente cuando son abiertos, en caso de tanques sellados y a ras de piso no son necesarias.

- Pasillos: para el caso de tanques a ras del piso puede recubrirse una franja de un metro de ancho con concreto a manera de acera pero cuya superficie sea antideslizante; para el caso de tanques que se eleven del nivel del terreno deben instalarse pasillos de concreto o acero que cuenten con barandas de protección.
- Escaleras: en el caso que los tanques se eleven del nivel del suelo deben instalarse escaleras, de preferencia inclinadas, pero cuando tengan que ser verticales deben poseer jaulas de protección.

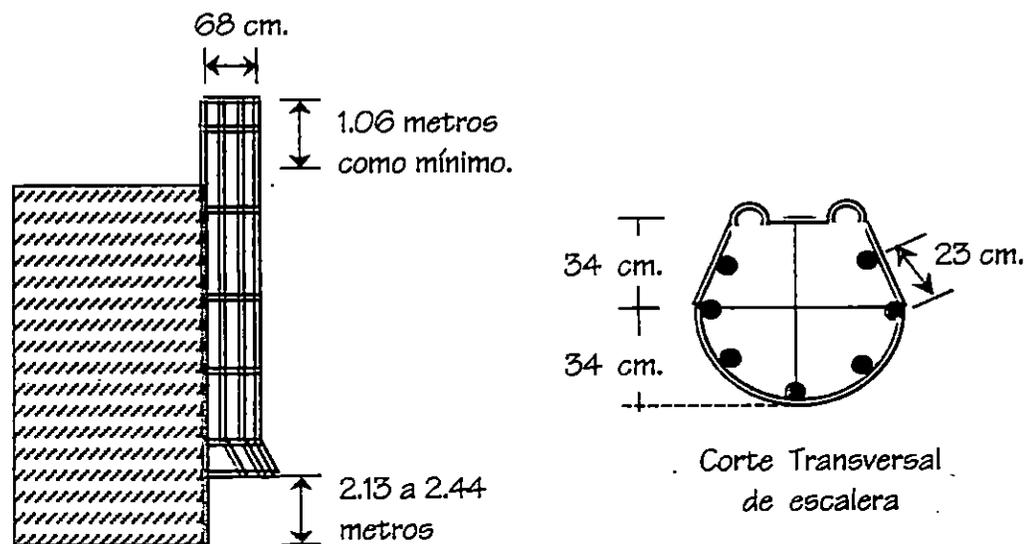


FIGURA N° 19 : Escalera de Gato con Jaula  
 TOMADO DE: SEGURIDAD OCUPACIONAL, Guía del Instructor, U.S. Bureau of Standards

#### D. PERCOLADORES

- Barandas
- Pasillos
- Escaleras

Tomar en cuenta las mismas recomendaciones que en los otros elementos.

#### E. REACTORES ANAEROBIOS DE FLUJO ASCENDENTE

- Barandas
- Pasillos
- Escaleras

Tomar en cuenta las mismas recomendaciones que en los otros elementos.

#### F. TANQUES DE AIREACIÓN

- Barandas
- Pasillos
- Escaleras

Tomar en cuenta las mismas recomendaciones que en los otros elementos.

riesgo.

La protección personal está constituida por aquellos elementos que utiliza el trabajador con el objeto de disminuir o evitar las lesiones o pérdidas de salud. Se considera que la protección personal es la última barrera entre el hombre y el

Según el Art. 73 del Reglamento General sobre Seguridad e Higiene todo patrono está obligado a proporcionar a los trabajadores el equipo de protección necesario y reponerlo en caso de deterioro. Por lo tanto a los operadores de las plantas de tratamiento debe proporcionarse la ropa de trabajo y el equipo de seguridad personal indispensable de acuerdo a las actividades que realicen.

#### 4.1.3 EQUIPO DE SEGURIDAD PERSONAL

- Baranda alrededor del tanque: en este caso debe ser fabricada de malla ción con altura de dos metros como mínimo, no es necesario dejar espacio entre ésta y la orilla del tanque.

#### H. DIGESTORES DE LODOS

- Estabilización de taludes y terrapienes: con el fin de evitar la erosión de éstos y facilitar la circulación de personal y maquinaria.

#### G. LAGUNAS DE ESTABILIZACION

Deben considerarse de igual importancia aquellos equipos destinados a evitar

las lesiones producidas por los accidentes y a los que tienen por misión impedir que el

trabajador contraiga una enfermedad profesional.

El equipo de seguridad debe ser el adecuado para retener el contaminante al

que están expuestos los trabajadores, que proteja todas las vías de entrada, que

sea lo más confortable posible y utilízalo adecuadamente, deben mantenerse

limpios y en condiciones de uso. No debe utilizarse equipo que haya perdido sus

características de protección, el Equipo de Protección Personal (EPP) debe ser

individual.

Según el tipo de protección que brinda el equipo de protección personal (EPP)

puede ser dividido en:

- Integrado: ropa de trabajo, prendas de señalización, cinturones de seguridad, etc.
- Parcial: protege al individuo frente a riesgos que actúan sobre zonas concretas del cuerpo: cabeza, cara, vista, oídos, manos, pies, etc.

A. EQUIPO INTEGRADO: para el caso de las plantas de tratamiento se recomienda

contar con el siguiente equipo:

- *Ropa de Trabajo: debe proporcionárseles por lo menos dos uniformes para la realización de sus actividades, éstos deben llevar el distintivo de la institución a la que pertenece la planta y ser renovados de manera periódica (según la política de la institución o de la empresa).*
- *Cinturones de Seguridad: en las plantas se usarán cinturones para evitar caídas al agua o a los líquidos decantados. Los cinturones de seguridad llevan cuerda de amarre o cuerda salvavidas de fibra natural o artificial con argolla de enganche, y su longitud será tal que no permita la caída a un nivel inferior.*

#### **B. EQUIPO PARCIAL**

- *Protección de la Cabeza: Para realizar labores de limpieza general de las instalaciones los operadores pueden utilizar sombreros o gorras para protegerse del sol.*
- *Protección del Aparato Respiratorio: dependiendo de las características que posea la planta se tomarán precauciones ante la presencia de sustancias tóxicas nocivas a la salud, o por los olores fuertes que se generen en las labores de extracción de lodos, por lo que se debe dotar de mascarillas que reúnan las condiciones de prevención y seguridad aconsejables, es de hacer*

notar que al elegir un tipo de mascarilla éste debe cumplir con la normativa dada por las autoridades competentes.

- *Protección del Pie:* a los operadores se les debe proporcionar botas de hule vulcanizadas con suela antiderrapante para la realización de sus actividades.
- *Protección de Brazos y Manos:* en las plantas de tratamiento las manos siempre están expuestas a contactos y maltratos, para evitar éstos y así posibles contagios deberá proporcionarse a los operadores guantes de cuero y de hule.

#### 4.1.4 EQUIPO DE EMERGENCIA

Las plantas de tratamiento deben contar con equipo de emergencia en caso que se presente cualquier eventualidad como accidentes, incendios, falta de energía eléctrica, etc. ya que, a pesar de todas las medidas de seguridad que se tomen siempre existe el riesgo de que se presente una situación como ésta, por lo tanto el operador debe estar entrenado y equipado para hacerle frente, siempre y cuando esté dentro de su capacidad.

Entre los equipos de emergencia que deben estar presentes en la planta de tratamiento tenemos:

- *Botiquín de primeros auxilios: debe contener como mínimo gasas, vendas, alcohol, esparadrapo, tijeras pequeñas, desinfectante en líquido (jabón, agua oxigenada o similar), aspirinas, algodón. Debe permanecer cerrado y estar ubicado en la caseta del operador visible y a la mano.*
- *Extintor de incendios: los extintores pequeños deben colgarse en la pared a una altura de 1.25 metros del suelo, también deben poseer siempre una tarjeta que identifique las fechas de revisión y carga de la empresa responsable, debe colocarse a la par de éste un diagrama que explique de manera sencilla su utilización.*
- *Lámparas portátiles: en caso de falla en el servicio eléctrico especialmente durante los turnos de noche, debe contarse con por lo menos una lámpara de baterías.*
- *En el caso de lagunas o tanque grandes deben instalarse cerca de éstos, flotadores sujetos a postes por una cuerda de manera que si alguien llega a caer al agua pueda sujetarse del flotador y ser remolcado hacia la orilla.*

## 4.2 LIMPIEZA DE LAS INSTALACIONES

Todo centro de trabajo debe permanecer en perfecto orden, manteniendo todas sus instalaciones limpias para evitar que se produzcan accidentes por obstrucciones o estorbos, esto también ayuda a que el trabajo se realice en condiciones salubres.

Es importante que se instalen dispositivos que sirvan de contenedores de los diferentes residuos que se recolectan en las operaciones de limpieza de los elementos, así como también basureros adecuadamente distribuidos en toda la planta con el propósito de evitar acumulaciones de basura en diferentes puntos de ésta, pues si no se controla este detalle el lugar puede volverse insalubre dando lugar al contagio de enfermedades intestinales producidas por insectos, como las moscas o por contacto con material contaminado.

A continuación se describen los dispositivos con que deben contar las plantas de tratamiento y los aspectos de saneamiento que deben controlarse a fin de mantener condiciones salubres dentro de éstas:

- Dispositivos para la recolección de basura.
- Limpieza general de las instalaciones.

- Limpieza de los elementos.
- Control de insectos y roedores.

#### 4.2.1. DISPOSITIVOS PARA LA RECOLECCION DE BASURA

Sirven para depositar la basura recolectada en la planta de tratamiento de manera que ésta no se encuentre dispersa en el suelo generando condiciones insalubres.

Pueden distinguirse dos tipos de dispositivos para la recolección de las basuras tal como recipientes pequeños distribuidos por toda la planta y en caso de plantas pequeñas bastará con instalar un contenedor general al cual se trasladen los desechos por medio de carretillas antes de proceder a su disposición final.

Los recipientes pequeños o basureros deben estar provistos de tapaderas para evitar la proliferación de moscas y roedores, de esta forma también se previene la propagación de olores desagradables, éstos deben ser fáciles de vaciar y limpiar.

El número y ubicación dentro de la planta debe ser tal que resulten accesibles para los operadores al realizar sus labores.

#### 4.2.2 LIMPIEZA GENERAL DE LAS INSTALACIONES

Las instalaciones deben permanecer en condiciones óptimas de limpieza, por lo que se hace necesario implementar un programa general de limpieza en donde se establezcan las áreas que merecen mayor atención.

La limpieza general incluye elementos como:

- Limpieza de la caseta de control, caseta del operador, bodega, etc., las principales actividades a realizar son las siguientes:

- Diariamente:

- Barrer el piso

- Limpiar escritorios, mesas, etc.

- Ordenar el equipo y herramientas de trabajo

- Lavar las herramientas de trabajo

- Semanalmente: limpiar las paredes y lámparas

- Semestralmente: inspeccionar el estado de basureros, puertas y

herramientas y de considerar que deben ser sustituidos o

reparados notificar al jefe o si está a su alcance realizar las

reparaciones necesarias.

- Recolección diaria de hojas y basuras en las áreas libres.

- Vaciar y lavar los basureros diariamente.

#### 4.2.3. LIMPIEZA DE LOS ELEMENTOS

La limpieza a los diferentes elementos que forman las plantas de tratamiento debe efectuarse siguiendo las indicaciones que establecen los respectivos manuales de mantenimiento y control elaborados para éstas, y en caso de no contar con un manual propio se debe buscar información que proporcione las indicaciones indispensables para que los elementos reciban un adecuado mantenimiento.

#### 4.2.4 CONTROL DE VECTORES Y ROEDORES

En las plantas de tratamiento deben controlarse periódicamente la proliferación de vectores y roedores perjudiciales para la salud, ya que muchos de los elementos que las forman pueden convertirse en guaridas o generar desechos de los cuales se alimenten.

El no evitar la proliferación de éstos puede crear condiciones insalubres tanto en las plantas de tratamiento como para la comunidad acarreado quejas y denuncias por parte de ésta. También es importante su control debido a la gran cantidad de enfermedades que pueden transmitir y el peligro de posibles epidemias.

Para determinar la mejor manera de combatiros y evitariros primero deben

inspeccionarse todos los lugares posibles que puedan servir de nido para determinar la existencia de éstos, luego debe implementarse un plan de control de vectores y roedores, si se encontraron rastros un plan combativo y después de exterminarlos un plan preventivo para evitar que vuelvan a proliferar.

Las bases de un plan preventivo son:

- Identificación y eliminación de las condiciones favorables para su reproducción y crecimiento, como por ejemplo: Limpieza frecuente de los elementos más propicios para su alojamiento y reproducción, eliminación de charcos o depósitos donde pueda estancarse el agua, etc.
- Fumigaciones periódicas y colocación de veneno o cebos en lugares estratégicos.

Para la elaboración de un plan para combatir los vectores y roedores se deben tomar en cuenta los mismos aspectos que el plan preventivo pero invirtiendo su orden, primero fumigando para eliminar la mayor cantidad posible y luego acabar con las condiciones favorables para su proliferación.

#### 4.3 INFRAESTRUCTURA DESTINADA AL OPERADOR

Los trabajadores de las plantas de tratamiento deben contar con lugares específicos en los cuales puedan guardar sus pertenencias, cambiarse de ropa, ingerir sus alimentos en caso que sea necesario y asearse después de cumplir con su turno de trabajo o con las actividades de limpieza.

Los operadores de las plantas de tratamiento pasan mucho tiempo dentro de éstas por lo cual se les debe proporcionar espacios debidamente equipados y de dimensiones tales que su permanencia en éstos sea cómoda y segura.

El Artículo 314 del Código de Trabajo vigente, establece que todo patrono debe adoptar y poner en práctica medidas adecuadas de seguridad e higiene en los lugares de trabajo para proteger la vida, salud e integridad personal de los trabajadores, entre estas medidas están las instalaciones necesarias para la permanencia y habitación de los trabajadores, así como también para guardar o almacenar el equipo y herramientas necesarias para la realización de sus actividades.

Entre los elementos recomendados de infraestructura auxiliar que deben poseer las plantas de tratamiento de aguas residuales tenemos:

- Caseta del operador: ésta debe estar formada por un área de cocina (equipada

con lavatrastos) y comedor (provisto de un número suficiente de sillas y

mesas), área de dormitorio en caso que el operador deba permanecer dentro

de las instalaciones durante la noche o por varios días, servicios sanitarios

(inodoro, lavabo, ducha y deben tener jabón, toallas y papel higiénico), agua

potable, ventilación e iluminación adecuada.

- Debe ubicarse a la entrada de la planta, aguas arriba de los elementos,

tomar en cuenta la dirección del viento (no debe ubicarse en contra viento),

desde la caseta debe poder observarse fácilmente la planta .

- Bodega: sirve para guardar el equipo y las herramientas que serán utilizadas en

las operaciones de mantenimiento y operación. Debe contar con estantes para

el almacenamiento de materiales que sirven para reparaciones, contar con un

lugar específico y debidamente identificado para cada una de las

herramientas a almacenar, debe poseer iluminación y ventilación adecuadas.

A continuación se muestran dos modelos de caseta para el operador con su

respectiva bodega, pueden modificarse según el espacio disponible, la topografía del

terreno y el número de personas a albergar, pero respetando las dimensiones

mínimas establecidas.

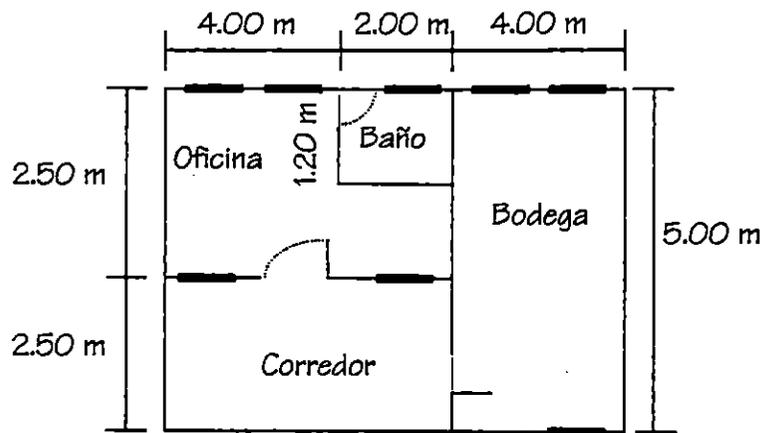


Figura N° 20: Vista en Planta, Caseta para el operador  
 TOMADO DE: Enciclopedia Plazzola, TOMO: Arquitectura Habitacional

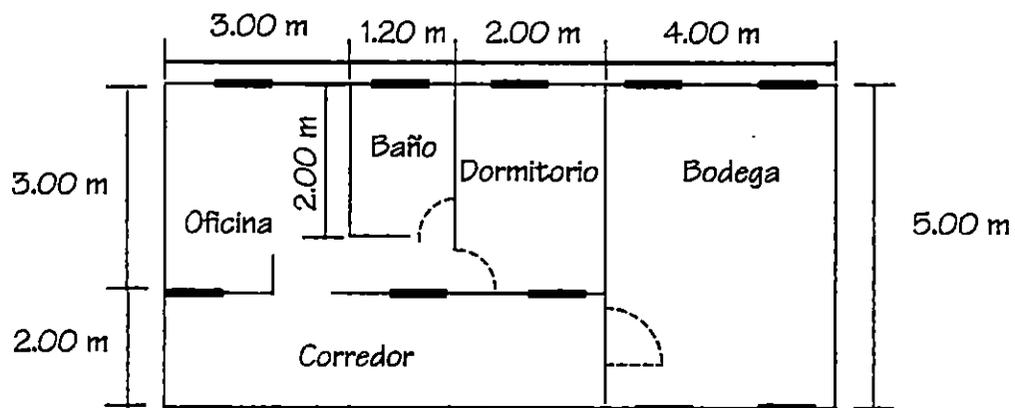


Figura N° 21: Vista en planta, Caseta para el operador  
 TOMADO DE: Enciclopedia Plazzola, TOMO: Arquitectura Habitacional

#### 4.4 LA SUPERVISION DE LAS PLANTAS

Como en cualquier otra empresa, la supervisión juega un papel muy importante para la eficiencia de las operaciones que se realicen en las plantas de tratamiento y para el control de los empleados, aunque también debe incluir otros tópicos como la seguridad y la higiene.

Por tanto, pueden enunciarse los siguientes requisitos que deben reunir los aspirantes al cargo de supervisor de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas:

- Ingeniero Civil, preferentemente con especialidad en Ingeniería Sanitaria
- Con conocimientos en administración de personal.
- Con conocimientos de seguridad e higiene en centros de trabajo del tipo de las plantas de tratamiento.
- Habilidad para establecer una buena comunicación y relaciones de trabajo con sus subalternos.

Las principales obligaciones del supervisor dentro de la planta de tratamiento serán:

- Administrador, operación y mantenimiento de la planta de tratamiento a su cargo, y como tal ejercerá autoridad directa sobre todas estas funciones.
- Mantener buenas relaciones con los trabajadores.
- Responsable de la coordinación del monitoreo y control de las aguas tratadas y de su descarga a los cuerpos receptores.
- Responsable de coordinar y verificar el cumplimiento de los programas de seguridad e higiene en la planta, así como también de las capacitaciones del personal.
- Responsable de revisar y estudiar periódicamente los formularios y reportes del personal de mantenimiento y operación, para analizar los cambios correctivos y operacionales que sean necesarios.
- Responsable de la elaboración de los reportes mensuales, trimestrales y anuales sobre el funcionamiento de la planta.
- Responsable de coordinar junto con la parte administrativa la adquisición de los recursos para la operación y mantenimiento como: los sueldos y salarios, combustible, repuestos, vehículos en casos necesarios, herramientas y equipos que necesiten sustitución, artículos para el aseo y limpieza de la planta y de los operadores, medicamentos del botiquín, etc.

AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.

Para que una planta de tratamiento funcione correctamente, necesita

combinar dos factores fundamentales:

- El factor físico: que lo constituye la infraestructura necesaria y
- El factor humano: formado por empleados capacitados.

En el capítulo anterior se describen los requisitos físicos de seguridad e

higiene que deben reunir las plantas de tratamiento (los requisitos de diseño de los

elementos están fuera del alcance de esta investigación), por lo que restaría

establecer las características que debe reunir un trabajador a fin de ser apto

para operar una planta de tratamiento.

Otros aspectos sobre los que deben tomar conciencia los trabajadores son:

el estar enterado de las responsabilidades de su cargo y el conocer aspectos

básicos sobre las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, los

cuales ayudarán a que se vuelvan más receptivos y puedan detectar anomalías en

la operación.

El conocimiento acerca de medidas de primeros auxilios así como la prevención y control de incendios es necesario en todo centro de trabajo, ya que es probable que un accidente relacionado con estos temas pueda ocurrir por lo que los trabajadores deben estar capacitados para hacerle frente a este tipo de situaciones.

#### 5.1 ESTABLECIMIENTO DEL PERFIL DEL OPERADOR

La selección del personal es esencial para la buena ejecución de cualquier labor, pero dependiendo de la naturaleza de esta, así serán las características que debe reunir todo aspirante al cargo.

En base al análisis del Código de Trabajo vigente, a las características de las labores a realizar y las entrevistas hechas a los operadores, se ha elaborado una lista de los principales atributos que se requieren para ser un operador de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, con el fin de facilitar al seleccionador de personal su búsqueda.

Para elaborar el perfil del operador de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, se han tomado en cuenta los siguientes aspectos:

- *Cognoscitivo : nivel de estudio y conocimientos básicos.*
- *Psicológico: responsabilidad e iniciativa*
- *Psicomotriz: Habilidades y Destrezas*
- *Capacidad para trabajar en equipo.*
- *Edad: edad mínima estipulada por el Código de Trabajo vigente.*
- *Disponibilidad de horario y rotación de turno.*

#### 5.1.1 PERFIL DEL OPERADOR DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

##### A. ASPECTO COGNOSCITIVO.

- *NIVEL MÍNIMO DE ESTUDIOS: noveno grado, y para el caso de plantas que utilicen bombas, sistemas de aireación, u otro tipo de equipo electromecánico, ser técnico en electricidad o con experiencia comprobada en el manejo de este tipo de equipos.*
- *CURSO DE CAPACITACIÓN: debe establecerse un curso de capacitación para los aspirantes al cargo de operador, cuyo objetivo sea brindar al operador los conocimientos mínimos necesarios acerca de las plantas de tratamiento. Esta capacitación debe ser tanto teórica como práctica, ya que el conocimiento de los elementos que las conforman y procesos que se realizan en las plantas de*

tratamiento es esencial para que el operador pueda realizar de forma correcta y segura su trabajo.

- DE PREFERENCIA CON CONOCIMIENTOS EN PRIMEROS AUXILIOS: debido a los riesgos que se corren en las instalaciones, como contraer infecciones al herirse o cortarse, los operadores deben conocer sobre las medidas de primeros auxilios a aplicar en cada caso.

#### B. ASPECTOS PSICOLÓGICOS

- RESPONSABILIDAD: que sea capaz de realizar las tareas asignadas en el momento indicado, como llenar registros e informes concernientes a las plantas de tratamiento, respetar el horario dado, etc.; sin que haya una supervisión constante.
- CON INICIATIVA PROPIA: que sea capaz de resolver problemas que estén a su alcance solucionar, sin tener que esperar por una orden superior.

#### C. ASPECTOS PSICOMOTRICES

- HABILIDADES Y DESTREZAS: para trabajar en el ambiente de las plantas de tratamiento los operadores necesitan la pericia necesaria, tanto para desplazarse dentro de las instalaciones y elementos, como también para poder realizar las labores de mantenimiento

D. CAPACIDAD PARA TRABAJAR EN EQUIPO: para poder estar en un medio ambiente de trabajo en armonía con sus demás compañeros.

E. EDAD: ser mayor de dieciocho años, ya que por la naturaleza de las labores a realizar, el Código de Trabajo vigente en nuestro país, prohíbe este tipo de trabajo a menores de edad, (Art. 105, ver Anexo 3 primera parte).

F. DISPONIBILIDAD DE HORARIOS Y ROTACIÓN DE TURNOS: una planta de tratamiento de aguas residuales opera las 24 horas del día todos los días del año, detener su funcionamiento implica la generación de una serie de problemas para la comunidad a la que sirve, además de la descarga directa de las aguas residuales al cuerpo receptor, por lo cual, el operador debe estar dispuesto a rotar turnos de trabajo por el día y la noche, y en diversas épocas del año.

## 5.2 ESTABLECIMIENTO DE LAS RESPONSABILIDADES DEL OPERADOR DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

Una vez en el puesto de trabajo, el operador tendrá a su cargo una instalación por la cual debe velar, debe ser consciente de sus responsabilidades, tanto de las tareas a realizar como del cuidado del equipo que tiene a su cargo.

El conocimiento de sus responsabilidades le facilitará la realización de sus

labores ya que podrá elaborar un horario de actividades, optimizando de esta manera

su tiempo; y al mismo tiempo ayudará a los supervisores a evaluar el trabajo que se

efectúa en las plantas de tratamiento.

Para que conozca las responsabilidades propias de su cargo se ha elaborado un

listado tomando en cuenta las siguientes áreas:

- Labores de aseo y limpieza: tanto de los elementos como de la planta en

general.

- Labores de operación: aquellas labores que se especifican en el manual de

operación y mantenimiento de la planta.

- Registro de las operaciones: según los formularios de recolección de datos

que se tengan y

- Labores diversas

## 5.2.1 RESPONSABILIDADES DEL OPERADOR

### A. LABORES DE ASEO Y LIMPIEZA

El operador es responsable de:

- El aseo y limpieza de las instalaciones en general: caseta, bodega, área libre, etc.

- Realizar las labores diarias de mantenimiento de cada unidad de tratamiento, según el manual de mantenimiento respectivo.
- La disposición adecuada de los desechos generados en las labores de limpieza.

## B. LABORES DE OPERACIÓN.

El operador es responsable por:

- La operación de compuertas, válvulas, bombas, etc. según el respectivo manual de operación y especificaciones técnicas de los elementos.
- El encendido y apagado de motores cuando se alcancen los niveles pre- establecidos de control.
- El almacenamiento y uso correcto de las herramientas y equipo proporcionado.
- El uso y almacenamiento adecuado del equipo de protección proporcionado, (mascarillas, casco, uniformes, botas, guantes y otros)

## C. REGISTRO DE LAS OPERACIONES.

El operador es responsable de registrar:

- El aforo instantáneo del efluente en los medidores de caudal.
- La información requerida en los formularios de registro de observaciones visuales y operaciones realizadas.

- Las visitas que se realizan a la planta, como inspecciones, muestreos, visitas de centros educativos y de la comunidad en general.

#### D. LABORES DIVERSAS.

El operador es responsable de:

- Las labores periódicas de mantenimiento de la infraestructura física, como: cercas, caminos, barandas, casetas, escaleras, etc.
- La poda de césped y árboles.
- El mantenimiento de jardines en caso de existir.

### 5.3 ESTABLECIMIENTO DE LOS CONOCIMIENTOS BÁSICOS QUE DEBEN POSEER LOS OPERADORES DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO.

Los operadores de las plantas de tratamiento permanecen una gran parte del día y durante diferentes épocas en éstas, por lo cual las observaciones que hagan con respecto a su comportamiento en estos diferentes periodos es muy importante a la hora de evaluar el funcionamiento de éstas.

Deben proporcionárseles conocimientos básicos sobre las plantas de tratamiento de forma que puedan contribuir con la evaluación y en algunos casos prevenir problemas operativos en éstas.

Dependiendo de la complejidad de la planta de tratamiento, así debe ser el nivel de conocimientos que posea el operador, pero estos conocimientos no deben reducirse solamente a labores de limpieza y mantenimiento, sino que deben incluir la función y el tipo de proceso que se realiza en cada elemento, pero redactando los temas de manera sencilla para que sea más fácil su comprensión y asimilación.

Es por esto que el objetivo de este apartado es presentar una guía con los conocimientos básicos que deben poseer los operadores de las plantas de tratamiento a fin de capacitarlos para la realización de sus labores.

Para la realización de la guía se ha recurrido a la bibliografía de diversos autores especializados en el tratamiento de aguas residuales, estableciéndose el siguiente orden:

- **CONCEPTOS BÁSICOS:** como composición, origen y características de las aguas residuales domésticas.
- **TIPOS DE PROCESOS:** deben incluirse solamente los procesos físicos y biológicos y descartar los procesos químicos ya que éstos no son muy utilizados en nuestro país para el tratamiento de aguas residuales domésticas.



### 5.3.1 CONOCIMIENTOS BÁSICOS SOBRE PLANTAS DE TRATAMIENTO

Al empezar a laborar todo operador debe recibir capacitación previa respecto a las funciones que debe realizar y dentro de la información que se le proporcione debe estar incluida la concerniente a el porqué de la importancia de brindar un tratamiento a las aguas residuales antes de ser descargadas a los cuerpos receptores y los efectos nocivos que causaría el no tomar el uso de plantas de tratamiento como una acertada opción para la reducción de contaminación a los cuerpos receptores; además los operadores deben tener conocimiento del tipo y clase de proceso que se efectúa en cada elemento. Es por esto que se ha elaborado un listado con los contenidos recomendados para los operadores de las plantas de tratamiento, que servirá de base para estructurar el Manual de Mantenimiento y Control, los temas sugeridos se presenta a continuación:

#### I. Aguas Residuales: Conceptos Básicos.

En esta parte se describirán los conceptos básicos sobre las aguas residuales, su origen, formas de medición y los diferentes procesos de tratamiento que se utilizan para su depuración, por los que los temas a tratar serán los siguientes:

##### 1.1 Origen de las aguas residuales

###### 1.1.1 Aguas Residuales de origen Doméstico

###### 1.1.2 Aguas residuales de origen industrial

- 1.1.3 Infiltraciones
- 1.1.4 Aguas Pluviales
- 1.2 Variación de los caudales del agua residual
- 1.3 Características del Agua Residual
  - 1.3.1 Características Físicas
  - 1.3.2 Características Biológicas
  - 1.3.3 Características Químicas
- 1.4 Operaciones Físicas
  - 1.4.1 Medición de Caudales
  - 1.4.2 Desbaste
  - 1.4.3 Sedimentación
- 1.5 Procesos Biológicos
  - 1.5.1 Introducción a los Procesos Biológicos
  - 1.5.2 Procesos Aeróbicos
  - 1.5.3 Procesos Anaerobios
  - 1.5.4 Procesos Facultativos

## II. Elementos más comunes que forman las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales

En esta parte se estudiará para cada elemento los diferentes procesos que se realizan en él, su funcionamiento y también se incluirá la parte operacional y de mantenimiento.

### 2.1 Tratamiento Preliminar

#### 2.1.1 Rejillas

#### 2.1.2 Desarenadores

#### 2.1.3 Medidores de Caudal

### 2.2 Tratamiento Primario

#### 2.2.1 Tanques de Sedimentación tipo Dortmund

#### 2.2.2 Tanques de Sedimentación tipo Imhoff

### 2.3 Tratamiento Secundarios

#### 2.3.1 Percoladores Biológicos

#### 2.3.2 Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente (RAFA)

#### 2.3.3 Sistemas de Lodos Activados

### 2.4 Sistemas de Tratamiento con Lagunas

#### 2.4.1 Lagunas Facultativas

242 Lagunas Anaerobias

243 Lagunas de Maduración

25 Tratamiento de Lodos

25.1 Digestores de Lodos

25.2 Patis de Secado

5.3.2 PRIMEROS AUXILIOS

Todo centro de trabajo, sin importar sus dimensiones debe contar con los

elementos necesarios para brindar primeros auxilios en caso que se necesite, este

equipo puede ir desde un buen botiquín hasta un centro de salud completo, en muchos

sitios de trabajo pequeños no resulta práctico disponer de personal médico propio,

por lo que puede recurrirse a los servicios de técnicos en primeros auxilio o capacitar al

personal en éstos; para el caso de las plantas de tratamiento bastará con tener un

botiquín bien equipado y adiestrar a los operadores en su uso adecuado y en los

procedimientos de primeros auxilios.

Según la Cruz Roja Internacional se denomina primeros auxilios a "El

tratamiento inmediato y provisional que se presta en caso de accidentes o

enfermedades repentinas antes de disponer de los servicios de un médico", esta

- Colocación, en lugar visible, de instrucciones sobre el modo y los teléfonos para llamar al médico, ambulancia o al equipo de rescate.
  - un manual de primeros auxilios.
  - La instalación de botiquines y proporcionar a los trabajadores por lo menos trabajo como auxiliares en primeros auxilios.
  - La designación y capacitación de algunos trabajadores en cada turno de
- Un programa de primeros auxilio debe incluir:

Y folletos que publican Cruz Roja Salvadoreñas y otras entidades similares.

tratamiento y además, esta labor de formación puede complementarse con carteles de primeros auxilios con el cual puede capacitarse al personal de las plantas de Primeros Auxilio de la Cruz Roja Internacional, es un texto con enseñanzas técnicas impartir estos conocimientos a tantos empleados como sea posible; el Manual de éstos se producen suelen ser de menor gravedad, por lo cual resulta muy conveniente capacitación en primeros auxilios son menos propensas a sufrir accidentes y cuando Con frecuencia se dice que las personas que han recibido alguna

como cortaduras, contusiones y quemaduras leves.

definición incluye la atención a aquellas lesiones que sean de escasa gravedad

- Colocación de carteles con instrucciones sobre la manera de trasladar personas enfermas o lesionadas.

### 5.3.3 PREVENCIÓN Y CONTROL DE INCENDIOS

Instruir al personal de una empresa en métodos de prevención y extinción de incendios, es una política muy acertada e inteligente de todo empresario progresista con una conciencia de seguridad bien cimentada, protegiendo a los trabajadores en su vida, salud e integridad física.

EL FUEGO: es una energía poderosa que se conoce desde la antigüedad y es muy utilizada tanto en el trabajo como en nuestra vida cotidiana. Puesto que el riesgo de incendio está presente en cualquier tipo de actividad, es necesario conocer como se origina el fuego, como funciona la combustión, como se propaga y como se puede extinguir y controlar.

El fuego consta de cuatro elementos que son Combustible, Oxígeno, Calor y Reacción en Cadena, y se produce cuando éstos se mezclan en proporciones adecuadas, para evitar o extinguir un incendio se necesita eliminar uno de estos cuatro elementos, por ejemplo: disminuyendo el calor, diluyendo o quitando el oxígeno, apartando el combustible o interrumpiendo la reacción en cadena.

LA PROPAGACIÓN: las formas de transmisión del calor pueden ser:

- For contacto directo de materiales combustibles con una llama
- For conducción: transmisión de calor de un cuerpo a otro a través de otro conducto intermedio
- For convección: transmisión de calor por medio circulante, ya sea gaseoso o líquido.
- For radiación: calor transmitido de un cuerpo a otro por medio de ondas que se desplazan en distintas direcciones, ejemplo: los rayos solares.

#### NORMAS DE PREVENCIÓN DE INCENDIOS:

- En la medida de lo posible, evitar adquirir productos de fácil combustión.
- Orden y limpieza: los materiales deben guardarse en lugares previamente destinados para cada uno.
- Ventilar los locales para evitar la concentración de vapores
- Señalización en bodega, envases, etc. que puedan provocar un incendio.

Debe capacitarse a los operadores en el uso adecuado de los extintores, y a

la vez debe tenerse cuidado al seleccionarlos, ya que dependiendo de los orígenes de

un incendio, así será el tipo de agente extintor que deberá aplicarse, además pueden

Por tecnificación entendemos el hecho de que el individuo inventa herramientas y máquinas que le permiten llevar a cabo esta transformación del medio ambiente de forma cada vez más cómoda. Con las máquinas y

organización.

trabajo ha tenido siempre dos características fundamentales: la tecnificación y la las épocas y según los pueblos, pero podríamos decir que en esta evolución el A través de la historia de la humanidad, la forma de trabajar varía según

avance tecnológico que posee.

naturalaleza que lo rodea, transformándola para su provecho, con la ayuda del necesidades, y esta satisfacción la consigue apropiándose de los recursos de la Para vivir y mantener la salud el individuo tiene que satisfacer sus siendo este el medio ambiente natural que lo rodea.

El ser humano está en contacto con la naturaleza, forma parte de ella,

#### 5.4 TRABAJO Y SALUD

uso de extintores.

enseñáreseles técnicas para el control de incendio pequeños que no necesitan el

herramientas, las personas consiguen aumentar su fuerza, pero esta fuerza, que es útil, puede cuando no está adecuadamente controlada, volverse contra ellas, amenazando su integridad física y causándoles accidentes y enfermedades.

En cuanto a la organización, podemos decir que el ser humano vive en sociedad, vive con otras personas y la experiencia cotidiana le ha enseñado a planificar el trabajo.

Vemos pues, que existen en el trabajo riesgos, que ponen en peligro la salud de las personas, con lo que, curiosamente estaríamos atentando contra aquello que en principio queríamos defender y mejorar.

Para conocer cuales son los riesgos que el trabajo tiene para la salud, hemos de tener muy claro que es la salud, ya que la idea de estar sano también evoluciona y es diferente según las épocas y los pueblos.

#### 5.4.1 EL TRABAJO:

El trabajo humano se caracteriza y diferencia del trabajo animal por la tecnificación, es decir, por el uso de herramientas y máquinas.

El trabajo es en primer término, un proceso entre la naturaleza y el hombre, proceso en que éste realiza, regula y controla mediante su propia acción, su intercambio de materias con la naturaleza.

El ser humano es un ser social, es decir, que para desarrollarse como tal necesita relacionarse con otros, y esto significa también que el trabajo es un hecho social.

#### 5.4.2 LA SALUD

Aunque existen concepciones distintas sobre la salud, según la Organización Mundial de la Salud (OMS) se entiende por salud "el estado de bienestar físico, mental y social completo y no solamente la ausencia de enfermedad", para que exista salud debe existir primero un equilibrio entre éstos factores.

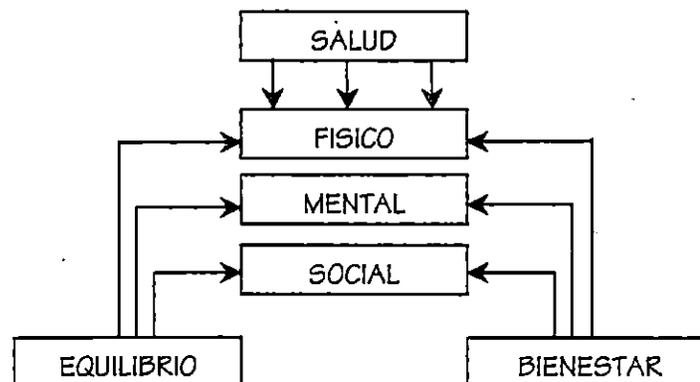


Figura N° 22: Factores que determinan la salud  
FUENTE: Condiciones de Trabajo, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene, España

Debemos pensar en la salud como un proceso de desarrollo y no como algo estático. Es decir, como algo que puede irse perdiendo o logrando, y que no es fruto del azar, sino que las condiciones que rodean a las personas y su voluntad juega un papel importante en ello.

#### 5.4.3 LOS RIESGOS PROFESIONALES

Es evidente que el trabajo y la salud están fuertemente relacionados, ya que, por un lado, el trabajo es una actividad que el individuo desarrolla para satisfacer sus necesidades, es decir, para poder tener una vida digna. Además, el trabajo es una actividad por medio de la cual desarrollamos nuestras capacidades tanto físicas como intelectuales.

Pero junto a esta influencia positiva del trabajo respecto a la salud existe también una influencia negativa; trabajando se puede perder la salud, cuando se desarrollan condiciones que pueden causar daño a nuestra integridad física, caso de los accidentes y enfermedades. Pero además, cuando el trabajo desaprovecha las aptitudes de las personas, se corre el riesgo de atrofiar o no permitir su desarrollo y realización como miembros de la sociedad.

Según esto, podemos definir los riesgos profesionales como " las situaciones de trabajo que pueden romper el equilibrio físico, mental y social de las personas".

El trabajo siempre produce modificaciones en el medio ambiente. Estas pueden ser mecánicas, físicas, químicas, biológicas, psíquicas, sociales y morales; y es lógico pensar que estos cambios afectarán la salud de las personas que trabajan, modificando su equilibrio físico, mental y social.

En el caso específico de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, los riesgos más comunes son los:

- a) Mecánicos: por el tipo de herramientas y equipos que se utiliza en las plantas.
- b) Físicos: entre los cuales se pueden mencionar las posturas inadecuadas, insolación o deshidratación, falta de estructuras seguras para la realización de sus tareas lo que puede ocasionar caídas, traspies, etc.
- c) Biológicos: Por el medio ambiente en que trabajan los operadores están expuestos al contagio por agentes biológicos, a través de la piel o el sistema respiratorio especialmente.

#### 5.4.4 LOS ACCIDENTES DE TRABAJO

Dentro de los efectos negativos que el trabajo puede tener para la salud, los accidentes son los indicadores más evidentes de una malas condiciones de trabajo y dada su gravedad, la lucha contra los accidentes el primer paso de toda actividad preventiva.

Legalmente se entiende por accidentes de trabajo "toda lesión orgánica, perturbación funcional o muerte, que el trabajador sufra a causa, con ocasión, o por motivo del trabajo"

Dependiendo de la naturaleza de las actividades que se realiza en una industria, así será el tipo de accidente que se presentará, para el caso de las plantas de tratamiento los accidentes que con más frecuencia pueden producirse son:

- Caídas a nivel
- Caídas a desnivel
- Cortaduras
- Quemaduras
- Golpes de objetos

Los accidentes por muy inesperados, sorprendentes o indeseados que sean,

no surgen espontáneamente o por casualidad. Son consecuencias y efectos de una

situación anterior. Si los accidentes surgieran de la nada, por generación

espontánea no cabría ninguna defensa preventiva.

Para evitar accidentes dentro de las plantas de tratamiento como medida

preventiva se sugiere que se le proporcione al operador las condiciones adecuadas

como escaleras fijas con protección, pisos antiderrapante y otras condiciones

que se fijan en el capítulo IV; pero también se les debe instruir a los operadores

sobre la forma correcta de realizar sus labores, como seguir los procedimientos

especificados, no bromear durante la ejecución del trabajo, etc. y como último paso

se les debe proporcionar equipo de protección de manera que, si aún siguiendo las

medidas preventivas surge un accidente, la repercusión de éste sobre el individuo

sea mínima.

#### 5.4.5 LAS ENFERMEDADES PROFESIONALES

Desde el punto de vista técnico: es aquel deterioro lento y paulatino de la

salud del trabajador, producido por una exposición crónica a situaciones adversas,

sean éstas producidas, por el ambiente en que se desarrolla el trabajo o por la

forma en que éste está organizado.

No podemos esperar a que aparezcan los síntomas de la enfermedad para empezar a actuar ya que, generalmente, los efectos de estas enfermedades son irreversibles.

Para poder analizar los diversos factores responsables de que se produzca una enfermedad profesional o que se desencadene o agrave una enfermedad común, se presenta el cuadro siguiente:

CUADRO Nº 54: FACTORES QUE DETERMINAN UNA ENFERMEDAD PROFESIONAL

Concentración Del Agente Contaminante En La Atmósfera De Trabajo	Existen valores máximos tolerados, establecidos para muchos de los riesgos físicos y químicos que suelen estar presentes en el ambiente de trabajo, por debajo de los cuales es permisible que en condiciones normales produzcan daño al trabajador expuesto.
Tiempo De Exposición	Estos límites de exposición suelen referirse normalmente a tiempos de exposición determinados, relacionadas con una jornada laboral normal y con un período medio de vida laboral actual.
Características Personales De Cada Individuo	La concentración y el tiempo de exposición establecen para una población normal por lo que habrá que considerar en cada caso las condiciones de vida y las constantes personales de cada individuo.

CONTINUACIÓN CUADRO N° 54

Relatividad De La Salud	El trabajo es un fenómeno en constante evolución, los métodos de trabajo y los productos utilizados son cada día más diversos y cambiantes, y también lo son los conceptos que de salud y enfermedad están vigentes en una sociedad.
Presencia De Varios Agentes Contaminantes Al Mismo Tiempo	No es difícil suponer que las agresiones causadas por un elemento adverso disminuyen la capacidad de defensa de un individuo, por lo que los valores limitantes aceptados se han de poner en cuestión cuando existen varias condiciones agresivas en un puesto de trabajo.

FUENTE: Condiciones de Trabajo, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene, España

En el siguiente cuadro se presentan algunas enfermedades infecciosas que los trabajadores de las plantas de tratamiento pueden contraer por contacto con las aguas residuales que llegan a ésta.

CUADRO N° 55: AGENTES INFECCIOSOS PRESENTES EN EL AGUA RESIDUAL DOMESTICA SIN TRATAMIENTO PREVIO.

ENFERMEDAD	ORGANISMO	TIPO
Gastroenteritis	Escherichia Coli	Bacteria
Cólera	Vibrio Cholerae	Bacteria
Fiebre Tifoidea	Salmonella Typhi	Bacteria
Disentería amébrica	Entamoeba histolytica	Protozoos
Disentería bacilar	Shigella	Bacteria
Teniasis (solitaria)	Taenia solium	Gusanos (Helmintos)

ADAPTADO DE: Ingeniería de las Aguas Residuales, Metcalf & Eddy

#### 5.4.6 SALUD OCUPACIONAL

La salud ocupacional es una importante estrategia para garantizar la salud del trabajador, pero además contribuye a mejorar la productividad, aumentar la calidad de los productos, y motiva a los trabajadores.

Los objetivos de la salud ocupacional son:

- Desarrollar un ambiente de trabajo saludable
- Desarrollar una práctica laboral saludable y promocionar la salud laboral

Pero el objetivo principal de la salud ocupacional es un trabajador productivo y saludable, libre de enfermedades ocupacionales y no ocupacionales,

motivado para realizar su trabajo diario, satisfecho de su trabajo y desarrollándose tanto como trabajador como individuo.

La salud laboral se encarga de mejorar las condiciones y el ambiente de trabajo a través del estudio de las siguientes áreas:

- a) Condiciones materiales del ejercicio del trabajo: se refiere a la infraestructura de los centros de trabajo como por ejemplo espacios adecuados, ventilación e iluminación suficiente, servicios básicos, etc. en las plantas de tratamiento, estas condiciones deben considerarse en el diseño.
- b) Condiciones de seguridad: se refiere a los elementos auxiliares como cercas, barandas, escaleras, salidas de emergencias, extintores de incendios, etc. que sirven para contrarrestar los riesgos de accidentes dentro de los centros de trabajo.
- c) Presencia de contaminantes: en función de las actividades que se realicen en los centros de trabajo, así será el tipo de contaminantes a los que estarán expuestos los trabajadores. En las plantas de tratamiento, los contaminantes de origen biológico son los que tienen mayor importancia, por lo cual deben ser estrictamente vigilados.

- d) *Interés en la tarea: esto dependerá del conocimiento que los operadores tengan acerca del propósito fundamental de las plantas de tratamiento y de la importancia del trabajo como operadores de éstas, así como también de las capacitaciones e incentivos que se les brinden.*
- e) *Distribución de horarios: muchas plantas de tratamiento cuentan con dos operadores durante una jornada laboral normal (8:00 a.m. a 4:00 p.m.), pero lo mejor sería establecer dos turnos de trabajo y rotar semanalmente a los operadores, los turnos sugeridos son: de 6:00 a.m. a 1:00 p.m. el primer turno, y de 1:00 p.m. a 8:00 p.m. el segundo turno. De esta manera se cubre la mayor parte del día y la jornada laboral se reduce a 7 horas. Para el caso de plantas grandes, pueden utilizarse más empleados en cada turno y, si es necesario, incluir un turno por la noche.*
- f) *Duración de la jornada laboral: en nuestro país está establecida como de 8 horas, pero considerando: el trabajo de campo, las horas de entrada y salida de los operadores y que con el sistema de turnos se cubre una gran parte del día, se recomienda establecer la jornada laboral en 7 horas.*

## 5.5 SEGURIDAD E HIGIENE

Mejorar las condiciones de trabajo significa que, además de evitar los daños y enfermedades causadas por el trabajo, tenemos que conseguir que éste se realice en unas condiciones confortables, sin perjudicar física, mental, ni socialmente, a los trabajadores, y permitiendo el desarrollo integral de los individuos a través de su trabajo.

La seguridad estudia las condiciones materiales que ponen en peligro la integridad física de los trabajadores.

Las medidas de seguridad en los centros de trabajo son las medidas adecuadas para proteger la vida y la integridad de los trabajadores, éstas pueden dividirse en dos partes que son:

- Estructuras seguras y
- Prácticas seguras

En el Capítulo IV se estudian las condiciones de seguridad que deben reunir las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas como un centro de trabajo, pero no basta con sólo proporcionar a los operadores estas condiciones,

sino también, deben ser inducidos a observar normas de conducta seguras e higiénicas, con el fin de brindarles bienestar en la realización de sus tareas.

#### 5.5.1 MEDIDAS DE SEGURIDAD

A continuación se estudiarán las prácticas seguras que debe implementar el operador de plantas de tratamiento al realizar sus labores, para lo cual se estudian los siguientes aspectos:

- A. Conocimiento de los riesgos que se corren en la planta de tratamiento
- B. Uso correcto de las herramientas y equipos
- C. Peligros de la electricidad
- D. Uso del equipo de protección adecuado para cada actividad
- E. Atender las instrucciones para realizar cada actividad

#### A. CONOCIMIENTO DE LOS RIESGOS

Para que el operador realice su trabajo en una forma confiable y segura es menester que esté al tanto de las posibles deficiencias de seguridad que haya en las instalaciones y que pueden ser fuentes de accidentes, así como también conocer respecto a la presencia de contaminantes químicos y biológicos contenidos en el agua residual de manera que sea consciente de los riesgos a los que está expuesto.

## B. USO CORRECTO DE LAS HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

La principal causa de accidentes de trabajo lo constituye las herramientas y equipos, sobre todo debido a las siguientes razones:

- El uso de herramientas defectuosas
- El uso inadecuado de herramientas
- Procedimientos incorrectos
- Mantenimiento inadecuado de las herramientas.

Para su prevención, pueden adoptarse las siguientes medidas:

- Implementar un programa de control de herramientas
- Enseñarles a los trabajadores a reconocer la herramienta adecuada a cada labor y a utilizarla correctamente
- Implementar normas de limpieza y almacenamiento de las herramientas

## C. PELIGROS DE LA ELECTRICIDAD

Los accidentes eléctricos aunque no son muy numerosos, dan lugar en la mayoría de los casos a lesiones graves o mortales, la energía eléctrica es limpia y precisamente esta ventaja es al mismo tiempo un inconveniente para protegernos de sus peligros ya que la electricidad no se ve, no se oye ni se huele. Los operadores tienen que conocer como es la corriente eléctrica y cuales

son los medios para protegerse ya que utilizando adecuadamente los sistemas de seguridad, los accidentes eléctricos pueden disminuir.

#### D. USO DEL EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

Sobre este aspecto los trabajadores de las plantas de tratamiento no conocen la importancia del uso constante del equipo de protección al realizar sus tareas diarias.

Aunque la protección personal no es una técnica de seguridad ni de higiene está relacionada con ambas. La selección del equipo de protección es importante tanto para garantizar el grado de protección que provee como para que el trabajador lo use con comodidad y confort.

La experiencia ha demostrado que el método más fácil para persuadir al trabajador de la importancia del uso del equipo de protección consiste en permitir que ellos mismos participen en la selección de éste.

#### E. ATENDER LAS INDICACIONES DADAS

Es de vital importancia que los trabajadores de toda empresa sean disciplinados y estén dispuestos a acatar toda disposición dictada por sus superiores. En el

caso de las plantas de tratamiento esta información debe ser entregada de forma escrita y explicada por una persona debidamente capacitada. Estas instrucciones deben estar redactadas en forma clara y sencilla, de manera que los operadores puedan ejecutarlas con facilidad.

### 5.5.2 MEDIDAS DE HIGIENE

La higiene es la rama de la Medicina que estudia la conservación de la salud, estudiando las relaciones del ser humano con el medio ambiente a fin de mejorar las condiciones sanitarias de éste.

La higiene es un factor determinante en la prevención de enfermedades laborales y el mantenimiento de un ambiente de trabajo saludable, lo que nos lleva a la higiene ocupacional, la cual tiene por objeto el reconocimiento, evaluación y control de aquellos factores ambientales y tensionales que se originan en el lugar de trabajo y que pueden causar enfermedades o daños a la salud, y en consecuencia incomodar y hacer ineficiente al trabajador.

Entre los factores ambientales podemos mencionar:

- **Biológicos:** en el caso de los trabajadores expuestos a virus, bacterias y otros agentes biológicos.

- Químicos: vapores, nieblas, gases, humos, etc.
- Físicos : ruidos, iluminación y ventilación deficiente, temperatura o presión extremas, vibraciones.
- Ergonómicos: monotonía, movimientos repetidos y fatiga.
- Eléctricos y Mecánicos.

Entre los factores tensionales pueden mencionarse:

- La carga de trabajo
- El ritmo de trabajo
- La jornada laboral y los turnos de trabajo

Para el caso de las plantas de tratamiento, es responsabilidad de los supervisores la evaluación de éstos factores a través de inspecciones periódicas, entrevistas con el personal a fin de conocer sus inquietudes, capacitaciones sobre seguridad e higiene, etc.

#### 5.5.2.1 HIGIENE PERSONAL

Una cuidadosa higiene personal es esencial para contrarrestar los riesgos de contraer una enfermedad laboral. La implementación de ésta será más eficiente

si los trabajadores cuentan con las instalaciones convenientes y suficientes para su aseo personal.

Debe instruirse a los trabajadores de las plantas de tratamiento sobre la forma y el momento en que deben lavarse, también se les debe exigir que se cambien de ropa y en algunos casos que se duchen antes de abandonar las instalaciones; son muchas las exposiciones en las cuales el sólo hecho de lavarse frecuentemente, se convierte en una buena medida preventiva. La clase de jabón que se usa también es importante, y debe ser determinado de acuerdo a las tareas que se realicen. Los cortes de cabello y uñas periódicos, es importante, ya que éstos pueden servir como reservorios a distintos vectores.

## 5.6 RECONOCIMIENTOS MEDICOS

La implementación de un programa de evaluaciones médicas, también contribuye a disminuir los riesgos de contraer enfermedades, la amplitud de los exámenes médicos debe ser determinado por el equipo médico de la empresa o de la agencia del seguro social pertinente, de acuerdo a factores como:

- Indole de la industria
- Peligros inherentes
- Distintos tipos de trabajo

- Esfuerzo físico
- Exposición a agentes nocivos.

Además es necesario ponderar el valor relativo de las diferentes pruebas en términos de tiempo y dinero.

Los reconocimientos médicos se dividen en varios tipos: pre-empleo, periódicos, de traslado, de ascenso, especiales y de terminación.

- A. Reconocimientos de Preempleo: tiene por finalidad determinar el estado físico de los futuros trabajadores, para situarlos en el puesto de trabajo afín a sus condiciones físicas y mentales y en cual sus posibles limitaciones de los candidatos no incidan en su rendimiento personal, su salud, seguridad o en la de otros.
- B. Reconocimientos Periódicos: este tipo de prueba puede ser de carácter obligatorio o voluntario; los exámenes pueden ser obligatorios en casos que los trabajadores estén expuestos a la acción de procesos o sustancias peligrosas para la salud o cuyo trabajo les hace responsables de la seguridad de los demás.

C. Reconocimientos Especiales: estos exámenes pueden resultar benéficos

para aquellos trabajadores que tienen dificultades, cuyo origen puede estar en problemas de salud, asimismo cualquier cambio de puesto puede dar lugar a la necesidad de efectuar un examen médico. En muchos casos se realizan éstos exámenes cuando los trabajadores se reincorporan a sus labores después de un tiempo ausentes.

D. Reconocimientos de Terminación: muchas empresas realizan este tipo de exámenes cuando los trabajadores dejan de prestar sus servicios con el fin de llevar un historial de los resultados de tales pruebas, especialmente en casos de que el trabajador esté expuesto a los efectos de sustancias peligrosas o ruidos nocivos a la salud.

El tipo de reconocimiento más importante que debe practicarse el operador de plantas de tratamiento, es el periódico, que como mínimo debe

Incluir:

- Revisión del peso, presión arterial y la temperatura del paciente.
- Reconocimiento de la nariz, garganta, oídos, pulmones, etc.

• Estudio de los exámenes practicados con anterioridad, que dependiendo del criterio del médico pueden ser: de heces, orina, sangre, de pulmón,

VDRL u otros.

- Control de vacunas (se presenta un modelo en la pagina 227)
- Elaboración del historial clínico del paciente, ya que éste constituye una referencia valiosa en relación con aquellos aspectos que requieren una atención especial.

Este debe contener los datos personales del paciente como nombre completo, edad, lugar de trabajo, cargo desempeñado, etc. además del control de su peso, estatura, presión arterial, temperatura, exámenes prescritos y exámenes realizados así como otros datos de importancia, que deben ser anotados durante cada visita.

El médico a cargo del personal de las plantas de tratamiento debe conocer la naturaleza de las labores que realizan los operadores, así como también el medio ambiente en el cual trabajan para conocer los riesgos a los que están expuestos.

## CONTROL DE VACUNAS

**DATOS GENERALES**

NOMBRE DEL PACIENTE: \_\_\_\_\_

EDAD: \_\_\_\_\_ INSTITUCIÓN DE LA QUE PROCEDE: \_\_\_\_\_

PUESTO DESEMPEÑADO: \_\_\_\_\_ FECHA DEL PRIMER RECONOCIMIENTO: \_\_\_\_\_

MEDICO QUE ATENDIÓ: \_\_\_\_\_

VACUNA	1º DOSIS	2º DOSIS	3º DOSIS	REFUERZO
Hepatitis A				
Hepatitis B				
Toxolde Tetánico				
Fiebre tifoidea				

Observaciones: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

FIRMA DE MEDICO QUE ATENDIÓ: \_\_\_\_\_

Bueno, con lo expuesto en los cinco capítulos anteriores concluimos la primera parte de este trabajo, la cual sirvió de base para la elaboración del manual de operación y mantenimiento, que es la parte medular del mismo, el cual es presentado a continuación.

SEGUNDA  
PARTE

## I. CONCEPTOS BASICOS

En la primera parte de este manual se presentan los conceptos básicos que como operadores de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, deben conocer a fin de entender mejor la importancia de su trabajo y mejorar al mismo tiempo la eficiencia de las mismas, a través de una adecuada operación y mantenimiento. Los conceptos que se estudian son los siguientes:

1. Origen y composición de aguas residuales
2. Variación de los caudales de aguas residuales domésticas
3. Características de las aguas residuales
4. Operaciones que se realizan en las plantas de tratamiento

### 1.1 ORIGEN Y COMPOSICION DE LAS AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales son aquellas aguas de desechos que se generan de las actividades que el hombre realiza diariamente, y dependiendo de donde se originan pueden clasificarse en:

- a) Domésticas: se generan en las zonas residenciales, comerciales, públicas y similares. En estas zonas el agua proviene del uso interior (baños, cocina, lavado de ropa, limpieza etc.) como del uso exterior (riego de jardines, lavado de carros, piscinas, fuentes, etc.)

b) Agua residual Industrial: es el agua proveniente de las distintas industrias o fábricas y generalmente se le llama "vertidos industriales"

La composición de las aguas residuales depende también del tipo de sistema de evacuación que se emplee, ya que éste puede ser combinado y separativo; el combinado es aquel que recoge junta el agua residual doméstica, industrial, infiltrada y pluvial; en cambio el sistema separativo, como su nombre lo indica, las recoge aparte.

La infiltración se refiere al agua que penetra en el sistema de alcantarillado a través de juntas defectuosas, grietas, fracturas y paredes porosas, y el agua pluvial se refiere al agua lluvia que se recoge después de correr por la superficie del suelo, cunetas, canales, techos u otros.

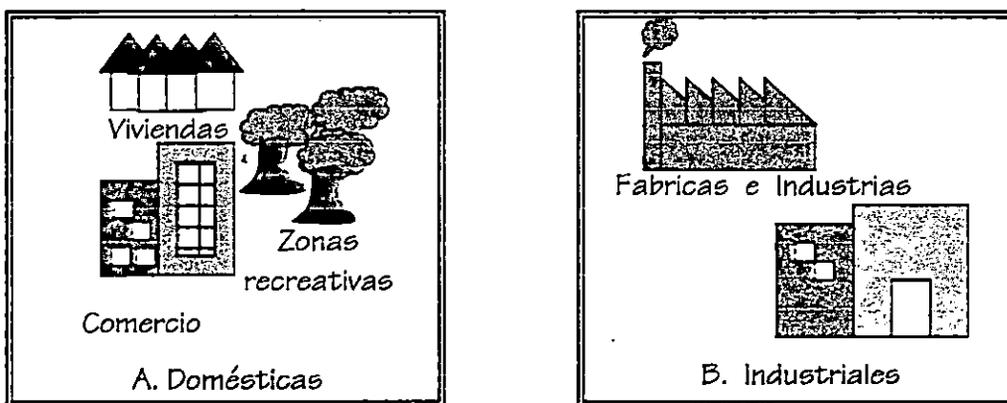


Figura 1: Origen de las aguas residuales

## 1.2 VARIACIÓN DE LOS CAUDALES DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS

Caudal es un volumen determinado de un líquido cualquiera que fluye en la unidad de tiempo, por lo cual se mide en unidades de capacidad (litros, metros cúbicos, galones, etc.) por unidad de tiempo (segundos, horas y en ocasiones días), por ejemplo: litros por segundo (lts/s), galones por día (gal/d) o metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ).

El caudal de aguas residuales domésticas es básicamente la cantidad de agua de desecho que se genera de las actividades diarias en los hogares, en nuestro medio se calcula como el 80% del agua potable que se recibe por vivienda; como podemos ver casi toda el agua potable que no consumimos se convierte en agua residual.

Los caudales de aguas residuales domésticas varían continuamente, así durante el día puede variar de manera que en las primeras horas sea mínimo, aumentando mientras transcurre la mañana, disminuyendo por la tarde y aumentando un poco en las primeras horas de la noche, también cada día de la semana puede ser diferente, los domingos y sábados pueden presentarse caudales mayores que el resto de la semana o por el contrario pueden ser más bajos, dependiendo del tipo de comunidad y sus actividades, a lo largo de los meses del año

también pueden variar, así por lo general son mayores en los meses de verano y disminuyen en invierno.

**AMIGO OPERADOR:**

Es de mucha importancia no olvidarse de medir los caudales que entran a la planta de tratamiento por lo menos dos veces al día y hacerlo todos los días.

### 1.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

El agua residual se caracteriza de acuerdo a sus componentes físicos, químicos y biológicos.

Las características físicas más importantes son:

- a) **Sólidos totales**: son aquellas materias que se encuentran en el agua residual y pueden dividirse en dos grandes grupos: los sólidos suspendidos y los sólidos disueltos; la diferencia fundamental entre éstos es el tamaño de las partículas; también pueden dividirse en orgánicos e inorgánicos dependiendo de si son de origen animal, vegetal (orgánico) o mineral (inorgánico). Se mide en miligramos por litro (mg/lit).

b) Color: las aguas residuales frescas presentan un color grisáceo, este color se hace más oscuro a medida que se desarrollan condiciones sépticas, como por ejemplo, cuando el agua se estanca produciendo olores desagradables. El color de las aguas residuales se mide en una escala de color especial, y sus unidades son "unidades de color".

c) Turbiedad: es un parámetro que sirve para medir la calidad de las aguas residuales tratadas a través de la cantidad de sólidos disueltos coloidales existentes en las aguas residuales. Generalmente se mide en "Unidades Nefelométricas de Turbiedad" (UNT).

Otros parámetros físicos son la Temperatura y la Densidad

Entre las características biológicas tenemos una serie de microorganismos como son las bacterias, hongos, algas, protozoos y virus, además de plantas y animales pequeños o microscópicos; en algunos casos ayudan al tratamiento de las aguas, pero muchos son causantes de varias enfermedades que atacan al hombre.

- Las características químicas más importantes son:
- a) La materia orgánica: como los compuestos orgánicos formados por carbono, oxígeno e hidrógeno; además de algunas sustancias como proteínas, aceites y grasas.
- b) La materia inorgánica: como el contenido de cloruros, fósforo, azufre, etc. así como la medición de la alcalinidad y el pH.
- El pH es la concentración del ion hidrógeno en el agua, y merece una especial mención pues es un parámetro muy importante en el tratamiento de aguas residuales; ya que el agua residual con una concentración desfavorable de pH es difícil de tratar solo por medios biológicos.
- c) Compuestos tóxicos inorgánicos: como los metales pesados (plomo, níquel, cromo, zinc) y los gases (metano, dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno).

**IMPORTANTE:** Como operador de una planta de tratamiento el riesgo de contagiarse de alguna enfermedad infecciosa es mayor, por lo que debe utilizarse la protección adecuada y además deben seguirse las medidas higiénicas que se recomiendan en este manual.

**IMPORTANTE:**

Por lo general, la evaluación de la mayoría de las características del agua residual, se lleva a cabo por el personal del laboratorio, pero el operador puede contribuir a esta evaluación anotando las observaciones que realice diariamente.

#### 1.4 OPERACIONES REALIZADAS EN LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO

Así como las características del agua residual, las operaciones que proporcionan el tratamiento de ésta también se dividen en físicas, químicas y biológicas, en nuestro país generalmente, el tratamiento de las aguas residuales domésticas se lleva a cabo a través de operaciones físicas y biológicas.

##### 1.4.1 OPERACIONES FÍSICAS

Las operaciones físicas consisten, sobre todo, en la separación de los sólidos del agua residual, ya sea, por eliminación, tamizado, cribado, sedimentación, etc. algunas de estas operaciones físicas constituyen lo que llamaremos en adelante "Tratamiento Preliminar", que en nuestro medio, está formado por elementos como rejillas y desarenadores, pero también se incluyen aquí los medidores de caudal.

Los tanques tipo Dortmund y las lagunas cuando se ocupan sólo para la sedimentación del agua residual constituyen lo que llamaremos "Tratamiento Primario", además también pueden utilizarse tanques tipos Dortmund u otro tipo de tanque sedimentador después de un dispositivo de tratamiento biológico con lo que se convierten en parte del "Tratamiento Secundario", pero todos son parte de los procesos físicos.

Los patios o lechos de secado deshidratan el lodo procedente de otros dispositivos, lo cual es un proceso físico, y se agrupan en los "Sistemas de Tratamiento de Lodo"

#### 1.4.2 OPERACIONES BIOLÓGICAS

Las operaciones biológicas buscan crear las condiciones favorables para la degradación natural de la materia orgánica presente en el agua residual, entre los métodos que se utilizan para este fin tenemos los sistemas de lodos activados, reactores de lecho fijo (percoladores, RAFA), sistemas de lagunas y otros menos comunes, los sistemas biológicos están agrupados en lo que llamamos "Tratamiento Secundario".

Otros sistemas de tratamiento biológico, también incluyen los "Sistemas de Tratamiento de Lodos", como los tanques digestores, espesadores y otros.

Los procesos biológicos pueden clasificarse, dependiendo de la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para degradar o descomponer la materia orgánica, en:

- a) **Procesos Aerobios:** En este proceso, los microorganismos necesitan de la presencia de oxígeno para descomponer la materia orgánica.
- b) **Procesos Anaerobios:** Cuando la descomposición se realiza sin necesidad de que exista presencia de oxígeno.

c) **Procesos Facultativos:** la descomposición puede realizarse con o sin la presencia de oxígeno.

Para que puedas entender mejor como se verifican los procesos biológicos, en especial los aerobios y anaerobios, se presentan a continuación ambos ciclos.

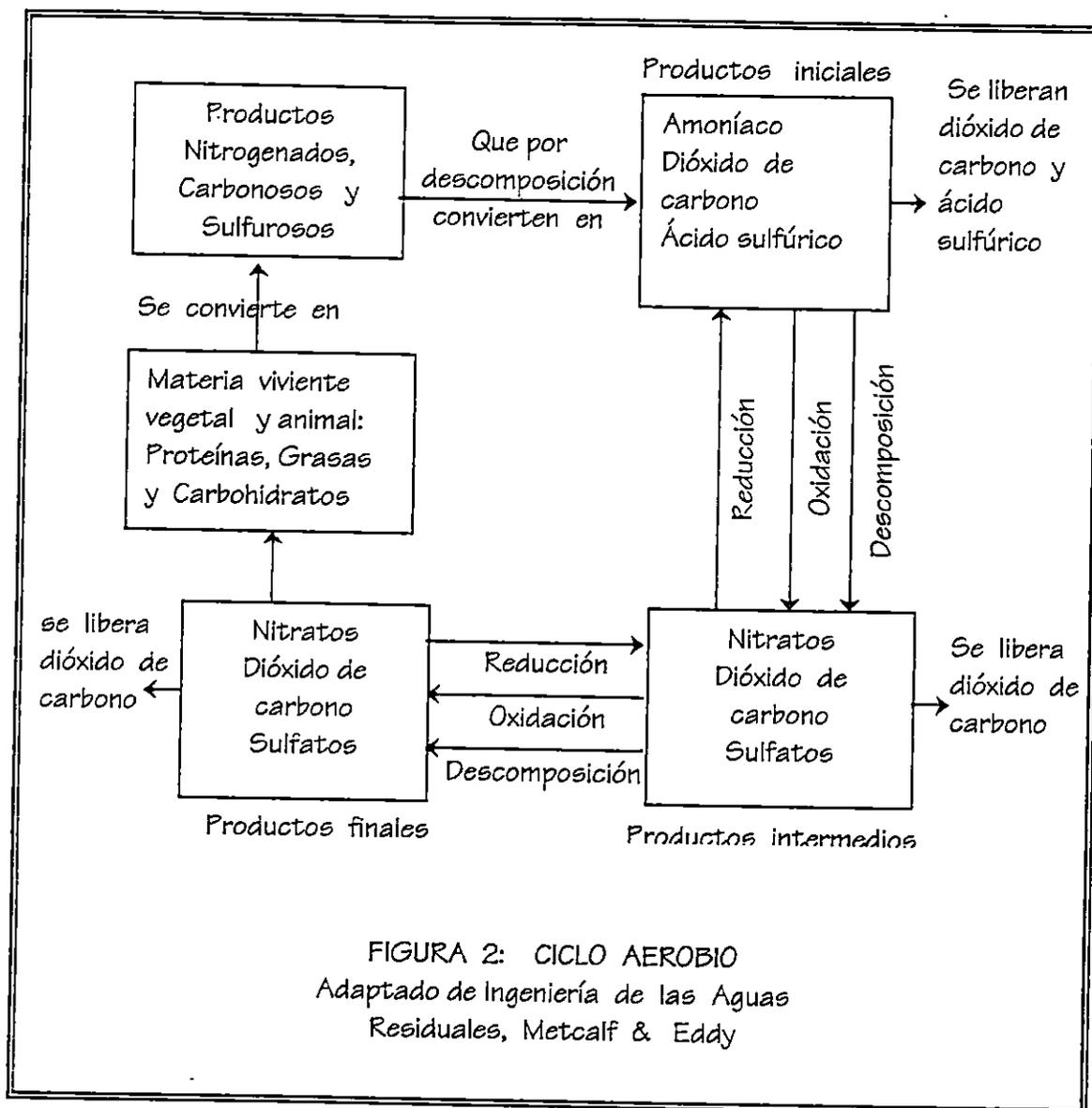
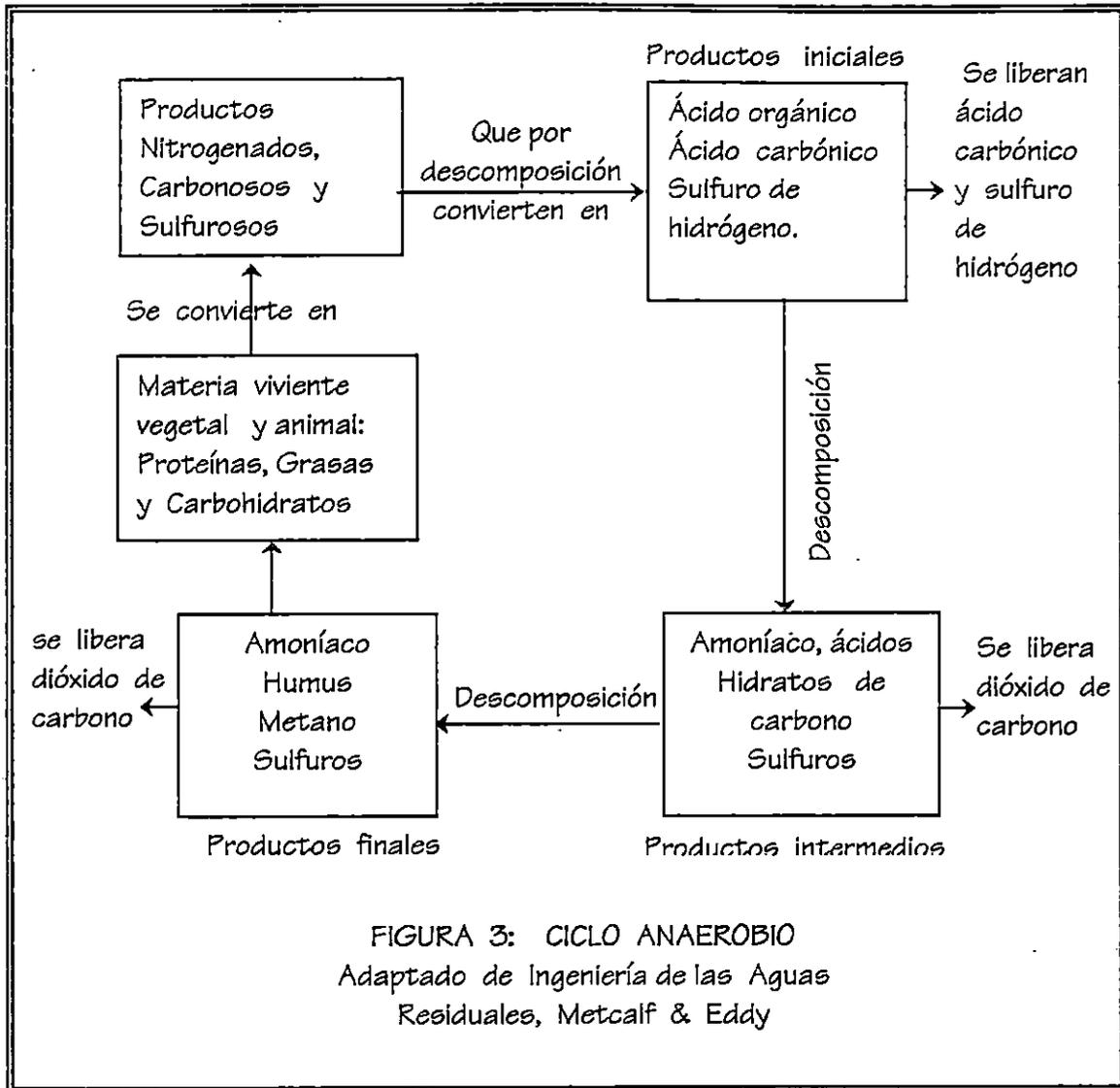


FIGURA 2: CICLO AEROBIO  
 Adaptado de Ingeniería de las Aguas Residuales, Metcalf & Eddy



Como puede observarse, los ciclos de descomposición aerobia y anaeróbica, se distinguen en cuanto a los productos que generan en cada fase y los gases que se liberan a la atmósfera, además en el ciclo aerobio se verifican tres procesos (descomposición, oxidación y reducción de la materia orgánica) y en el ciclo anaeróbico sólo se realiza la descomposición.

## II. LABORES DE MANTENIMIENTO Y OPERACION

Para facilitar el uso del presente manual, se han dividido los elementos en el nivel de tratamiento que brindan, de manera que puedas seleccionar los elementos que constituyen la planta de tratamiento que operas.

El manual se ha dividido en las partes siguientes:

1. Elementos para el tratamiento preliminar

a) Rejillas

b) Desarenadores

c) Medidores de caudal

2. Elementos para el tratamiento primario

a) Tanque sedimentador primario tipo Dortmund

b) Tanque sedimentador tipo Imhoff

c) Lagunas de Estabilización: (aunque éstas pueden ser primarias o

secundarias, reciben el mismo mantenimiento)

3. Elementos para el tratamiento secundario

a) Percolador biológico

b) Reactor anaerobio de flujo ascendente

- c) *Lodos activados*
- d) *Tanque sedimentador secundario*

#### 4. Elementos para el tratamiento de lodos

- a) *Digestor de lodos*
- b) *Patios de secado*

Para cada uno de los elementos, se explica su función, el proceso que realiza y el diagrama de su forma y elementos que lo constituyen, después se describe las actividades diarias, semanales, mensuales, anuales, etc. que deben realizarse, la forma de llevarlas a cabo y la disposición de los desechos que generan.

### 2.1 ELEMENTOS PARA EL TRATAMIENTO PRELIMINAR

El tratamiento preliminar, generalmente está constituido por los siguientes elementos:

- A. *Rejillas*
- B. *Desarenadores*
- C. *Medidor de caudal*

En casi todas las plantas de tratamiento, estos elementos se encuentran ubicados en un solo canal.

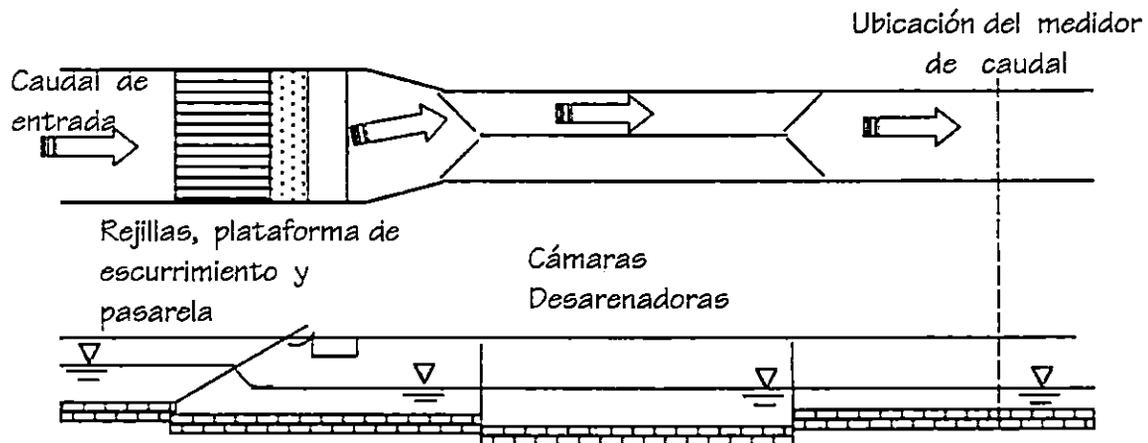


Figura 4: Elementos del Tratamiento Preliminar  
Canal de Rejas, Desarenador y Medidor de Caudal

### 2.1.1 REJILLAS

Están formadas por barras que pueden tener sección cuadrada o rectangular, usualmente separadas de 2 hasta 5 cm., aunque algunas veces se usan rejas grandes en posición vertical, la regla general es que deben instalarse con un ángulo de 45 a 60 grados con la vertical.

Su función es la retención de los sólidos orgánicos grandes que flotan o están suspendidos, estos sólidos consisten generalmente en trozos de madera, telas, basura y restos de materia fecal.

Una vez que llega el agua residual a las rejillas los materiales gruesos arrastrados quedan retenidos en las barras y se les retira ya sea manualmente o mecánicamente.

MANTENIMIENTO: Este consiste principalmente en la limpieza y recolección de las basuras que se detienen en las rejillas, además de la disposición de estos desechos. Las actividades a realizar son las siguientes:

DIARIAMENTE:



- Limpiarlas por lo menos dos veces con un rastrillo metálico especial, por la mañana y por la tarde, la forma más recomendada de hacerlo es comenzar a limpiar desde el fondo hacia arriba y dejar escurrir estos desechos en la placa perforada.
- Después de escurridos los desechos retirarlos y limpiar la placa perforada con una escoba plástica para evitar que queden restos que puedan dar origen a malos olores.

- Colocar los sólidos escurridos en un depósito de basura o en un contenedor, y luego cubrirlos con cal para evitar malos olores y la proliferación de insectos.
- También deben eliminarse los depósitos de arena u otros desechos que se depositan aguas arriba de las rejillas que pueden provocar reflujos o impedir el paso del agua. La arena puede ser barrida dejándola correr junto con el agua hacia los desarenadores, los desechos deben ser retirados con un rastrillo y ser depositados junto con los demás.



- Después de efectuada la limpieza, lavar las rejillas, placa perforada y las paredes con agua a presión, para evitar los malos olores y la proliferación de insectos y roedores.

UNA VEZ AL AÑO:

- Se deben revisar las rejillas y compuertas, si presentan corrosión lijarlas y pintarlas; también deben revisarse la placa perforada, paredes y fondo del canal y en caso de encontrar muestras de deterioro, éstos deben repararse siempre que sea posible. De esta manera se asegura que las estructuras duren más.

IMPORTANTE:

Recordar que en período de lluvia, la limpieza de la rejilla debe realizarse después de una tormenta, pues puede obstruirse.

DISPOSICIÓN DE LOS DESECHOS:

- Los desechos recolectados en los depósitos de basura deben ser enterrados.

NO DEBE QUEMARSE LOS DESECHOS



### 2.1.2 DESARENADORES

Generalmente son diseñados como dos grandes canales con compuertas para la entrada y salida del agua, además que facilita su limpieza. Este dispositivo tiene como finalidad el extraer de las aguas residuales los sólidos inorgánicos como lo son las arenas, las cenizas y gravas, recibiendo generalmente el nombre de arenas, evitándose así problemas en los tratamientos siguientes.

El agua residual luego que pasa por el sistema de rejillas llega a las cámaras desarenadoras donde las cantidades de sólidos inorgánicos se sedimentan.

**MANTENIMIENTO:** La limpieza de los desarenadores consiste básicamente en retirar las arenas que se sedimentan en su fondo y limpiar las paredes y compuertas. Entre las actividades que deben realizarse están:

#### DIARIAMENTE:

- Los desarenadores deben limpiarse por lo menos una vez, de preferencia por la mañana. Las arenas deben retirarse con una pala, colocándolas en un depósito para luego trasladarlas a los patios de secado para su escurrimiento.

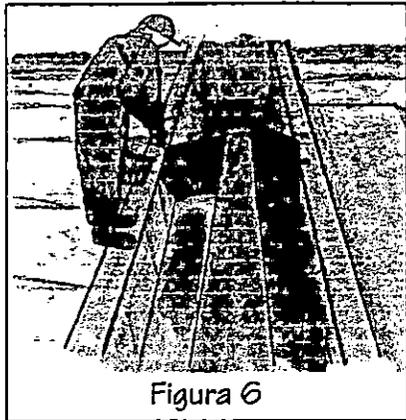


Figura 6

- Los canales se alternarán diariamente, es decir, que mientras uno está en operación el otro se debe secar y limpiar, quedando libre de sedimentos o agua estancada.

- En caso de lluvias muy fuertes deben operarse los dos canales al mismo tiempo, cuando realice la limpieza de los desarenadores, en estas condiciones se debe limpiar comenzando del extremo final del canal, en el sentido contrario del flujo y utilizando una pala con perforaciones laterales que permita el drenado de arena.

#### SEMANALMENTE:

- Recuerde lavar paredes y pisos con una escoba o cepillo plástico y así evitará que se proliferen insectos y malos olores debido a los sedimentos que queden sobre éstos

#### MENSUALMENTE

- Deben engrasarse los tornillos y aquellas partes que sirven para la abertura y cierre de las compuertas.

#### ANUALMENTE:

- Se deberán revisar los canales desarenadores, si se encuentran daños repararlos, así como también las placas que trabajan como compuertas con el fin de que no se oxiden o se deformen, si se encuentran puntos de corrosión, deben lijarse y pintarse.

#### DISPOSICIÓN DE DESECHOS:

- Las arenas pueden ser depositadas en los lechos de secado para su escurrimiento, después deben enterrarse con los otros desechos.

#### 2.1.3 MEDIDORES DE CAUDAL

Estos dispositivos son utilizados para medir la cantidad de agua que entra a la planta de tratamiento, de manera que pueda llevarse un registro de los caudales, conociéndose las fluctuaciones diarias promedios y así verificar que no sobrepase el caudal de diseño.

Para la medición de caudal se utilizan diferentes tipos de medidores como son: Parshall, Vertederos, etc., a su vez los medidores tipo vertedero pueden ser de diferentes formas: rectangulares, semi circulares, triangulares y otros. En todos se efectúa el mismo proceso el agua pasa a través de ellos, se mide con una regla o

cinta métrica la altura del agua (tirante) en el punto de medición y se determina el valor del caudal por medio de tablas diseñadas para cada uno.

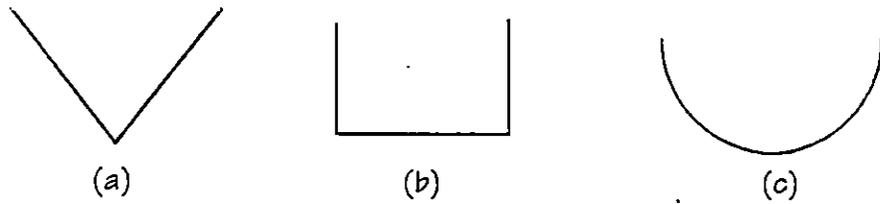


Figura 7 : Distintas secciones de vertederos.  
 (a) Triangular, (b) Rectangular, (c) Semi-circular

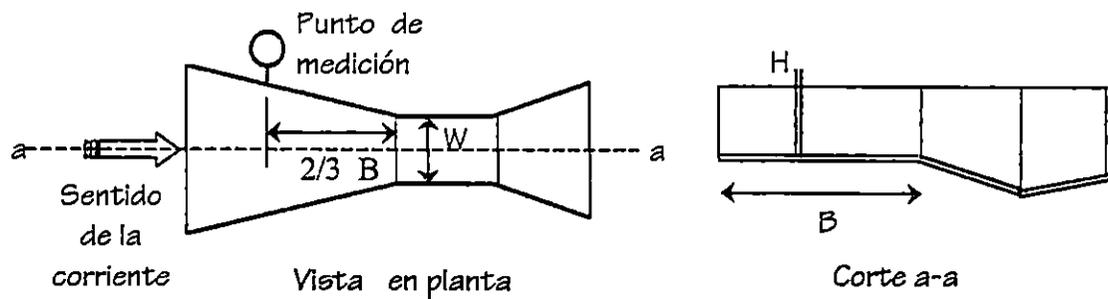


Figura 8: Medidor tipo Parshall

MANTENIMIENTO: éste consiste en el aforo o medición diaria del caudal, la limpieza de las paredes y pisos del elemento. Las actividades a realizar serán las siguientes:

DIARIAMENTE

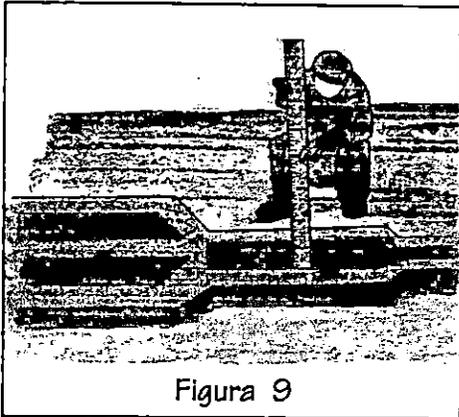


Figura 9

- Debe realizar dos mediciones del caudal instantáneo entrante, esto lo hará una vez por la mañana y la otra por la tarde

- En caso de que el dispositivo no cuente con un instrumento para la medición del tirante de agua (regla graduada), esta lectura puede tomarse introduciendo una cinta métrica en forma vertical en el punto de medición.
- Luego de tomada la lectura, se procede a buscar en la tabla de caudales (según el tipo de medidor) el valor correspondiente al caudal.
- Generalmente las tablas de caudal tienen el siguiente formato:

H = Altura del tirante (cm.)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
En esta columna debe buscar el valor que se ha medido con la regla graduada. Ej:	En esta columna se lee el valor del caudal.
30	5.6
35	6.1
40	6.7

Si el valor tomado con la regla es 30 centímetros, el caudal será 5.6 m<sup>3</sup>/s, que es el valor que está a la par de 30 centímetros.

Es responsabilidad de los supervisores proporcionar a los operadores las tablas de caudal, las cuales pueden elaborarse a partir de los modelos presentados en el anexo del Formulario A.

#### SEMANALMENTE:

- Recuerde limpiar las paredes, piso y cinta de medición para evitar la acumulación de sedimentos y residuos así como también la proliferación de insectos en éstas, para esta actividad se podrá utilizar una escoba o un cepillo plástico de mango largo.

#### ANUALMENTE:

- Revisar el dispositivo en general por si presenta deterioro, y así poder tomar las medidas correctivas adecuadas.

En caso que las paredes interiores de los canales desarenadores y del medidor se encuentren agrietadas o se desmoronen se podrán repellar con una mezcla fina de mortero, teniendo cuidado en no alterar las dimensiones originales de éstos. para elaborar la mezcla, la arena debe colarse por la malla 1/16" conocida comúnmente como "cedazo", y utilizar una parte de arena por dos partes de cemento.

CUADRO 1: PROBLEMAS MÁS COMUNES DE LOS ELEMENTOS DEL TRATAMIENTO PRELIMINAR Y SUS POSIBLES CAUSAS.

PROBLEMA	CAUSAS
Rebalse del canal de rejillas	<ul style="list-style-type: none"> <li>No hay by-pass o está obstruido</li> <li>El caudal que llega es mayor que el de diseño</li> </ul>
Paso de sólidos grandes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Posible ruptura y oxidación de las rejillas</li> <li>Separación de rejillas no corresponde a la del diseño.</li> </ul>
Reflujo de aguas residuales o ahogamiento de la tubería de entrada	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alto contenido de sólidos retenidos en las rejillas</li> </ul>
Entra flujo al desarenador que no está operando.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Compuertas de entrada y salida corroídas</li> <li>Las compuertas no sellan correctamente</li> </ul>

PROBLEMA	CAUSAS
No se drena el canal a pesar de estar abierta la válvula o compuerta de drenado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paso del agua por la compuerta de entrada</li> <li>• Válvula tapada u obstruida</li> </ul>
Reflujo de aguas residuales o ahogamiento de la tubería de entrada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se remueve la arena que se azoiva aguas arriba de las rejillas</li> </ul>
Moscas, roedores y malos olores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desechos esparcidos al aire libre</li> <li>• No se entierran los desechos después de ser retirados de los elementos</li> <li>• Alta retención de materia fecal o animales muertos en las rejillas y desarenadores.</li> <li>• Retención de arenas en el piso de rejillas</li> <li>• Falta de limpieza,</li> <li>• Falta de control de vectores y roedores</li> </ul>
Ahogamiento del canal después del medidor de caudal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obstrucción a la salida del canal</li> <li>• Niveles de salida de las unidades ubicadas aguas arriba son mayores</li> </ul>
Lectura del tirante muy alta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obstrucción a la salida del canal</li> </ul>
Muy baja la lectura del tirante	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obstrucción del tubo de entrada a la planta</li> </ul>
Azolvamiento de los medidores de caudal tipo vertedero	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se limpian los desechos aguas arriba de éstos</li> <li>• El desarenador no trabaja como debe.</li> </ul>

## 2.2 ELEMENTOS DEL TRATAMIENTO PRIMARIO

### 2.2.1 TANQUE SEDIMENTADOR PRIMARIO

La finalidad del tratamiento por sedimentación es eliminar el material flotante que contiene el agua residual, por lo tanto, reduce el contenido de sólidos sedimentables y en suspensión de ésta.

Estos tanques eliminan cerca del 40 o 60 por ciento de sólidos suspendidos totales de las aguas residuales y la DBO disminuye en un 25 a 40 por ciento.

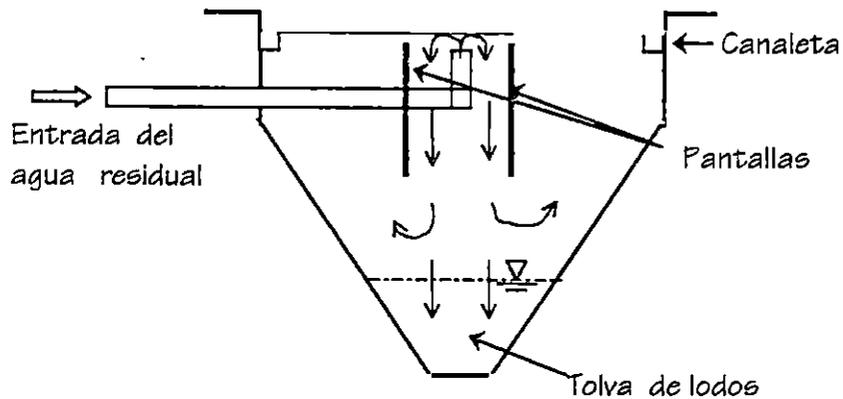


Figura 10: Tanque Dortmund

El agua residual proveniente del tratamiento preliminar es transportada generalmente al tanque por medio de una tubería ubicada en el centro de éste, que la distribuye de manera uniforme, para facilitar la sedimentación se utilizan placas o

pantallas deflectoras concéntricas, que pueden tener forma cuadrada o circular, en donde, además se retiene material y lodos flotantes. Los sólidos sedimentables descienden por medio de la gravedad hacia un punto más bajo del fondo del tanque (tolva de lodos o embudo), donde se depositan para luego ser extraídos por medio de bombeo o por gravedad hacia el digestor de lodos.

El agua luego de descender y pasar bajo la placa deflectora ascienden para ser recolectadas por una canaleta perimetral, es decir, una canaleta que corre alrededor del tanque, desde donde será transportada a la siguiente unidad de tratamiento.

**MANTENIMIENTO:** Ésta consiste en la limpieza constante del elemento. Se deben realizar las siguientes actividades:

**DIARIAMENTE:**

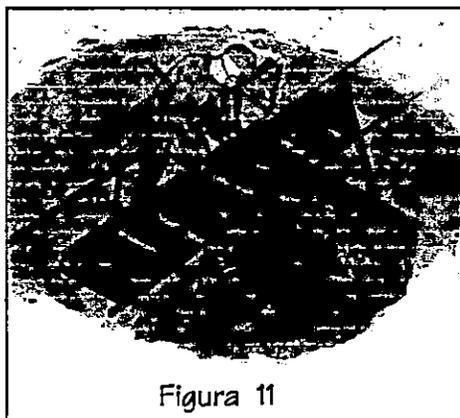


Figura 11

- Retire las natas, espumas y sólidos flotantes que se acumulan en la superficie de la pantalla deflectora con un colador de malla de alambre galvanizado.

Las natas y demás flotantes deben retirarse para evitar el desarrollo de insectos y olores desagradables.

- Los sólidos y natas recolectados deben ser trasladados a los patios de secado para su escurrimiento.

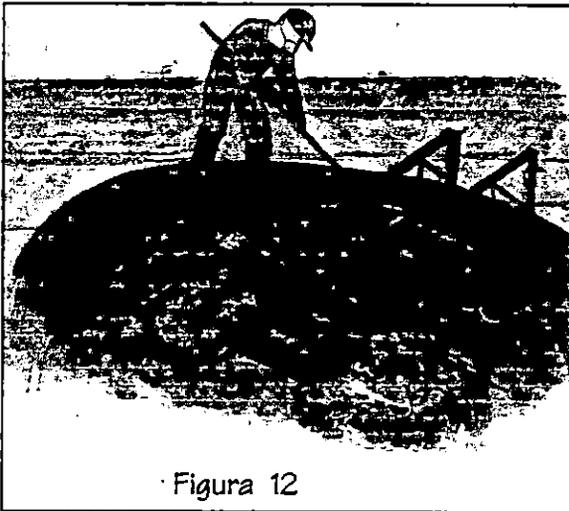


Figura 12

- Limpie con una escoba plástica el canal perimetral para evitar sedimentos y que éste se vuelva resbaloso.

- Recuerde realizar la extracción de lodos dos veces, una por la mañana y otra por la tarde con un período de espaciamiento de siete horas, es decir, si se realiza la extracción a las 9:00 de la mañana la siguiente debe hacerse a las 4:00 de la tarde.
- Anote las horas y el tiempo que dura la descarga en los formularios de control.
- Durante la épocas de lluvia debe retirarse el agua que se filtra a las cajas de inspección y de visita y también la que se acumula en las tapaderas de éstas.

#### SEMANALMENTE:

- Limpiar con agua a presión la caja de inspección, distribuidora y de conexión al digestor y así evitará obstrucciones en éstas.

#### UNA VEZ AL AÑO:

- Para evitar que se corroa la pasarela del tanque debe revisarse, si se encuentran puntos de corrosión lijarlos y pintar.
- Revisar la estructura, En caso de tanques no enterrados verificar que no hallan filtraciones; si los vertederos y/o pantalla deflectora son metálicos, deben localizarse los puntos de corrosión, lijarse y pintarse. Si alguno o todos los elementos mencionados son de concreto, y presentan fisuras, grietas o desmoronamiento deben repararse aplicando una mezcla fina de mortero, según se recomienda en la página 251 de este manual.
- Verificar que las tapaderas de las cajas y pozos de inspección o de visita se encuentren en buen estado, si se observan puntos de corrosión deben ser lijados y pintados.

CUADRO 2: PROBLEMAS MAS FRECUENTES DE LOS TANQUES

SEDIMENTADORES TIPO DORMUND Y SUS CAUSAS

PROBLEMA	CAUSAS
Deterioro y corrosión de las pantallas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Falta de mantenimiento adecuado</li> <li>Falta de limpieza y en caso de láminas falta de pintura anticorrosiva.</li> </ul>
Lodo flotante y algunas algas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Falta de limpieza sobre los sedimentadores</li> <li>Línea de extracción de lodos tapada</li> <li>Válvula de extracción descompuesta</li> </ul>
Agua residual de color negro y olor séptico	<ul style="list-style-type: none"> <li>La tubería de extracción de lodos se encuentra dañada</li> <li>Purga de lodos insuficiente</li> <li>Período insuficiente de purga</li> <li>Presencia de desechos orgánicos industriales en el agua residual</li> <li>La materia fecal se descompone en el alcantarillado</li> </ul>
Rebose de espuma hacia la canaleta perimetral	<ul style="list-style-type: none"> <li>Remoción de espuma inadecuada</li> <li>Presencia de desechos</li> <li>Pantalla deflectora sumergida, deteriorada o a nivel del agua</li> </ul>
Dificultad para remover el lodo de la tolva	<ul style="list-style-type: none"> <li>Excesiva acumulación de arena, arcilla u otros</li> <li>La tubería de extracción se encuentra obstruida</li> </ul>
Acumulación de material flotante en la superficie del sedimentador	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rejilla mal operada o dañada</li> </ul>
Excesiva sedimentación en el canal de salida	<ul style="list-style-type: none"> <li>Baja velocidad del agua residual</li> </ul>
Cultivo de algas en el canal de salida y vertederos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acumulación de sólidos</li> </ul>

### 2.2.2 TANQUE IMHOFF

El tanque Imhoff es un dispositivo que consta de dos partes, la parte superior, donde se efectúa la sedimentación de los sólidos contenidos en las aguas residuales; y la parte inferior donde se efectúa la digestión de éstos.

La forma de estos tanques impide que los sólidos separados de las aguas residuales que circulan en la parte de arriba, se mezclen con los sólidos sedimentados que se depositan en el fondo para su descomposición en la misma unidad.

Este tratamiento proporciona un mejor efluente que el tanque sedimentador normal, realizando un tratamiento biológico, eliminando así un 40 a 60 por ciento de sólidos suspendidos y reduciendo la DBO en un 25 a 35 por ciento.

El compartimento de sedimentación (A) está formado por dos paredes inclinadas separadas en el fondo por una ranura (C), en el fondo una de las paredes se prolonga unos 15 centímetros más abajo de la ranura, lo que impide que los lodos y gases que hay en la parte inferior no escapen hacia el compartimento de sedimentación, éstos, al poder salir por aquí se acumulan en las cámaras de natas y gases (D) prevista para ello.

La parte inferior o cámara de digestión(B), proporciona las condiciones para la descomposición del lodo por un proceso anaerobio.

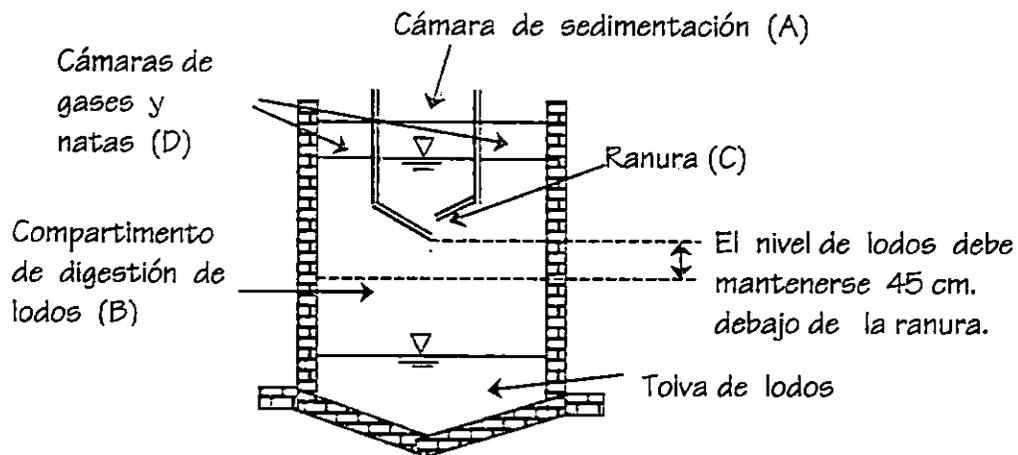


Figura 13: Tanque Imhoff

**MANTENIMIENTO:** Éste consiste en retirar las natas y sólidos flotantes además de otras actividades que se describen a continuación.

**DIARIAMENTE:**

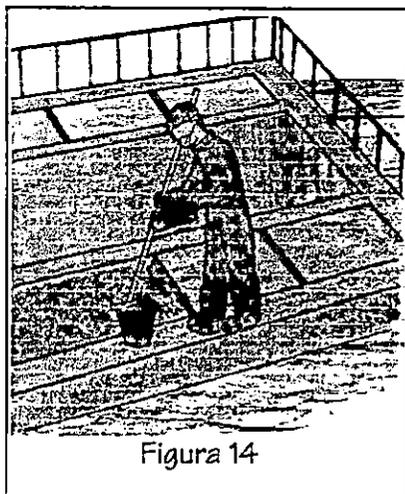


Figura 14

- Recuerde retirar con un colador de malla metálica las natas y sólidos flotantes que se hayan formado sobre la superficie de la cámara de sedimentación.

- Estos desechos deben ser depositados en los patios de secado para su escurrimiento.
- Tenga presente revisar las tuberías o canales de entrada para verificar que no hayan obstrucciones. En caso de que esto suceda limpiar con agua a presión y retirar los sólidos que causan tal obstrucción.
- Mantener los pasillos limpios y secos para evitar posibles accidentes.

#### SEMANALMENTE:

- Revisar que la ranura del compartimento de sedimentación no se encuentre obstruida introduciendo una vara de aproximadamente 3 metros de longitud, moviéndola a lo largo del fondo del compartimento, si la ranura está obstruida, podrá sentirse como se atasca la vara y para limpiarla bastará con empujar el material, en caso que sean lodos los que causan la obstrucción, si lo que se encuentra atrapado es un objeto más grande puede utilizarse la vara y el colador para extraerlo.
- Revisar que el espesor de natas en la cámara de natas no sobrepase de 90 cm., y de ser así proceder a retirarlas con la ayuda de un colador y un recipiente adecuado para depositar las natas recolectadas. Se puede medir este espesor con una vara (como la utilizada para revisar la ranura) a la que se le enrolla en un extremo un lazo hecho con tira de tela blanca.

Para medir la profundidad de los lodos contenidos en el tanque puede utilizarse una vara larga (5 metros o de acuerdo a la profundidad del tanque) a la que se le ha enrollado un lazo de tiras de tela absorbente blanca de preferencia en uno de los extremos, como la utilizada para medir las natas, sólo que más

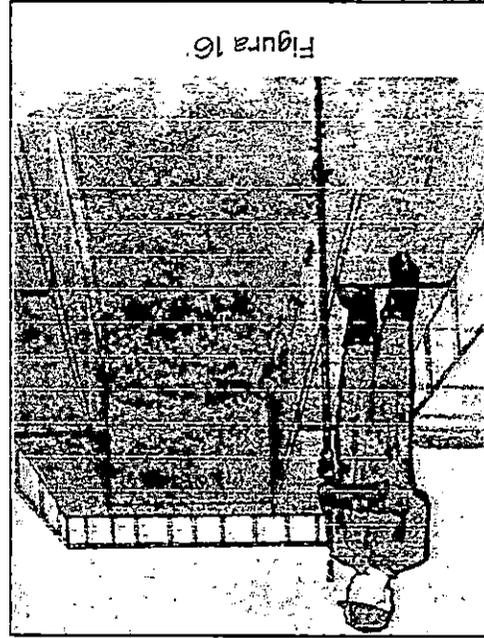


Figura 16

- La medición de lodos debe efectuarse mensualmente.

### MEDICIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE LODOS

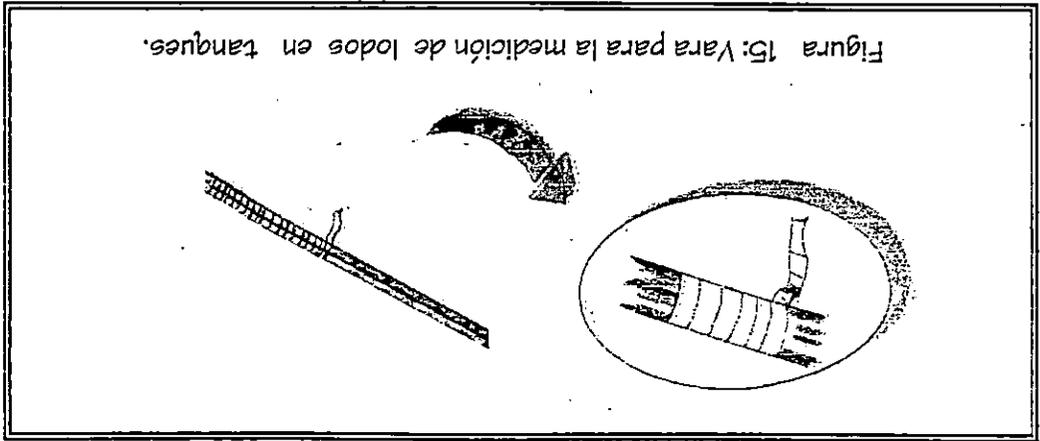


Figura 15: Vara para la medición de lodos en tanques.

- La tela debe abarcar por lo menos  $\frac{2}{3}$  de la vara, es decir, si la a vara mide 5 metros la tela debe abarcar  $\frac{2}{3}$  de 5, que son 3.30 metros.

$$\left(\frac{2}{3}\right) \times 5 = \frac{(2 \times 5)}{3} = \frac{10}{3} = 3.33$$

- Descargar los lodos antes de que su nivel llegue cerca de 45 cm. de distancia de la ranura del compartimento de sedimentación (Ver la figura 12):

**IMPORTANTE:**

El supervisor puede establecer una rutina de extracción de lodos basándose en la información proporcionada por el formulario D y la experiencia del operador.

**¡ NO OLVIDAR !**

Luego de realizar la extracción de lodos limpiar y lavar la tubería de extracción.

**ANUALMENTE**

- Revisar la estructura, en caso de tanques no enterrados debe verificarse que no presenten filtraciones en las paredes.

- También deben revisarse los vertederos, medidores de caudal, válvulas, cajas de inspección y de visita y demás elementos auxiliares del tanque, y repararlos si se encuentran dañados.

CUADRO 3: PROBLEMAS MAS COMUNES DE LOS TANQUES  
SEDIMENTADORES TIPO IMHOFF Y SUS POSIBLES CAUSAS

PROBLEMA	CAUSAS
Acumulación de gases	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de respiraderos</li> <li>• Respiraderos obstruidos</li> </ul>
Exceso de lodo flotante	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exceso de lodo en el reactor</li> <li>• Excesiva producción de gas</li> </ul>
Arrastre de sólidos en el efluente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sobrecarga del reactor</li> <li>• Carga hidráulica muy grande</li> </ul>

### 2.2.3 LAGUNAS DE ESTABILIZACION

Las lagunas son estanques diseñados para el tratamiento de las aguas negras por medio de la interacción de la biomasa (principalmente bacterias y algas).

La función de las lagunas es estabilizar la materia orgánica, se diferencia de otros elementos de tratamiento por su gran capacidad para remover los patógenos de las aguas negras, realizando una descomposición biológica natural, normalmente se

diseña el proceso para la remoción de DBO, sólidos suspendidos y coliformes totales. Además, las lagunas pueden funcionar como elementos para el tratamiento primario y también como tratamiento secundario.

Las lagunas de estabilización pueden ser anaerobias, facultativas y aerobias; pero ya que las lagunas aerobias funcionan con equipo electromecánico para mantener la cantidad de oxígeno adecuada en ellas, aquí se incluirán sólo los procesos anaerobio y facultativo.

Lagunas anaeróbicas: Este proceso opera bajo una condición de ausencia de aire, se caracterizan por el color gris o negro de las aguas depositadas en ellas. De acuerdo a la temperatura ambiente y período de retención ( de 1-2 días ) el porcentaje de remoción de DBO en estas lagunas es del 60-80 por ciento, si son sistemas lagunares (2 o mas lagunas).

Lagunas facultativas: este proceso de tratamiento se caracteriza por tener una zona aerobia en la parte superior (donde existe la interacción entre algas y bacterias) y zona anaerobia en la parte inferior. La parte aerobia recibe oxígeno por la acción del viento, con el cual las algas pueden realizar la fotosíntesis, lo que le da a este tipo de lagunas su color verde característico. Esta lagunas

contribuyen a la remoción de patógenos a través del largo período de retención hidráulica típico en el diseño y la mortalidad causada por los rayos ultravioleta del sol.

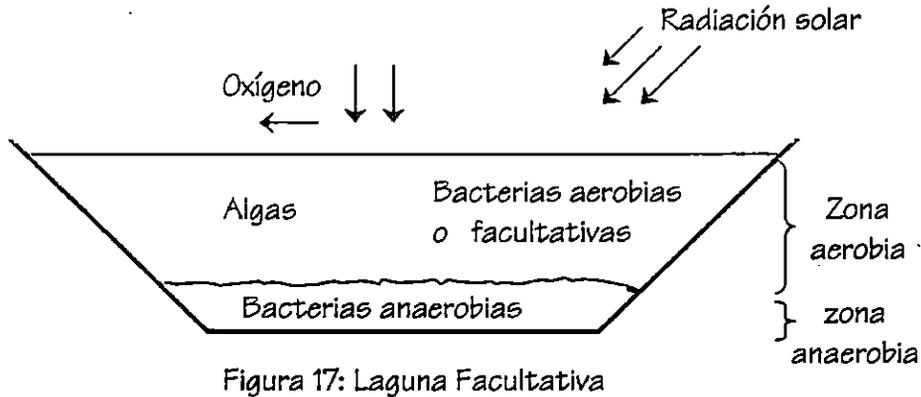


Figura 17: Laguna Facultativa

**MANTENIMIENTO:** En las lagunas de estabilización, éste consiste en la remoción de sólidos flotantes y natas, las actividades a realizar se describen a continuación:

**DIARIAMENTE:**

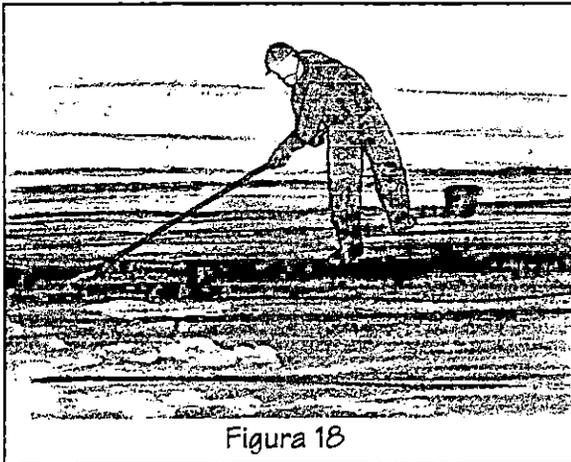


Figura 18

- Recuerde retirar las natas y sólidos flotantes que se acumulan en las esquinas de las lagunas, por la mañana y por la tarde, para esta actividad utilizar un colador para recolectar los desperdicios

Los desperdicios deben ser depositados en un balde antes de proceder a su disposición final.

- Las natas que se recolecten serán expuestas al sol para que se sequen antes de ser enterradas.
- Es importante revisar las tuberías de entrada y los distribuidores de caudal para verificar que se encuentren limpios y libres de obstrucciones.

**TENGA PRESENTE:**

Deben realizarse dos mediciones de caudal diarias, una al comenzar las labores y otra al final de la jornada de trabajo.

No se olvide de registrar estos datos, para esto puede utilizarse el formulario A

- En caso de no existir dispositivos para la medición del caudal a la entrada de cada laguna, el trabajo del operador consistirá en medir el tirante de agua en las tuberías o canaletas de entrada y salida, anotándolas en los formularios de control.

### ES RESPONSABILIDAD DEL SUPERVISOR

- La elaboración de tablas de calibración de las tuberías o canaletas, de manera que conociendo el tirante de agua, pueda conocerse el caudal.

### SEMANALMENTE:

- Recuerde que las orillas de las lagunas deben mantenerse limpias, podando el césped, para lo cual hay que tener presente que se debe dejar una faja limpia de aproximadamente 20 cm. por encima del borde de agua, para evitar la proliferación de insectos y roedores.

### ¡NO OLVIDE!

- Dejar secar el césped podado para luego enterrarlo.
- Tenga presente que hay que inspeccionar el estado de la superficie de los taludes, pues si éstos se dañan pueden derrumbarse y caer dentro del agua, lo que afectaría la eficiencia de las lagunas.

### CONTROL DE ENTRADA Y SALIDA

Todas las lagunas de estabilización deben contar con dispositivos de control de entrada y salida del agua, que permitan el vaciado completo de éstas en caso de ser necesario.

- Para evitar la proliferación de mosquitos u otros insectos se debe oscilar el nivel de las lagunas como una medida de solución, esto se logra con los dispositivos de control de entrada y salida, vaciándola un poco.

**IMPORTANTE:**

- Hay que observar continuamente que la laguna no presente tendencia a secarse o rebalsarse, si se diera el caso notificar inmediatamente a la supervisión, o en su ausencia, a la autoridad de saneamiento local
- Verificar que el nivel de agua se mantenga constante.

**MEDICIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE LODOS**

Por lo menos una vez al año, se debe medir la profundidad de los lodos, si se llega a pasar de 50 cm. se debe proceder a la extracción de éstos.

La forma de medir la acumulación de lodos es haciendo uso de una vara de unos 7 metros de largo, o dependiendo de la profundidad de la laguna, que tenga la extremidad inferior pintada de blanco o revestida de una tela absorbente de color claro, para medir los lodos que se adhieran o manchen la vara,

Esta vara se introduce en la laguna procurando que permanezca en posición vertical hasta que alcance el fondo, se deja por un momento sumergida y se saca despacio, se mide la altura marcada por los lodos y se registra en el formulario correspondiente.

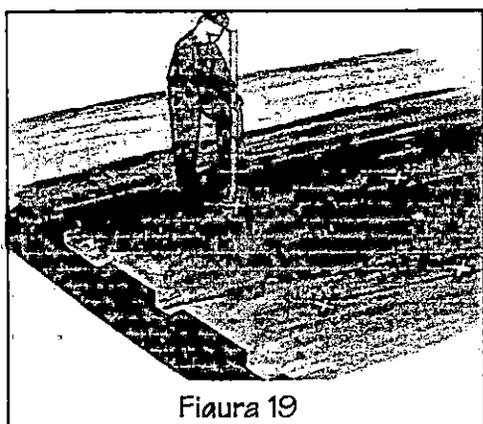


Figura 19

- El supervisor debe especificar el número de medidas y el lugar de las mismas dependiendo del tamaño y tipo de laguna.

## REMOCIÓN DE LODOS

Para la remoción de lodos, las lagunas de estabilización deberán drenarse hasta alcanzar el nivel mínimo, en estas condiciones el lodo quedará expuesto al ambiente, es de hacer notar que el secado es exclusivamente por evaporación.

En climas cálidos, como el caso de nuestro país, el lodo de una laguna se seca en un período de 4 a 6 semanas, formando grietas en forma similar que en los lechos de secado.

Los lodos deben removerse a las 2 o 3 semanas de estar expuestos al medio ambiente. El lodo seco puede almacenarse en pilas de aproximadamente 2 metros de altura previo a su uso como abono.

CUADRO 4: PROBLEMAS MAS COMUNES DE LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN Y SUS POSIBLES CAUSAS

PROBLEMA	CAUSAS
Condiciones sépticas	Si las lagunas son llenadas inicialmente sólo con aguas residuales (puesta en marcha)
Acumulación de flotantes cerca de los vertederos y obturación de la estructura de entrada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mala construcción y diseño de las obras de arte</li> </ul>
Lavado o erosión de taludes durante fuertes tormentas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No contar con canales de excedencia</li> </ul>
Asentamiento e infiltraciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mal diseño</li> <li>• Mala construcción</li> <li>• Madrigueras de roedores por la vegetación sobre los bordes</li> <li>• Taludes erosionados</li> </ul>
Tendencia de la laguna a secarse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desviaciones de caudal durante el transporte del agua hasta la planta</li> <li>• Obstrucciones</li> <li>• Distribución incorrecta del caudal</li> <li>• Posibles fugas en los bordos o en el fondo de la laguna</li> <li>• Sequía con la consiguiente disminución en la lluvia y en el caudal de aguas residuales</li> <li>• Deterioro de alguno de los diques</li> </ul>

PROBLEMA	CAUSAS
Tendencia de la laguna a desbordarse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En épocas de avenidas fuertes</li> <li>• Obstrucciones en las salidas</li> <li>• Asentamiento o erosión de los bordes</li> </ul>
Producción de malos olores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al inicio de la operación cuando el llenado de las lagunas es lento</li> <li>• Presencia de sustancias tóxicas que impidan el desarrollo de algas, que generan el oxígeno necesario para la oxidación de la materia, lo que produce la falta de nutrientes</li> <li>• Sobrecarga de materia orgánica, la cual puede deberse a una disminución en el tirante de agua.</li> <li>• La capacidad de tratamiento ha sido rebosada o a la acumulación de sólidos en áreas específicas de la laguna</li> </ul>
Variaciones en el color del agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materias flotantes que impiden el paso de la luz solar que interrumpen o minimizan el proceso de fotosíntesis lo que disminuye la producción de oxígeno por parte de las algas, (para el caso de lagunas facultativas)</li> <li>• Altas temperaturas, lo que provoca la afloración a la superficie de aglomeraciones de lodos existentes en el fondo.</li> <li>• Variaciones en el volumen, carga orgánica, temperatura o turbiedad.</li> <li>• Las variaciones en el color generalmente van acompañadas de la producción de malos olores</li> </ul>
Tubificación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plantas sobre los bordes</li> <li>• Vegetación acuática enraizada</li> </ul>

PROBLEMA	CAUSAS
Sobrecarga	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de tratamiento ha sido rebasada</li> <li>• Se presentó alguna nueva descarga con alto contenido de materia orgánica que no fue prevista en el diseño</li> </ul>
Mosquitos, moscas, roedores y otros animales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maleza en los bordes de las lagunas</li> <li>• Plantas flotantes que se convierten en nidos para el crecimiento de insectos</li> <li>• Presencia de natas y materias flotantes</li> <li>• Lodos dispersos sobre el piso de las instalaciones</li> </ul>

## 2.3 ELEMENTOS DEL TRATAMIENTO SECUNDARIO

### 2.3.1 PERCOLADOR BIOLÓGICO

Este dispositivo pone en contacto las aguas residuales provenientes del tratamiento primario con cultivos biológicos, fijados en materiales que puede ser generalmente: basalto, granito, piedra volcánica, o algún otro tipo de piedra, también es utilizado material sintético que sirven como soporte a los cultivos. Este proceso tiene una eficiencia de remoción de DBO del 60 al 70 por ciento.

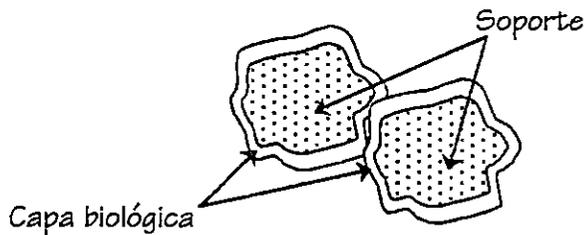


Figura 20: Soporte y Capa biológica

Los percoladores realizan su proceso a través de las siguientes partes:

- Distribuidores de caudal: estos pueden ser fijos o rotativos y sirven para la distribución de las aguas negras en la superficie del lecho filtrante.
  
- Lecho o medio filtrante: se considera el dispositivo más importante en el tratamiento biológico. La materia orgánica presente en el agua residual es degradada por una población bacteriana que se encuentra en los medios de contacto. Estos medios de contacto tienen por objeto, además de servir de soporte del cultivo biológico que se desarrolla en su superficie, permitir la circulación del aire necesario para que se realice el proceso aerobio del tratamiento.
  
- Sistema recolector: los colectores satisfacen dos propósitos:
  1. Proporcionar ventilación al filtro: La ventilación en la planta se logra mediante los recolectores los cuales permiten la circulación del aire hacia el

medio filtrante. El aire en los filtros se mueve generalmente de abajo hacia arriba en el medio filtrante durante la mayor parte del tiempo, dándole la condición aeróbica al filtro.

2. Retirar las aguas que han pasado a través del filtro: El agua residual filtrada y parte de los sólidos desprendidos del lecho filtrante pasan a la unidad recolectora de donde son transportados a la siguiente unidad de tratamiento.

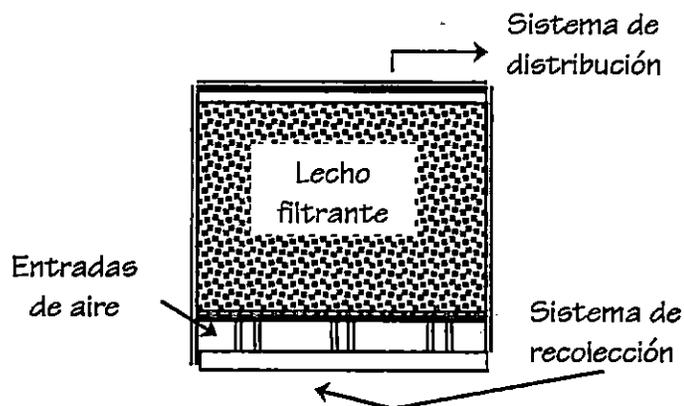


Figura 21: Corte transversal de un percolador

**MANTENIMIENTO:** En general, éste consiste en la limpieza de las canaletas de distribución y recolección, así como también de las ventanas de aireación.

Las actividades a realizar se describen a continuación:

DIARIAMENTE:



Figura 22

- Al comenzar las actividades diarias recuerde limpiar las canaletas de distribución y retirar los sólidos que se encuentren en ellos, de esta manera se evitará que se obstruyan, o el flujo no se distribuya de forma uniforme.

- Recuerde mantener la superficie del medio filtrante libre de hierbas o cualquier acumulación de hojas u otras basuras, ya que éstas pueden causar encharcamientos, además al podrirse pueden generar olores desagradables y criadero de insectos.



Figura 23

- Limpiar los canales de entrada y salida, barriendo con una escoba y retirando con una pala las basuras que puedan encontrarse en éstos.
- Los desechos recolectados de la limpieza se deben depositar en los patios de secado para escurrirse antes de su disposición final.

- Observar que la distribución del agua sobre la superficie del lecho filtrante sea uniforme. Los indicadores de una mala distribución son los encharcamientos y las zonas muertas, en caso de que éstos se presenten debe notificarse al supervisor.



- Eliminar con un chorro de agua a presión cualquier rastro de lodo en las canaletas de salida y en las aperturas de aireación.

#### ANUALMENTE :

- Revisar la estructura para localizar posibles puntos de corrosión en los vertederos metálicos, de ser así, proceder a aplicar pintura anticorrosiva o repararlos. En caso de vertederos construidos con concreto, debe verificarse que no hayan grietas o fisuras, y en caso de encontrarlas proceder a aplicar una mezcla fina de mortero, según se recomienda en la página número 251 de este manual.

**CUADRO 5: PROBLEMAS COMUNES DE LOS PERCOLADORES BIOLÓGICOS  
Y SUS POSIBLES CAUSAS**

PROBLEMA	CAUSAS
No llega agua al filtro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El canal de llegada probablemente está Obstruido o sucio</li> </ul>
Distribución no uniforme del agua sobre la superficie del filtro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obstrucción de los canales de distribución</li> <li>• Incorrecta nivelación de los vertedores</li> <li>• Fuga de un canal o vertedor</li> <li>• En el caso de distribuidores fijos, distribución inadecuada de vigas canal</li> </ul>
Encharcamientos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El tamaño del material de soporte no es el recomendado.</li> <li>• El filtro se encuentra saturado de la película biológica</li> <li>• Mala distribución del agua de entrada</li> <li>• El tanque de sedimentación primaria no opera eficientemente</li> <li>• La instalación no corresponde al tamaño de la planta.</li> </ul>
Obstrucción del medio filtrante	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Piedra del lecho filtrante con diámetro muy pequeño.</li> <li>• Drenes sucios</li> </ul>

### 2.3.2 REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE (RAFA)

Es un tratamiento secundario que funciona a través de un proceso anaerobio, el cual, como ya se estudió antes, descompone la materia orgánica por la acción de los microorganismos ante la ausencia de oxígeno.

El caudal de agua residual que ingresa por el fondo del tanque, siendo este

distribuido uniformemente, lo que facilita la formación de un colchón o manto de

lodos suspendido (A), con el cual se pone en contacto el agua residual. La

degradación anaerobia de la materia orgánica ocurre en este lecho de lodo.

Después de pasar por este colchón de lodos el agua residual, junto con el gas que

se produce de la descomposición anaerobia y algunas partículas de lodo ascienden

hacia la superficie del reactor. Para evitar que las partículas de lodo escapen

junto con el agua, se ubica una pantalla o baffle (B) donde éstas quedan

atrapadas, el gas es recolectado en una campana (C) situada sobre el baffle y el

agua ya tratada es recolectada por una canaleta (D)

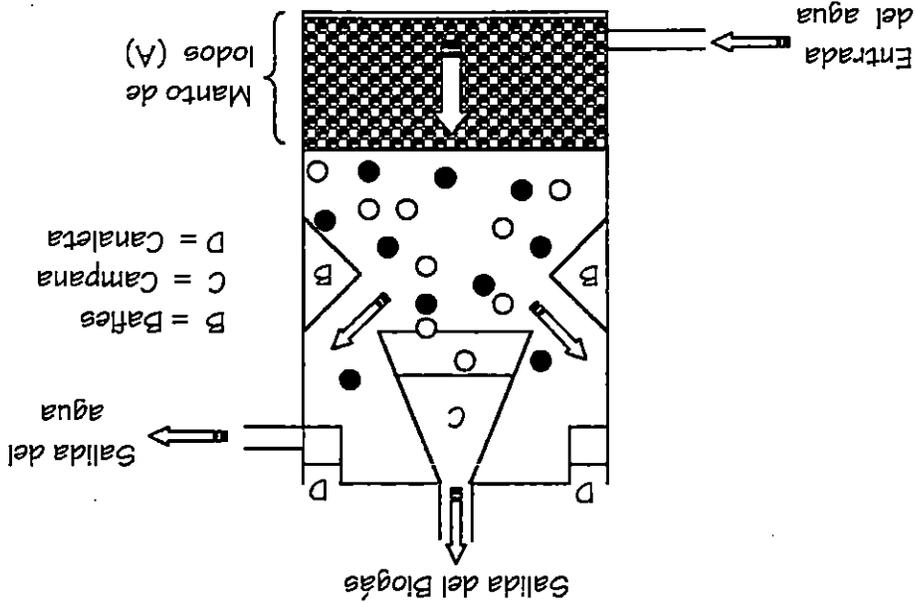


Figura 25: Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente

La campana recolectora de gas puede ser cerrada o abierta, en caso de que sea cerrada, debe estar equipada con una compuerta para la limpieza de las natas o lodos que se acumulan en ella, además sirve también para las inspecciones.

#### IMHOFF MODIFICADO A REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE

En nuestro país, algunos tanques sedimentadores tipo Imhoff han sido modificados a reactores anaerobios de flujo ascendente (RAFA), para esto, se invierte el flujo en estos tanques, es decir, que entrará por abajo y saldrá por las canaletas de distribución, que pasarán a actuar como canaletas recolectoras.

Los gases, en lugar de ser capturados por una campana buscarán la salida hacia la cámara de natas y gases de los Imhoff; la ranura del compartimento de sedimentación sirve en este caso para impedir que los gases y partículas de lodos salgan junto con el agua residual tratada.

Como podemos observar, un tanque Imhoff puede ser fácilmente convertido en un RAFA, ya que los elementos que constituyen el primero, se adaptan fácilmente a los que necesita el RAFA. Por tanto su operación y mantenimiento no varían, y para cualquier caso, RAFA o Imhoff modificado, será la misma.

**MANTENIMIENTO:** Su mantenimiento consiste en la remoción de natas y sólidos flotantes. A continuación se presentan las actividades que deben realizarse en la operación de este elemento:

**DIARIAMENTE:**

- Limpiar los vertederos de los canales de recolección y de alimentación, para que el agua fluya uniformemente, esta labor puede realizarse con la ayuda de una escoba plástica y una manguera.



Figura 26

- Limpiar la capa flotante acumulada en la superficie del reactor con un colador de malla metálica, en caso de tanques cerrados, sin compuertas, esta tarea puede realizarse con menos frecuencia.

**PRECAUCION:**

No intente levantar las tapaderas pesadas o muy grandes sin la ayuda adecuada.

- Los medidores de caudal a la entrada o a la salida del reactor, deben ser limpiados diariamente, también deben medirse y registrarse los caudales en el formulario A.
- Deben anotarse las observaciones que se hagan del efluente y la correspondiente producción de gases (ver el formulario B)

#### PURGA DE LODOS

La purga de lodos consiste en sacar el lodo excedente de los tanques, esto se hace por medio de válvulas, tuberías o canales diseñadas para este fin.

- Los lodos deben purgarse del reactor cuando se alcance el nivel inferior de las campanas y en el caso de Imhoff modificado cuando el nivel del lodo esté a 45 cm. de la ranura.
- Recordar lavar con agua a presión la tubería de purga de lodos después que ésta haya sido utilizada.
- El supervisor debe establecer, con ayuda del formulario D y la experiencia del operador una rutina de purga de lodos, de manera que el lodo contenido en el reactor se mantenga constante.

#### MENSUALMENTE:

- Medir la profundidad de los lodos contenidos en el reactor, para esto puede utilizarse una vara larga (5 metros o de acuerdo a la profundidad del tanque) a la que se le ha enrollado una tela absorbente de preferencia blanca en uno de los extremos, el que se introducirá primero.

La tela debe abarcar por lo menos  $\frac{2}{3}$  de la vara, es decir, si la a vara mide 5 metros la tela debe abarcar  $\frac{2}{3}$  de 5, que son 3.30 metros.

$$\left(\frac{2}{3}\right) \times 5 = \frac{(2 \times 5)}{3} = \frac{10}{3} = 3.33$$

- Es recomendable que el supervisor tome muestras del lodo a purgar para evaluar la calidad del lodo contenido en el reactor.

#### ANUALMENTE:

- Deben revisarse los elementos que forman la estructura como canaletas, vertederos, medidores de caudal, etc. y repararlos siempre que sea posible.
- También deben revisarse y repararse los elementos auxiliares como compuertas, escaleras, barandas, etc.

CUADRO 6: PROBLEMAS MAS COMUNES DEL REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE Y SUS POSIBLES CAUSAS

PROBLEMA	CAUSAS
Acumulación de sólidos en las campanas o cámaras de natas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de remoción periódica</li> <li>• Falta de compuertas que faciliten la limpieza</li> </ul>
Presencia de altas concentraciones de lodo en el afluente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El reactor contiene demasiado lodo</li> <li>• Carga hidráulica demasiado grande</li> <li>• Mala distribución del caudal de entrada</li> </ul>
Disminución de la generación de gases	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El lodo pierde sus condiciones metanogénicas.</li> </ul>
Tubo de alimentación o vertedero ahogado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obstrucción en las tuberías de alimentación.</li> <li>• Niveles inadecuados de los elementos aguas arriba de este punto</li> </ul>

### 2.3.3 LODOS ACTIVADOS

El sistema de lodos activados está formado por los tanques para la aireación, equipo de aireación y tanques sedimentadores secundarios.

La función de los sistemas de lodos activados, como la de el resto de los procesos biológicos, es la de estabilizar el agua residual a través de microorganismos que eliminan y absorben la materia orgánica que contiene el agua residual o la convierte en una masa fácilmente sedimentable. Además por el equipo de aireación que requiere, se sobreentiende que éste es un proceso aerobio.

El agua residual entra a los tanques de aireación por medio de tuberías o canales y se distribuye en los tanques, siendo ésta mezclada por el sistema de aireación junto con un volumen de lodos proveniente de los tanques de sedimentación secundaria, lo que recibe el nombre de "líquido mezcla", el cual luego de cumplir con el tiempo de retención en el tanque de aireación es trasladado a los tanques de sedimentación secundaria donde se forma lodo, que puede ser trasladado a los patios de secado o a los tanques de aireación como "lodo de recirculación".

Para entender como el sistema de lodos activados estabiliza la materia orgánica, hay que estudiar los parámetros esenciales de éste, que son:

a) El volumen de lodo de recirculación: Se recircula lodo para que la población de microorganismos dentro del líquido mezcla cambie constantemente, de manera que se tenga una mayor eficiencia de descomposición de la materia orgánica.

b) El volumen de oxígeno suministrado: Es importante para mantener las condiciones aerobias del proceso.

c) Edad de los lodos: indica el tiempo promedio en que una partícula de lodo es sometida a la aireación. La eficiencia del lodo disminuye con la edad del lodo de recirculación.

- d) Sistema de aireación: Depende de las características del agua residual a tratar, las condiciones técnicas y económicas de la planta, la cantidad de oxígeno que se proporcionará, etc.

## PROCESOS DE LODOS ACTIVADOS

Hay distintos procesos de lodos activados ya que éstos se han modificado para mejorar la eficiencia del proceso, los principales procesos son:

- a) Lodos activados tipo convencional: Consta de un tanque de aireación, un sedimentador secundario y una línea de retorno de lodo. Tanto el agua residual afuente sedimentada como el lodo recirculado entran en el tanque por un extremo y son aireados durante un período de aproximadamente 6 horas. El líquido mezcla se conduce hasta el tanque de sedimentación y cuando se forma el lodo es recirculado al tanque de aireación.

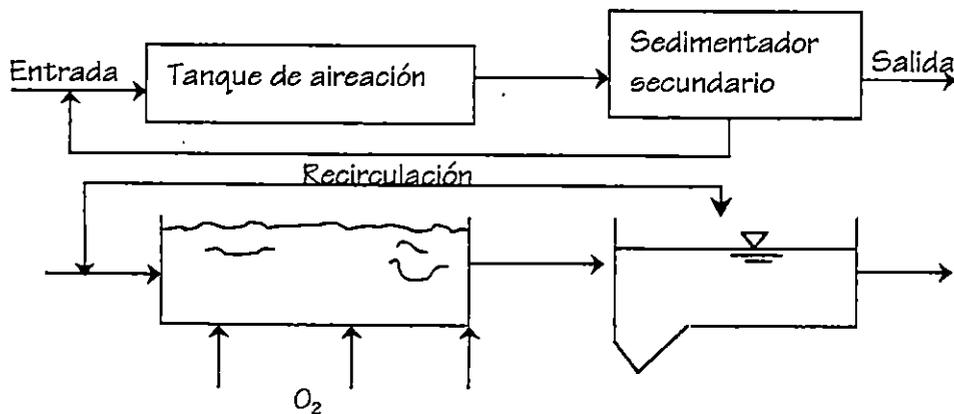


Figura 27: Lodos Activados  
Diagrama de flujo: Sistema Convencional

- b) Mezcla completa: en este sistema el agua residual junto con el lodo de retorno se introducen al tanque por distintos puntos a lo largo de una línea central.

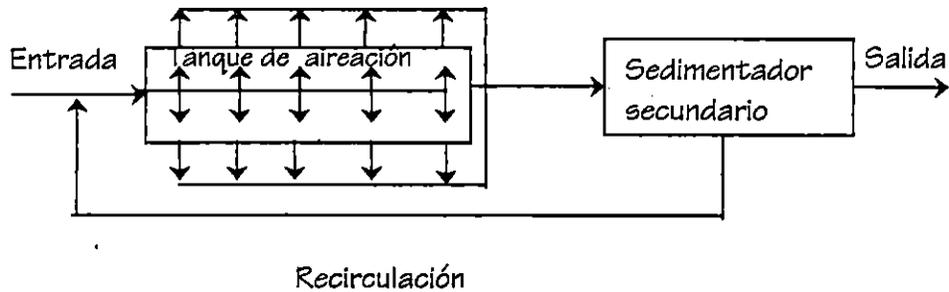


Figura 28: Lodos Activados  
Diagrama de flujo: Mezcla Completa

- c) Aireación escalonada: el agua residual entra al tanque por distintos puntos de éste, mientras que el lodo recirculado entra por un extremo del mismo.

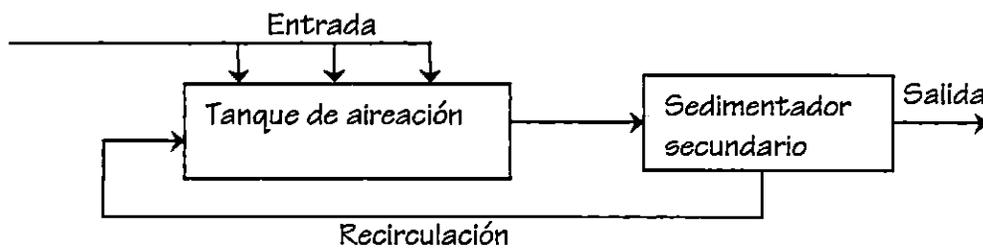


Figura 29: Lodos Activados  
Diagrama de flujo: Sistema Escalonado

**MANTENIMIENTO:** Sin importar que sistema sea, el mantenimiento general es la remoción de espuma de los tanques de aireación, así como también el manejo de los lodos ya tratados. Las actividades a realizar son las siguientes:

DIARIAMENTE:

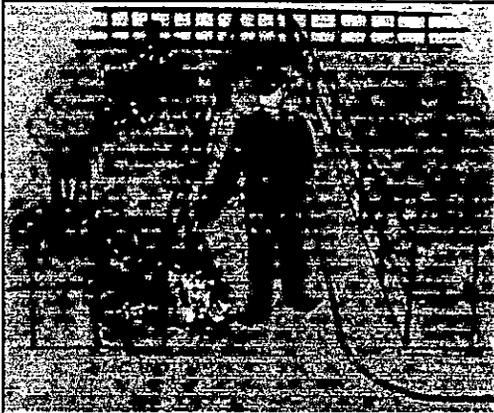


Figura 30

- Remover la espuma que se genere en los tanques de aireación, por medio de la aplicación de agua, para lo cual pueden utilizarse aspersores o mangueras.



Figura 31

- Limpiar los vertederos, canaletas o tuberías ubicadas a la entrada y en la salida de los tanques de aireación, para esto puedes utilizar una escoba o cepillos de mango largo.

PRECAUCION:

Si se deja proliferar la espuma en los tanques, se corre el riesgo de que la superficie alrededor de éstos se vuelva resbalosa, lo que puede traer como consecuencia accidentes, por ejemplo las caídas.

## PURGA DE LODOS Y RECIRCULACION:

Debe tomarse en cuenta que tanto el volumen de purga de lodos como el de lodo de recirculación es determinado por el diseñador, así como también el período entre las purgas. Deben tenerse estos datos a la mano cada vez que vayan a realizarse estas operaciones.

- El objetivo de la purga de lodos es mantener constante el nivel de sólidos en la mezcla, por lo cual se debe realizar en el período determinado.

- El lodo de recirculación debe extraerse de los tanques de sedimentación tan pronto éste se forme y alcance el volumen indicado.

- Debe tenerse en cuenta que tanto las tuberías o canales de purga de lodos y de recirculación deben limpiarse después de usarse, pues el lodo puede adherirse a éstos y obstruirlos.

- El mantenimiento de los aireadores, motores, bombas u otros dispositivos similares debe hacerse conforme las recomendaciones de los fabricantes o distribuidores, es también recomendable que se mantenga en las plantas las especificaciones de éstos.

Los sistemas de lodos activados cuentan con tanques de sedimentación, y

pueden presentar problemas en la operación como el "lodo voluminoso", que es lodo

que no se sedimenta y el "lodo ascendente", que es aquel que después de un

corto período de sedimentación asciende a la superficie de los tanques; la detección de las causas de estos problemas debe ser realizada por un supervisor, la tarea del operador consistirá en dar aviso al respectivo supervisor, además deberá anotar en el formulario E cualquier anomalía que se observe durante la operación.

- Deben examinarse periódicamente los accesorios eléctricos como tomas, conexiones, lámparas, cajas de fusibles, etc. e identificar los que necesiten reparación o sustitución, registrándolo en el formulario E y notificarlo al supervisor.

#### ANUALMENTE:

- Deben vaciarse los tanques de aireación y de sedimentación con el fin de limpiarlos y revisar el estado de las estructuras.
- Revisar el estado de las barandas, escaleras, compuertas y otras estructuras auxiliares, en caso de que estén deterioradas, éstas deben repararse, lijarse y/o pintarse según sea el caso.

CUADRO 7: PROBLEMAS MAS COMUNES DEL SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS Y SUS POSIBLES CAUSAS

PROBLEMA	CAUSAS
Puntos muertos o zonas de mezclado inadecuado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mala distribución de los aireadores</li> <li>• Tanques muy anchos</li> </ul>
Lodo ascendente en los tanques de sedimentación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Denitrificación: los nitratos y nitritos contenidos en las aguas residuales se convierten en gas nitrógeno, el cual eleva las partículas de lodo a la superficie de los tanques de sedimentación.</li> </ul>
Fango voluminoso con malas características de sedimentación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incremento de organismos filamentosos, que impiden que se sedimente el lodo.</li> </ul>
Formación de espuma	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua residual con gran contenido de jabón, detergentes u otros.</li> </ul>

#### 2.3.4 TANQUE SEDIMENTADOR SECUNDARIO

La función de estos tanques es la misma que la del sedimentador primario, con la diferencia que nos proporciona una mayor clarificación del efluente reteniendo las partículas pequeñas que aun son sedimentables o que han sido formadas en los procesos anteriores, teniendo un porcentaje de remoción de DBO del 25 al 40 por ciento.

El agua residual que llega al tanque es repartida de la misma forma que en el tanque de sedimentación primaria, sedimentándose así las partículas de sólidos que

han quedado del tratamiento anterior, produciendo un caudal de salida libre de sólidos. El material que se sedimenta se extrae, ya sea, por acción de la gravedad o por bombeo y es conducido al digestor de lodos.

El caudal proveniente de este tratamiento puede ser descargado al cuerpo receptor dependiendo para que fin es utilizado, ya que algunos agentes biológicos no han sido removidos, ejemplo de ello son los coliformes totales.

MANTENIMIENTO: Se realizan las mismas actividades que en los tanques primarios, las principales son:

DIARIAMENTE:

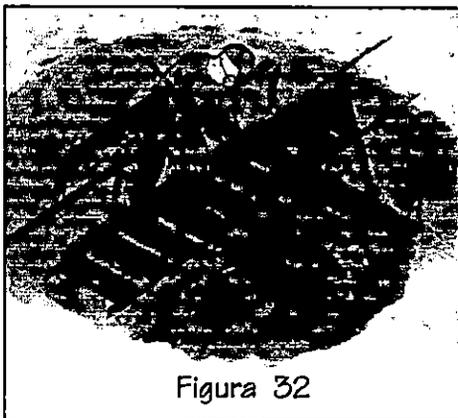


Figura 32

- Retire las natas, espumas y sólidos flotantes de la superficie con una malla de alambre galvanizado.

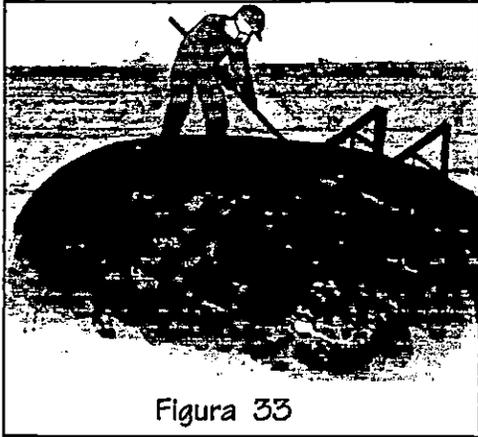


Figura 33

- Limpie el canal perimetral con una escoba plástica para evitar sedimentos y que éste se vuelva resbaloso.

- Recuerde realizar la extracción de lodos dos veces una por la mañana y otra por la tarde con un período de espaciamento de siete horas, y registre en el formulario C las horas y el tiempo que dura la descarga.
- En época de lluvia retire el agua que se acumula en las tapaderas de las cajas de inspección y de visita.

#### SEMANALMENTE:

- Limpiar con agua a presión la caja de inspección, distribuidora y de conexión al digestor y así evitara obstrucciones en estas.

#### UNA VEZ AL AÑO:

- Lijar y pintar el puente de inspección y evitar que se corroa
- Revisar la estructura del tanque, localizar los puntos de corrosión de los vertederos, mampara deflectora y tolva central lijar y pintar, en caso de que

estos sean metálicos; si uno o todos los elementos son de concreto, deben revisarse con el fin de detectar fisuras o grietas las cuales deben cubrirse con una capa fina de mortero, según se recomienda en la página 251 de este manual.

- Verificar que las tapaderas de las cajas y pozos de inspección o de visita fabricadas de metal no estén corroídas, en caso contrario lijarlas y pintarlas

## 2.4 ELEMENTOS DEL TRATAMIENTO DE LODOS

### 2.4.1 DIGESTOR DE LODOS

Este dispositivo se encarga de estabilizar los lodos provenientes de la sedimentación primaria y secundaria a través de la descomposición anaerobia de éstos en el tanque.

Los lodos separados de las aguas negras provenientes de los tanques de sedimentación están constituidos por un alto contenido de materia orgánica y agua lo que los hace voluminosos y putrescible.

Para su tratamiento, generalmente se dispone de un tanque circular con fondo en forma de cono en donde la materia orgánica de los lodos es convertida en residuos

relativamente estables. Para condiciones climáticas tropicales la estabilización se da a la temperatura ambiente después de 20 a 30 días de almacenamiento.

El lodo se descompone activamente y libera gas, cuando el gas sube hacia la superficie, arrastra consigo partículas de lodo y de otras materias tales como grasas y aceites, dando lugar a la formación de una capa sobrenadante, la cual debe tenerse el cuidado de no romper.

Como resultado de la digestión el lodo se vuelve más mineralizado y se espesa por acción de la gravedad. El período de digestión es de 20 a 30 días al cabo de los cuales el lodo se encuentra estabilizado. Los lodos bien digeridos son de color negro y olor no desagradable, éstos son sacados y llevados a los patios de secado para su deshidratación, generalmente el agua proveniente del tanque es recirculada hacia la entrada de la planta de tratamiento.

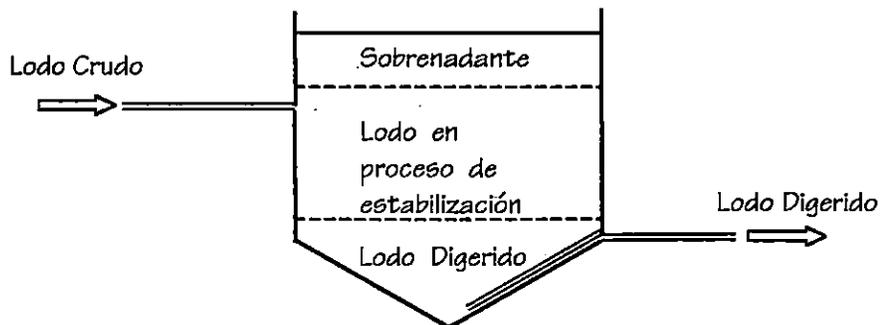


Figura 34: Digestor de Lodos

MANTENIMIENTO: consiste en la limpieza de los elementos de extracción después de la disposición del lodo tratado.

#### ACTIVIDADES

- La evacuación de lodos debe hacerse cada tres días. La cantidad debe ser determinada por el diseñador de la planta, y deben marcarse estos niveles en el tanque, con los cuales el operador pueda guiarse.

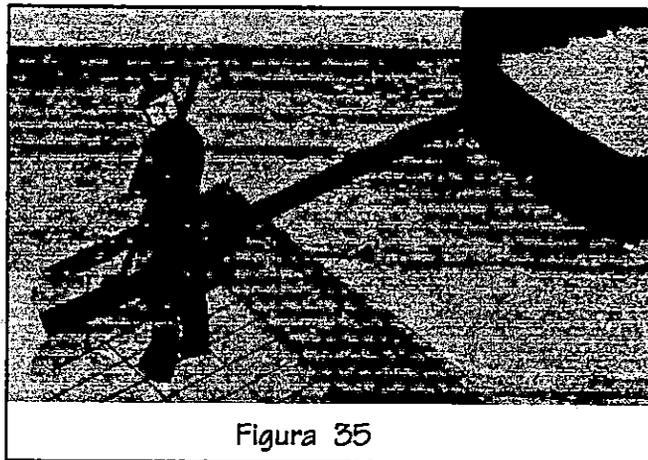


Figura 35

- Antes de realizar la evacuación de lodos deben prepararse los patios de secado y verificar que todas las compuertas a utilizar funcionen, además debe revisarse que las canaletas de transporte estén limpias.
- Después de realizada la purga de lodos deben limpiarse las tuberías o canaletas utilizadas para transportar el lodo del digestor a los patios.

- La limpieza de las canaletas debe hacerse barriendo el excedente de lodo con una escoba plástica y limpiando después con un chorro de agua.
- Deben anotarse las fechas de descarga de lodos en el formulario F.
- Después de cada descarga debe revisarse que no quede lodo en la tubería de la bomba.
- Revisar que las válvulas estén funcionando adecuadamente y que éstas no tengan fugas ni signos de corrosión.

#### IMPORTANTE

La observación de la superficie del digestor, especialmente de la capa superior de lodos, sirve para determinar el funcionamiento del digestor, así como también da una idea de si el volumen de lodos purgados desde los sedimentadores es el adecuado. La capa de lodos demasiado delgada indica que se está bombeando demasiada agua.

#### ANUALMENTE:

- Debe vaciarse el digestor con el fin de limpiarlo y revisar su estructura.
- También deben revisarse las canaletas, válvulas y tuberías, además de las escaleras, cerca de protección del tanque, barandas, etc.

CUADRO 8: PROBLEMAS MAS COMUNES DE LOS DIGESTORES DE LODOS Y SUS  
POSIBLES CAUSAS

PROBLEMA	CAUSAS
La distribución de lodos sobre la superficie no es uniforme	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obstrucción en los canales de entrada del digestor</li> <li>• Compuertas de cajas derivadoras mal colocadas o dañadas</li> </ul>
Capa de lodo de la superficie del digestor delgada y el lodo no madura provocando malos olores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Extracción de lodos excesiva</li> </ul>
Acumulación y endurecimiento de lodos, haciéndose la extracción más difícil	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obstrucción de la tubería de extracción</li> <li>• Piedras que han sido arrojadas en el digestor</li> </ul>
No llegan lodos al digestor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Taponamiento de las tuberías de conducción</li> </ul>
Espesa capa de lodo flotante en la superficie del digestor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se ha limpiado frecuentemente la superficie del digestor</li> </ul>

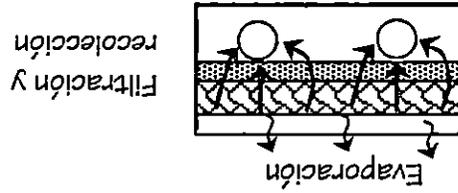
#### 2.4.2 PATIOS DE SECADO



Figura 36: Lechos de Secado

El agua que ha sido drenada de los patios de secado puede ser descargada directamente al cuerpo receptor, pero lo más recomendable es darle tratamiento,

Figura 37: Deshidratación de lodos



muestra en la siguiente figura:

El lodo se esparce en capas delgadas sobre el medio filtrante y por la acción del medio ambiente, el agua contenida se evapora o baja al sistema de recolección, como se

Los patios de secado están formados por un medio secante o filtrante generalmente constituido por arena y grava y un sistema para la recolección del agua proveniente del secado del lodo, comúnmente utiliza tubería de PVC perforada.

Como su nombre lo indica, los lechos de secado tienen como función secar el lodo digerido proveniente de los tanques de sedimentación, reactores, digestores de lodos, y cualquier otro elemento que produzca lodo, antes de su disposición final.

por ejemplo pasarla por un filtro de arena intermitente, o recircularla dentro de la planta.

**MANTENIMIENTO:** Este consiste en la remoción del lodo seco, así como la limpieza de los patios.

#### ACTIVIDADES A REALIZAR

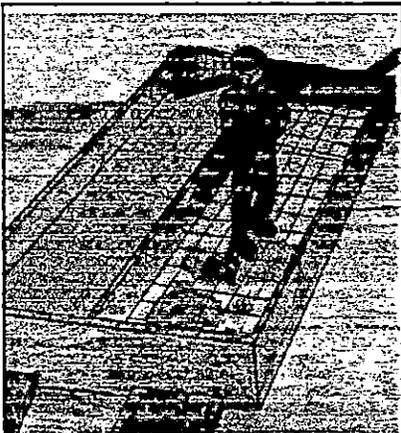


Figura 38

- Limpiar los patios de secado antes de ser vaciado el lodo para evitar que se mezcle el lodo viejo con el fresco, también deben removerse las plantas que proliferen en ellos.
- Los lodos descargados deben esparcirse sobre los lechos de secado en capas de un espesor de 25 a 30 centímetros, y en época de lluvias, no deben ser mayores de 15 centímetros; para lograr esto pueden marcarse las paredes de los patios y verificar que la capa sea uniforme.

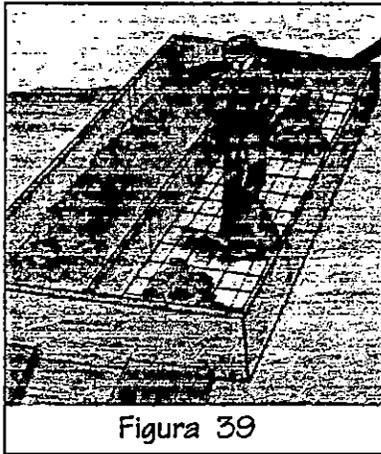


Figura 39

- Aproximadamente una semana después de haber esparcido los lodos en los patios de secado, éstos deben removerse hasta formar pequeños promontorios y luego dejar que se siga secando.

- Remover los lodos de los patios aproximadamente después de tres semanas de haber formado los promontorios o cuando éstos se agrieten.
- En caso que se observen encharcamientos en los patios de secado debe revisarse el lecho de arena, pues puede estar obstruido y si se encuentra muy sucia la arena debe cambiarse.

CUADRO 9: PROBLEMAS MAS COMUNES DE LOS PATIOS DE SECADO Y SUS  
POSIBLES CAUSAS

PROBLEMA	CAUSAS
Crecimiento de plantas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retención del lodo en los lechos de secado por tiempos prolongados</li> </ul>
Lecho de secado lleno y no se secan los lodos después del tiempo normal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tubería de drenado de lecho obstruida</li> <li>• Piso de lecho seco y no permite el drenado del lodo húmedo de la superficie</li> </ul>
Lodo recién esparcido en el lecho genera malos olores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El lodo del digestor fue extraído muy rápido y no estuvo el tiempo mínimo requerido.</li> </ul>

### III. SEGURIDAD DE LA PLANTA

La seguridad ocupacional puede definirse como el conjunto de técnicas que tratan de la prevención de accidentes en los centros de trabajo, así como también de las condiciones físicas de éstos.

Las técnicas que se han incluido en este manual son las siguientes:

1. Equipo de protección personal: es la última barrera entre el riesgo y el hombre, su uso correcto reduce la gravedad de las lesiones que pueden ocurrir al trabajador.
2. Aseo y orden: un lugar aseado y ordenado garantiza no sólo tu seguridad sino también tu salud.
3. Herramientas: su adecuado empleo y mantenimiento facilitará tu trabajo.
4. Electricidad: dependiendo del conocimiento que se tenga de la electricidad, ésta será tu amiga o enemiga.
5. Sugerencias: se te presentan algunos ejemplos de cómo realizar algunas labores de forma correcta.
6. Prevención y control de incendios: un incendio genera pérdidas humanas y materiales, se debe estar preparado para combatirlos en sus inicios pero lo mejor es prevenirlos.

7. Señalización: las señales te informan, previenen y advierten, facilitando así la circulación dentro de la planta.

Si tomas en cuenta estas técnicas realizarás tu trabajo más confiado, más cómodo y más seguro.

La seguridad es una actividad continua. El trabajador que no ha tenido accidentes dirá ¿Qué tiene que ver conmigo?, pero si el es un trabajador seguro, querrá seguir siéndolo. Para ello, debe tener presente todas las cosas que requiere para hacer bien su trabajo sin arriesgarse.

### 3.1 ACTOS INSEGUROS QUE OCASIONAN LA MAYORIA DE ACCIDENTES

- Hacer funcionar los equipos sin autorización
- Usar equipos inseguros y usarlos sin seguir las reglas de seguridad
- Trabajar en posiciones inseguras
- Ajustar equipos o hacerles algún trabajo mientras funcionan
- No usar equipos de protección personal

UN PRINCIPIO FUNDAMENTAL DE PREVENCIÓN DE ACCIDENTES ES:  
¡TENER UN LUGAR PARA CADA COSA Y CADA COSA EN SU LUGAR!

### 3.2 REGLAS BASICAS DE SEGURIDAD

- Remediar o reportar las condiciones, herramientas y equipos inseguros.
- Seguir las instrucciones y no arriesgarse, en caso de duda preguntar.
- Colaborar en mantener todas las cosas limpias y ordenadas.
- Usar las herramientas y equipos apropiados para el trabajo.
- Usar siempre el equipo de protección personal.
- No distraerse en el trabajo y evitar distraer a los demás
- Flexionar las rodillas cuando levante cargas por ejemplo: cajas u objetos pesados.
- Cumplir todas las reglas e indicaciones de seguridad; usar el sentido común
- Atender todas las lesiones y reportarlas al supervisor.

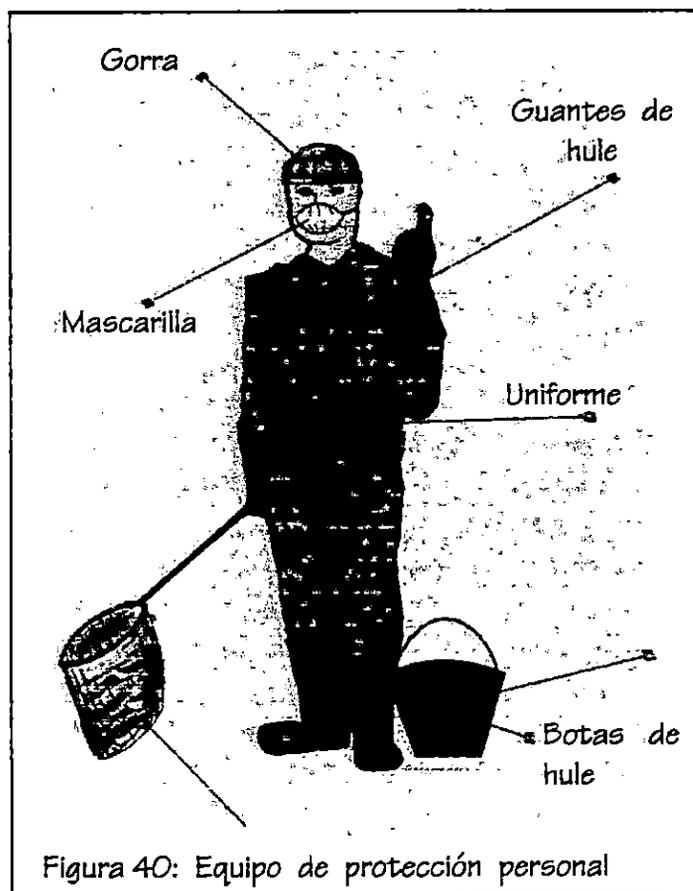
### 3.3 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL.

Como una manera de reducir la gravedad de un accidente y la posibilidad de contraer enfermedades contagiosas en todo centro de trabajo, surge el equipo de protección personal como una barrera entre los trabajadores y estos riesgos.

De nada valdría llevar los equipos si no ofrecen la protección que necesitan los trabajadores para hacer el trabajo.

En todo centro de trabajo es indispensable el empleo obligatorio de el equipo de protección apropiado a la índole de la labor que realizan los trabajadores. Podemos ver que el cuerpo humano es una máquina irremplazable por lo que el cuidado es muy importante, por tanto, a continuación se presentan algunas sugerencias para mantener en buenas condiciones cada una de las partes que corren mayor peligro a la hora de que los operadores de plantas de tratamiento realizan sus actividades diarias.

### 3.3.1 EQUIPO DE PROTECCIÓN RECOMENDADO PARA OPERADORES DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.



#### A. PROTECCIÓN PARA LOS PIES.

Utilizar botas de hule a la hora de realizar las actividades de limpieza en:

- La superficie de el canal donde se realiza el tratamiento preliminar.
- La superficie de los filtros, cuando se limpian los canales distribuidores de caudal, así como también los canales de entrada y salida.
- Los tanques de sedimentación cuando se remueven natas y sólidos flotantes.

- Los tanques Imhoff y RAFA al realizar la limpieza de los canales de entrada, los canales distribuidores y los canales de salida.
- Los bordes de las lagunas durante la realización de todas las actividades diarias.



Es muy importante que tengas presente que debes utilizar las botas de hule siempre que vayas a estar en contacto con agua o desechos húmedos.

#### B. PROTECCIÓN PARA LAS MANOS.

Las manos al igual que los pies son los miembros que más expuestos están a ser objeto de muchas lesiones así como también pueden ser el medio por el cual se adquieran enfermedades gastrointestinales en el caso de los operadores de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas.

A continuación se presentan algunas recomendaciones para disminuir las lesiones en las manos:

- Antes de manejar cualquier material debe examinarse bien para ver si tiene astillas, bordes puntiagudos, puntas ásperas o resbalosas.
- El material u objeto debe agarrarse bien para evitar que pueda caerse.

- Al levantar objetos o materiales, éstos deben sujetarse bien para evitar que se caigan, además al colocarlo donde se desea deben retirarse los dedos con cuidado para que no queden atrapados ajo del objeto.
- Al manipular objetos las manos deben estar limpias de grasa o aceite.

Cubrir las manos con guantes adecuados es muy importante ya que así se reduce el grado de contagio de enfermedades por la manipulación de desechos, basuras, etc. Por tanto:

NO OLVIDES NUNCA PONERTE LOS GUANTES AL REALIZAR LAS SIGUIENTES ACTIVIDADES:

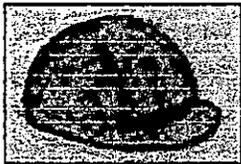
- Recoger basuras o desperdicios,
- Al manipular herramientas,
- Al hacer uso de el equipo de limpieza,
- Empezar tu rutina de limpieza en cada elemento,
- La disposición final de las basuras, natas u otros desperdicios.



Luego de hacer uso de los guantes debes lavarlos y revisarlos para estar seguro que están en buenas condiciones de ser utilizados nuevamente.

¡NO OLVIDES!  
LAVARTE LAS MANOS CON AGUA Y JABÓN DESPUÉS DE CADA ACTIVIDAD .

#### C. GORRAS Y SOMBREROS



Debido a que los trabajadores de las plantas de tratamiento realizan sus labores al aire libre y durante el día se encuentran expuestos en gran medida a los rayos solares, por tanto, como una medida de protección se sugiere que haga uso de una gorra o sombrero durante su jornada de trabajo.

#### D. DELANTAL

El delantal es una medida que se tomará para protegerte de las salpicaduras de agua residual. Deberá usarse sobre la ropa de trabajo cuando, por el trabajo a realizar se necesite usar agua de manguera, como en las actividades siguientes:

- Limpieza de las paredes y otros elementos de las rejillas, desarenadores y medidor de caudal.
- Limpieza de los canales o tuberías de entrada, salida, distribución y recolección de los elementos.
- Limpieza de las ventanas de aireación en los percoladores.

#### E. CARETAS:

Deben utilizarse caretas siempre que se realice la extracción de lodos de algún elemento, así como también, cuando se inspeccione o se realicen trabajos en tanques cerrados a través de sus compuertas.

#### F. UNIFORME DE TRABAJO:

El uniforme de trabajo estará constituido por pantalón, camisa, cinturón y zapatos, es obligatorio que los portes durante tu turno de trabajo. Las características de éste se presentan a continuación:

- Camisa y Pantalón: deberá ser de tela resistente y colores oscuros como el gris y azul negro o de color beige oscuro, la camisa debe ser manga larga y debe tener el distintivo de la institución en un lugar visible; el pantalón debe tener bolsas grandes, con porta- cincho y sin dobleces en el ruedo.

Para sentirse confortable y realizar mejor las labores dentro de la planta de tratamiento es necesario que prevalezca un ambiente limpio y lo que se ha ocupado, en su lugar. Manteniendo la planta en estas condiciones se estará evitando la posibilidad de que ocurran accidentes y enfermedades por falta de estos aspectos, ya que si las instalaciones se encuentran sucias y desordenadas, con materiales, desechos esparcidos en ésta, herramientas y equipo fuera del lugar destinado; se crean riesgos innecesarios que directamente contribuyen a que ocurran accidentes o daños a tu salud.

### 3.4 ASSEO Y ORDEN

Para terminar diremos que hay que vestirse correctamente para el trabajo que va a hacerse, además al usar los equipos de protección, debes seguir siempre las reglas de protección indicadas por el fabricante y las que son proporcionadas por los superiores.

- Zapatos: de preferencia para prevenir fracturas en los pies, por el golpe de objetos o contra objetos, los zapatos de trabajo deben poseer punta reforzada, además deben ser de amarrar y de suela de goma.
- Además debes portar cincho y si lo prefieres una camiseta dentro del uniforme.

A continuación se te proporciona un listado de actividades que debes realizar para mantener las cosas limpias y en su lugar en las instalaciones:

- Limpia de acuerdo a lo especificado en el manual de mantenimiento y operación cada uno de los dispositivos que integran la planta de tratamiento.
- Limpia los espacios libres en la planta (patios) manteniéndolos libres de desechos y basura.
- Coloca en su lugar cada una de las herramientas y el equipo que ha sido utilizado en las labores realizadas en la planta.
- Limpia el cuarto y los espacios donde se guarda el equipo, herramientas y material utilizado en la planta.
- Limpia el piso, las paredes, ventanas y techos y si presentan deterioro repórtalo con tu jefe inmediato.
- Coloca la ropa de trabajo en el guardarropa especificado para ésta y manténlo libre de material innecesario.
- Asea los servicios sanitarios que se encuentren a tu disposición (lavamanos, inodoro, ducha).
- Limpia las lámparas y bombillas que iluminan la planta de tratamiento, si se encuentran quemadas cámbialas.
- Mantén los cordones eléctricos y del teléfono sujetos firmemente en su lugar.

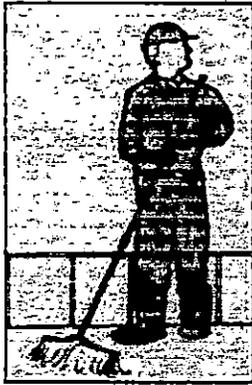
- Mantén definidos, despejados y sin obstrucciones los accesos, caminos y gradas en la planta.
- Ten accesibles y sin obstrucciones los equipos de emergencia como lo son los extintores de incendio, mantas para apagar fuegos, cajas de señales de alarma, botiquín, etc.

### 3.5 HERRAMIENTAS

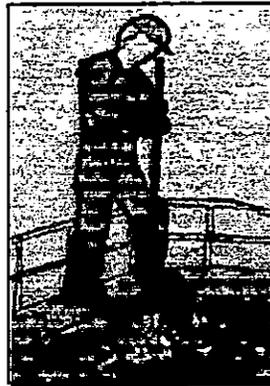
Las herramientas son extensiones magníficas de las manos del hombre, estos brazos y manos han multiplicado la fuerza y habilidad del hombre.

Todo trabajador debe estar consciente que luego de ocupar éstas tiene que dejarlas limpias y en el lugar correcto de almacenamiento para poder disminuir el riesgo a accidentes; además del orden y limpieza que se debe tener en cuenta está el hecho de que la mayoría de trabajadores no ha aprendido a usar las herramientas correctamente para evitar lesionarse.

### 3.5.1 CAUSAS FRECUENTES DE ACCIDENTES CON HERRAMIENTAS MANUALES.



Falta de atención



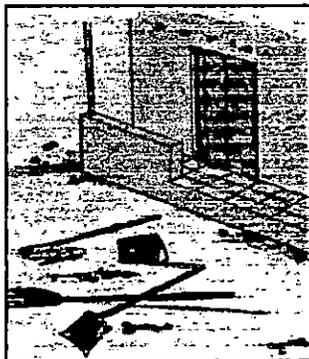
Empleo de herramientas  
inapropiadas para el trabajo.



Empleo de herramientas  
en malas condiciones



No saber usar las  
herramientas



Dejar las herramientas en  
lugares donde pueden  
contribuir a que se produzcan  
accidentes.

Con la intención de mejorar las condiciones en el ejercicio de las labores y disminuir los diversos accidentes que se puedan originar por el empleo de las herramientas, se presentan a continuación algunos principios de seguridad que deben guardar los operadores:

- Selecciona las herramientas cuidadosamente para el trabajo que vaya a hacerse.
- Saber para que se usa cada herramienta, en que forma, y seguir siempre el procedimiento correcto.
- Si tienes que limpiar algo, como por ejemplo remover basuras o desechos, utiliza un cepillo, nunca las recojas con las manos desnudas.
- Usa una cartuchera en vez de los bolsillos para acarrear herramientas puntiagudas o afiladas.
- Tenga la costumbre de revisar las herramientas bien antes de usarlas, si las encuentra defectuosas, repárelas o reemplácelas en seguida.
- Mantén las herramientas en buen estado y conservarlas en el sitio designado para ese fin.
- Mantén los cuartos de las herramientas limpios y ordenados.
- Mantén las herramientas manuales en gavetas, cajas de herramientas o en estantes designados para tal fin.

- Al terminar de hacer uso de las herramientas, límpialas y colócalas en su respectivo lugar de almacenamiento.

Con el propósito de ayudar al operador a identificar las herramientas adecuadas para la labor a realizar, se presenta el siguiente cuadro resumen con la lista de herramientas más utilizadas según las actividades que se efectúan en las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas.

#### CUADRO HERRAMIENTA/ACTIVIDAD

##### HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN LA LIMPIEZA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

HERRAMIENTAS	ACTIVIDAD
Rastrillo metálico	Limpieza de rejillas, recolección de hojas y basuras
Vara metálica con gancho en un extremo	Limpieza de rejillas
Manguera	Lavado de las paredes de las rejillas, de los desarenadores, las ventanas de aireación; los canales de entrada y salida; el riego de el césped y plantas
Palas	Limpieza de desarenadores, la recolección y disposición de lodos en los patios de secado; para el manejo de lodos, natas y basuras.
Baldes	Recolección de arenas, lodos, natas y basuras; recolección de agua.

HERRAMIENTAS	ACTIVIDAD
Carretilla	Transporte de lodos, arenas, basuras y otros desechos; transporte de materiales.
Colador	Recolección de natas, lodos y basuras flotantes en tanques y lagunas de estabilización.
Escoba ,plástica	Limpieza de locales y aceras, limpieza de canaletas de conducción y distribución en los filtros y tanques,
Pala plástica con cepillo, pequeños	Recolección de basuras provenientes de los locales pequeños
Cinta métrica o regla	Medición de caudal cuando los desarenadores no cuenten con ningún dispositivo para tomar este dato.
Pico	Excavación para el entierro de desechos
Machete	Mantenimiento de césped
Balsa pequeña	Para facilitar la recolección de natas sobre la superficie de las lagunas de estabilización
Barra puntiaguda	Recolección de basuras
Barra larga para la medición de lodos	Medición de lodos en tanques Imhoff, RAFA y lagunas de estabilización.

Las principales herramientas utilizadas para el mantenimiento general de las plantas de tratamiento son:

- Martillos
- Tenazas y llaves

- Brochas
- Destornilladores
- Cincel
- Lija
- Serrucho

### 3.6 LA ELECTRICIDAD

La electricidad juega un papel muy importante en la vida cotidiana de todos los hombres hasta el punto que no sabríamos vivir sin los servicios que ésta nos brinda. Pero a pesar de su utilidad representa un riesgo, tanto en nuestros hogares como en los centros de trabajo. Por tanto, se hace necesario estudiarla para conocerla mejor, a la vez, que tenemos que observar ciertos principios de seguridad

#### EFFECTOS DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA EN EL CUERPO HUMANO

El cuerpo humano es un excelente conductor de la electricidad, pero su resistencia no es muy alta y depende de varias circunstancias entre las que sobresalen:

- La superficie de contacto
- La humedad de la piel

- El tipo de calzado
- La humedad del terreno

Los efectos del paso de la corriente a través del cuerpo humano dependen de la intensidad de la corriente, la duración del choque eléctrico y la zona del cuerpo recorrida y pueden dividirse en:

- Efectos fisiológicos directos: se refiere a las consecuencias inmediatas del choque eléctrico. La gravedad de estos efectos depende de la intensidad de la corriente y sus manifestaciones van desde sensaciones de hormigueo hasta la asfixia o graves alteraciones del ritmo cardíaco.
- Efectos fisiológicos indirectos: son los trastornos que sobrevienen a continuación del choque eléctrico, alteran el funcionamiento del corazón o de otros órganos vitales, y producen quemaduras pudiendo tener consecuencias mortales.
- Efectos secundarios: son los debidos a actos involuntarios de los individuos afectados por el choque eléctrico: caídas de altura, golpes contra objetos, etc.

### 3.6.1 REGLAS BÁSICAS DE SEGURIDAD

1. Inspeccione todos los cordones eléctricos regularmente, sobre todo en los enchufes y conexiones.
2. Reemplace los cordones gastados o pelados
3. No deje los cordones donde puedan ser la causa de traspies
4. No hale los cordones para desconectar la herramienta o aparato eléctrico. Tire del enchufe, no del cordón.
5. El aislamiento de los alambres puede estar defectuoso, así que no dependa del mismo para protegerse.
6. No tocar interruptores ni otros elementos cargados con electricidad con las manos mojadas.

### 3.7 PREVENCIÓN Y CONTROL DE INCENDIOS

La mejor de manera de combatir incendios es la prevención, el buen orden y limpieza de las instalaciones son esenciales para evitarlos, no depositar colillas de cigarros en los basureros, mantenimiento apropiado del equipo eléctrico, evitar derrames o charcos de aceite, gasolina u otros líquidos inflamables.

Para combatir un incendio primero se deben conocer sus causas y su clase, los fuegos se han clasificado en las siguientes categorías:

<p>FUEGOS CLASE A Producidos por materiales comunes como madera, papel, tela, basura, etc.</p>	<p>FUEGOS CLASE B Producidos por materiales como la gasolina, aceite, grasa, pinturas, etc.</p>	<p>FUEGOS CLASE C Producidos por equipos eléctricos, maquinarias, tomas, cables, etc.</p>
--	---	---

Una vez conocido el tipo de fuego, puede proceder a controlarse, algunas recomendaciones para extinguir pequeños incendios son las siguientes:



Figura 41

- a) UTILIZANDO ARENA O TIERRA: si el incendio se extiende por el suelo, puede sofocarse lanzándole arena o tierra seca con una pala.

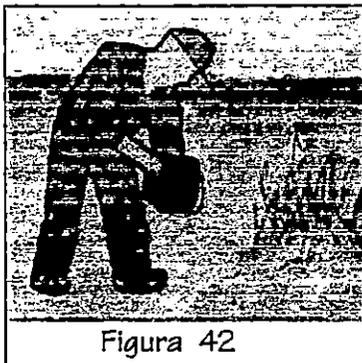


Figura 42

- b) UTILIZANDO AGUA: si el fuego NO se inicia en ningún dispositivo eléctrico, éste puede apagarse rociando agua con una manguera.



¡No utilices agua!

Cuando el fuego se origine cerca o en dispositivos eléctricos tales como toma corrientes, focos, interruptores y en maquinarias o equipos.

- c) UTILIZANDO UNA MANTA HUMEDA: en casos que el fuego se propague por el suelo o muebles, puede utilizarse una manta mojada para sofocar el fuego, hay que tomar en cuenta que si la manta no está suficientemente húmeda, sólo se conseguirá avivar más el incendio.



Figura 43

- d) UTILIZANDO EL EXTINTOR DE INCENDIOS: según las instrucciones del aparato, por lo que debe capacitarse a los operadores sobre su uso.

### ¿QUÉ HACER EN CASO QUE LA ROPA DE UN OPERADOR SE INCENDIE?

- a) No se debe permitir que la persona corra pues esto avivaría más el fuego.
- b) La persona debe rodar por el suelo, especialmente si éste es de tierra.
- c) Puede utilizarse una manta húmeda para sofocar las llamas, también pueden golpearse con guantes de trabajo gruesos o rociar agua con una manguera sobre el operador accidentado.
- d) Después de sofocar el fuego se puede seguir el procedimiento descrito en la parte de primeros auxilios (página. ) y acudir a un médico lo más pronto posible.

### 3.8 SEÑALIZACION

En la calle, en el trabajo o en cualquier lugar donde se encuentre reunido un grupo de personas, nos daremos cuenta que nuestro entorno está cubierto de señales puestas ante nuestros ojos, para brindarnos protección, para alertarnos acerca de algún peligro, para darnos información, entre otras.

La señalización es un factor a tomar en cuenta a la hora de adoptar medidas para la reducción de accidentes así como también ayuda a imponer orden y limpieza en las instalaciones.

Todo centro de trabajo debe contar con una adecuada señalización dentro de sus instalaciones y el tipo de señales depende de la naturaleza de la industria. Para el caso de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas las señales más importantes a distribuir dentro de las instalaciones así como también los puntos específicos donde se deben colocar son descritos a continuación.

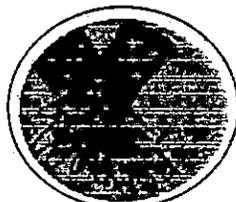
**SEÑALES OBLIGATORIAS:** obligan o imponen un comportamiento adecuado.

Símbolo: círculo con fondo azul, la figura y orilla blanca.

En las plantas de tratamiento las señales obligatorias están referidas casi exclusivamente al uso del equipo de protección personal. Estas señales se ubicarán cerca del equipo de protección personal.



Protección de la cabeza obligatorio



Protección de las manos obligatorio



Figura 44: Ejemplos de señales obligatorias

**SEÑALES DE PROHIBICIÓN:** Prohíbe un comportamiento que pueda generar peligro. Símbolo: círculo con una línea transversal la cual es la que indica la prohibición, fondo rojo, figura y orilla blanca.



Figura 45: Ejemplos de señales de prohibición

Se recomienda que éstas sean ubicadas en :

- La entrada de la planta de tratamiento, donde se restrinja el paso a particulares.
- Cerca de controles eléctricos o mecánicos.
- Cerca de válvulas o compuertas.
- Lugares visibles .

**SEÑALES DE ADVERTENCIA:** previenen a las personas de los peligros a los que pueden estar expuestos. Son señales triangulares con fondo amarillo y letras, figuras y bordes negros.

Dentro de los aspectos en los que se debe hacer hincapié están principalmente aquellas medidas de seguridad e higiene que deben guardar los trabajadores y aquellas condiciones dentro de la planta generadoras de accidentes.



Figura 46: Ejemplos de señales de advertencia

SEÑALES DE INFORMACIÓN. Guían a operadores y visitantes en su recorrido por la planta. Los rótulos a utilizar deben ser rectangulares con fondo verde y letras y bordes blancos.

Los lugares que deben contar con este tipo de señales son:

- La caseta del operador
- La bodega
- Los servicios sanitarios
- Cada elemento de tratamiento, en donde se deben proporcionar datos generales de éstos. Un modelo sugerido es el siguiente:

<p><b>Nombre</b></p> <p><b>Diámetro o Largo/Ancho, Altura o Profundidad</b></p> <p><b>Tipo de tratamiento que se efectúa</b></p>
--

- A la entrada de la planta de tratamiento debe haber un rótulo en donde se proporcione información general de ésta. Los datos que se podrían incluir son:

<p><b>Nombre</b></p> <p><b>Institución que la administra</b></p> <p><b>Fecha de inauguración</b></p> <p><b>Población a la que sirve</b></p> <p><b>Tipo de proceso que se efectúa</b></p>
--

Dentro de las bodegas los estantes se deben identificar con rótulos y el lugar correcto que cada cosa debe ocupar. Otros elementos no menos importantes que deben estar identificados y colocados estratégicamente son : el botiquín de primeros auxilios y el extintor de incendios.

### 3.9 SUGERENCIAS PARA REALIZAR ALGUNAS LABORES

#### A. LEVANTAR OBJETOS:

Las lesiones de la espalda se producen fácilmente y sus efectos son desastrosos, por tanto, antes de levantar cualquier cosa hay que considerar lo siguiente

1. Examinar y evaluar la carga. Hay que verificar si el objeto puede ser manejado sin dificultad.
2. Usar guantes que le permitan agarrar con firmeza y protección.
3. Cerciórate de que el lugar por donde vayas a pasar éste libre de obstáculos que puedan hacerte tropezar.
4. Para levantar cualquier objeto pesado hay que mantener los pies firmes en el suelo y asegurarse de que se dispone de amplio espacio.
5. Agáchate lo más cerca posible de la carga doblando las rodillas. Al levantar dirigir el empuje hacia arriba con firmeza y sin disminuir su fuerza.
6. Saber como bajar la carga: Para bajar la carga doblar las rodillas y bajar la carga con los músculos de los brazos y piernas, manteniendo la espalda lo más recta posibles.

## B. NO MAS CAIDAS:

Para evitar caídas o eliminarlas completamente deben seguirse las reglas

siguientes:

- Recoger inmediatamente lo que haya caído al piso.
- Ocupate de mantener limpios los alrededores de su zona de trabajo.
- Pon los materiales o herramientas en el sitio que corresponda. Tan pronto dejes de usarlos, vuelve a ponerlos en su sitio,
- Mira por donde caminas. No camines por donde no puedas ver.
- Las zonas de peligro deben estar bien alumbradas siempre.
- No dejes cajas, cajones u otro tipo de obstrucción en el piso, que puedan proporcionarte un traspés.

## D. AL USAR LAS ESCALERAS DE MANO:

- No deben colocarse encima de cajas, sillas, etc.
- Las escaleras no deben colocarse nunca delante de puertas o en los vanos de los pisos, a menos que los vanos o puertas estén cerrados o se haya colocado a alguien en el lugar para controlar el movimiento de personas o carretillas.
- Nunca debes pararte en el pedáneo superior ni más arriba del tercero a partir del más alto en las escaleras de largo fijo.

## E. SEGURIDAD Peldaño a Peldaño

- Observa las condiciones de la escalera cada vez que la uses
- Los peldaños deben mantenerse limpios y libres de aceites y grasas
- Mirar hacia arriba al disponerse a subirla
- Mirar hacia abajo al disponerse a bajarla
- No colgar trapos o herramientas en los peldaños
- La condición y tipo de suela y material del tacón de los zapatos es muy importante. El material antiresbalizo es un factor de seguridad.

#### IV. TU SALUD

Aunque tu salud no se reduce solamente a tu bienestar físico, en esta parte se exponen algunas técnicas y consejos que pueden ayudarte a mantenerla, como son:

- Métodos básicos de primeros auxilios: En casos de accidentes que produzcan heridas o quemaduras leves.
- Medidas de higiene personal: Deben ser observadas en todo momento para prevenir el contagio de enfermedades.
- Controles médicos: Para llevar un historial clínico de todo trabajador y garantizar el buen estado de tu salud

##### 4.1 CONOCIMIENTOS BÁSICOS DE PRIMEROS AUXILIOS

Cualquier persona puede sufrir un accidente en el lugar menos pensado y es obligación de todo buen ciudadano brindar la ayuda oportuna y adecuada, esta ayuda puede ir desde llamar a un número de emergencia hasta entrar en acción haciéndose cargo de la situación, pero para esto se necesita que la persona esté entrenada en primeros auxilios.

4. Nunca muevas a una víctima, si no es necesario

doctor.

3. Aleja a los curiosos, pero puedes pedirles que llamen a una ambulancia o al

2. Actúa de prisa, pero con cuidado

1. Mantente siempre sereno y calmado

#### 4.1: DIRECCIONES GENERALES DE PRIMEROS AUXILIOS

actuará según mejor le parezca, pero lo que no se debe olvidar es:

Hay que tomar también en cuenta que cada caso es distinto y cada persona

ayudarte en caso que se necesite.

capacitada, a continuación te daremos algunas indicaciones generales que pueden

Aunque el entrenamiento en primeros auxilios debe enseñarlo una persona

**RECUERDA:** Es mejor prevenir accidente que auxiliar a los  
accidentados, pero si ese es el caso, más vale estar  
preparados.

repentina, mientras se busca o llega ayuda médica.

una persona cuando ha sido víctima de un accidente o de una enfermedad

Los primeros auxilios son la ayuda OPORTUNA Y TEMPORAL que se brinda a

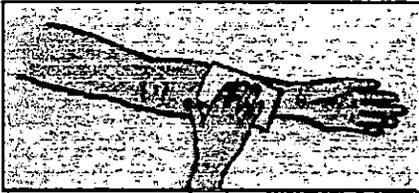
5. Afloja la ropa de la víctima, especialmente la del cuello y cintura; si hay necesidad de rasgar la ropa, hazlo por las costuras.
6. Si la víctima está inconsciente extraele de la boca dentadura postiza, chicle, comida u otro objeto extraño, y no intentes darle nada de beber.
7. Si la víctima vomita voltea de lado su cabeza para evitar que se ahogue con su vómito.
8. Nunca dejes que la víctima vea sus lesiones, ni le des a entender que su estado es grave.

DEBES ESTAR CONSCIENTE DE TUS PROPIAS  
LIMITACIONES Y NO EXPONER A LA VÍCTIMA A UN DAÑO  
MAYOR.

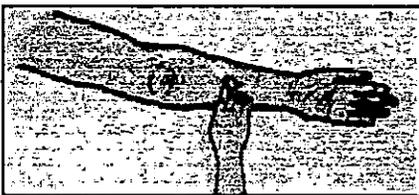
A parte de las indicaciones anteriores, también pueden darse una serie de indicaciones específicas para algunos casos de accidentes comunes, como son las heridas, desmayos, fracturas simples y otros, pero lo escrito, no sustituye la enseñanza práctica.

A. ¿Qué hacer en caso de heridas externas de poca gravedad?

a) Lavarse las manos con agua y jabón, también se debe evitar estornudar o toser sobre las heridas.



b) Si la herida sangra demasiado hay que hacer presión sobre ésta con una gasa estéril.



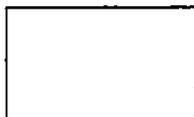
c) Lavar la herida y sus alrededores con suficiente agua y jabón.

d) Secar la herida con una gasa estéril o con un pañuelo limpio.

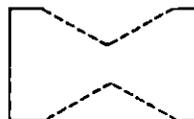


e) Si es necesario colocar "mariposas" para cerrar la herida.

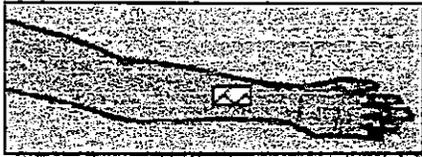
Las "mariposas" son trozos de esparadrapo a los cuales se cortan los centros en forma de triángulo, como se muestra a continuación:



Corte un trozo pequeño de esparadrapo



Se cortan las partes punteadas y se colocan sobre la herida



- f) Cubra la herida con gasa estéril y esparadrapo.

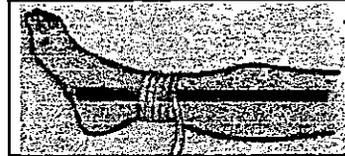
Después de seguir este procedimiento, siempre debe procurarse la asistencia médica, a los lugares donde puede acudir son: Unidad de Salud, Clínica del ISSS, Consultorio Médico particular, Cruz Roja, y en casos graves al Hospital más cercano

**B. ¿Qué hacer en caso de fracturas?**

- a) No mover la parte afectada, ya sea ésta manos, brazos, piernas o pies.
- b) Obtener información de la víctima: si se puede mover, si tiene demasiado dolor, si oyó el crujido o chasquido del hueso, etc.
- c) Revisar cuidadosamente la parte afectada en busca de deformaciones o magullamiento visibles, acortamiento o rotación del miembro fracturado. En algunas ocasiones pueden presentarse heridas en el lugar de la fractura, por lo cual primero deben curarse éstas según el procedimiento de heridas.
- d) Después de estas verificaciones, puede procederse a entablillar o vendar el miembro afectado



Colocar tablas lisas a ambos lados del miembro dañado, pero sin hacer presión sobre él



Vendar con cuidado el miembro afectado, si no cuentas con una venda gruesa, puedes utilizar tiras de tela limpias

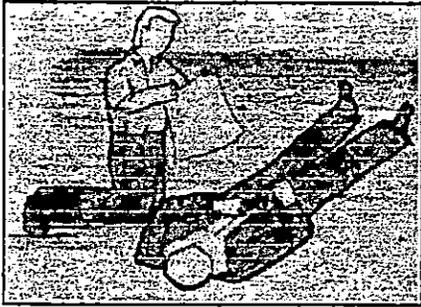
Figura 48: Entablillar

En ningún caso debe buscarse la ayuda de un "sobador" para tratar las fracturas, doblones o esguinces, siempre se debe acudir a un médico.

C. ¿Qué hacer en caso de insolaciones o agotamiento por calor?

Cuando se trabaja en lugares expuestos al sol y el calor, como en el caso de las plantas de tratamiento, se corre el riesgo de insolarse o agotarse debido al calor. Cuando esto suceda los pasos a seguir son los siguientes:

- a) Desnudar a la víctima y frotarla con una toalla o esponja húmeda con agua fría, si es posible, meter a la víctima en una bañera o pila pequeña.



- b) Abanique a la víctima o expóngala al viento de un ventilador.
- c) Siga estos dos pasos hasta que la víctima se recupere, pero si esta recuperación tarda mucho acuda inmediatamente al médico.

Una buena manera de evitar las insolaciones o el agotamiento por calor es cubrirse la cabeza con sombrero o gorra, evitar trabajos pesados al aire libre entre las 12 del mediodía y las 2 de la tarde y tomar bastante agua

D. ¿Qué hacer en caso de quemaduras leves?

- a) Aplique o sumerja la zona quemada en agua fría.
- b) Seque la quemada sin frotar.
- c) Si la quemadura es leve aplique unguento o pomada para quemadas, tenga el cuidado de no frotar la herida.
- d) Si se forman ampollas no las rompa
- e) Venda de forma suave pero que proteja la zona quemada
- f) Busque ayuda medica inmediatamente.

## 4.2 HIGIENE PERSONAL

Para poder mantener tu salud, también es necesario tener buenos hábitos de aseo de tu persona. Entre los hábitos que debes practicar se encuentran los siguientes:



- Bañarte todos los días, antes de ir a la planta y después que salgas de tu turno de trabajo.



- Utiliza la ropa de trabajo que le proporcionan en la planta de tratamiento para realizar la labores diarias.



- Cepíllate los dientes por lo menos dos veces diarias.

- Lávate las manos con jabón desinfectante antes de consumir los alimentos, después de usar el servicio sanitario y después de realizada la limpieza en la planta de tratamiento. Con esto evitarás enfermedades intestinales y de la piel.
- Recórtate el cabello y uñas periódicamente.

#### 4.3 CHEQUEOS MEDICOS

Debes presentarte en la clínica de la empresa o del Seguro Social cada seis meses para un chequeo de rutina, durante éste, el medico encargado debe practicarte una serie de exámenes, los más comunes se presentan en el siguiente cuadro:

EXAMEN	PERIODICIDAD DEL EXAMEN
Prueba del VIH (para detecta el SIDA)	1 vez al año
Examen de VDRL (para detectar sífilis)	1 vez al año
Radiografía del tórax	1 vez al año
Exámenes de Hemograma y general de Orina	1 vez al año
Examen general de heces	Cada 4 meses

Además de estas pruebas, se te administrarán las siguientes vacunas:

- Hepatitis A, 1ª dosis el primer día que va a chequeo  
2ª dosis a los 6 meses, refuerzo cada 6 años
- Hepatitis B, 1ª dosis igual, 2ª al mes, 3ª dosis 5 meses, refuerzo cada 6 años.
- Toxoide tetánico 1ª dosis igual, 2ª al mes, 3ª al año, refuerzo cada 10 años
- Fiebre tifoidea cada año, si hay brote cada 6 meses
- Es recomendable que se les de un tratamiento de pastillas anti- maláricas cada 6 meses.

A continuación se presenta un modelo de cartilla de control de vacunas para ser utilizada en los reconocimientos médicos que deben hacerse los operadores de plantas de tratamiento de aguas residuales.

## CONTROL DE VACUNAS

### DATOS GENERALES

NOMBRE DEL PACIENTE: \_\_\_\_\_

EDAD: \_\_\_\_\_ INSTITUCIÓN DE LA QUE PROCEDE: \_\_\_\_\_

PUESTO DESEMPEÑADO: \_\_\_\_\_ FECHA DEL PRIMER RECONOCIMIENTO: \_\_\_\_\_

MEDICO QUE ATENDIÓ: \_\_\_\_\_

VACUNA	1º DOSIS	2º DOSIS	3º DOSIS	REFUERZO
Hepatitis A				
Hepatitis B				
Toxoide Tetánico				
Fiebre tifoidea				

Observaciones: \_\_\_\_\_

FIRMA DE MEDICO QUE ATENDIÓ: \_\_\_\_\_

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## CONCLUSIONES

A continuación se plantean las conclusiones sobre el estudio de las plantas de tratamiento tomadas como muestra para la elaboración de la investigación, de tal forma que los aspectos señalados sirvan de criterio para evaluaciones posteriores:

- El mantenimiento periódico es uno de los factores determinantes para el buen funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales, esto puede verificarse si se estudian los registros de monitoreos de las plantas de San José Villanueva y Santísima Trinidad, los parámetros seleccionados para ambas plantas, que son sólidos suspendidos totales, DBO, DQO, turbiedad y pH; se encuentran debajo de los límites máximos permisibles, establecidos en la Propuesta de la Norma Nacional para la descarga de aguas residuales en un cuerpo receptor.
- La falta de mantenimiento periódico y operación continua, han afectado el funcionamiento de la planta la urbanización Chávez Galeano sector B, como puede observarse en sus registros de monitoreos, para los meses de Octubre y Noviembre de 1998 y los meses de Febrero a Abril de 1999, los parámetros sólidos suspendidos totales, DBO, DQO y turbiedad están arriba de los límites máximos permisibles establecidos.

- Algunos problemas de funcionamiento no se deben a la falta de mantenimiento periódico, sino que hay que buscar sus causas en otros factores como son el diseño, construcción, antigüedad, etc. como es el caso de la planta de San Juan Talpa, al estudiar en los registros de monitoreos los parámetros de sólidos suspendidos totales, DBO, DQO, turbiedad y pH, podemos observar que los elementos del tratamiento secundario no dan los resultados esperados, a pesar de contar con operación y mantenimiento continuo.
- La falta de un tratamiento secundario provocará que las plantas no alcancen las eficiencias de remoción satisfactorias, como es el caso de las lagunas de estabilización de la Academia Nacional de Seguridad Pública (ANSP), las cuales, aunque reciben mantenimiento periódico y la infraestructura se encuentra en buen estado, al estudiar sus registros de monitoreos para los meses de Julio a Noviembre de 1998, se observa que la remoción es nula y en algunos casos, el agua sale en peores condiciones de como ingresó a la planta.

Ahora bien, a manera de poder concluir de manera general sobre la problemática de operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento, a continuación se señalan los factores principales que contribuyen al fracaso de éstas:

- El diseño de las plantas de tratamiento no incluyen estructuras de seguridad indispensables, según las características de cada instalación, y los servicios básicos exigidos en el "Reglamento de seguridad e higiene en los centros de trabajo" vigente en nuestro país, deficiencias que hacen a los operadores más susceptibles a los accidentes y a contraer enfermedades.
- La falta de operadores fijos ha provocado que las plantas se deterioren con mayor rapidez, trayendo como consecuencia las eficiencias bajas, además de la proliferación de vectores, roedores y olores desagradables; al mismo tiempo que crea incomodidades en la población aledaña. Con nuestro estudio pudimos comprobar que de ocho plantas visitadas cinco contaban con operador, pero sólo dos estaban capacitados para el cargo.
- La falta de manuales de operación y mantenimiento, hace que los operadores no realicen las tareas en el orden adecuado, ni de la manera correcta, lo que disminuye la eficiencia de los procesos que se realizan en ellas.

- La falta de registros que reflejen el funcionamiento de las plantas de tratamiento ha impedido a los profesionales adquieran experiencia en la operación de éstas, por lo que se siguen adoptando lineamientos de diseño textuales de autores extranjeros que no se adaptan a las condiciones existentes en nuestro país.

## RECOMENDACIONES

- La salud es un derecho de todo ser humano por lo que debe protegerse tanto en el hogar como en el trabajo. La falta de programas de capacitación orientados a conservar la salud, pone en peligro a los trabajadores por tanto, se recomienda que a falta de estos programas las instituciones encargadas de las plantas de tratamiento utilicen la sección IV de este manual, titulada "Tu Salud", con el fin de crear conciencia en los trabajadores de forma sencilla y clara sobre los aspectos básicos referentes a la conservación de la salud.

- Debido a que la mayoría de instituciones administradoras de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas no poseen guías de operación y mantenimiento acorde a los tipos de plantas que manejan y dirigidas a los operadores de éstas, se sugiere el uso e implementación del presente manual.

- La detección y registro de anomalías en la operación y funcionamiento de los diferentes elementos de una planta de tratamiento por parte de los operadores muy útil para tomar acciones preventivas, por lo tanto los formularios de registro y observaciones de los diferentes elementos propuestos en este manual proporcionan la información básica necesaria para realizar acciones correctivas.

- La mayoría de las plantas estudiadas carecen de los servicios básicos de seguridad, agua potable, e instalaciones para los trabajadores por lo que recomendamos a las instituciones encargadas de administrar las planta exija en los lineamientos de aceptación de las obras destinadas al tratamiento del agua residual la inclusión en su diseño de la infraestructura de servicio destinada a conservar la salud e integridad física de los trabajadores.
- El trabajo dentro de plantas de tratamiento de aguas residuales, se considera, según el Código de Trabajo vigente, una labor peligrosa e insalubre, sin embargo, no se cuentan con leyes especiales que regulen éste, por lo que se recomienda la participación de las diferentes instituciones públicas y privadas encargadas de velar por el bienestar de los trabajadores, para la creación de oficinas especiales encargadas de legislar y regular procedimientos, que contemplen el mejoramiento de las condiciones de trabajo en los sistemas de tratamiento de desechos.
- Así mismo, se recomienda el establecimiento dentro del Seguro Social de una sección médica especializada en el tratamiento, estudio e investigación de las enfermedades laborales de los trabajadores de disposición de desechos, incluidos dentro de éstos, los trabajadores del tren de aseo, rellenos sanitarios, plantas de tratamiento de aguas residuales y similares.

- La tarea de dar a conocer el presente manual le pertenece a la Escuela de Ingeniería Civil, la cual puede hacerlo a través de cursos de capacitación impartidos a los operadores de plantas de tratamiento, editándolo para su distribución y posterior venta e informando a las instituciones relacionadas con las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas.
- Es necesario que las instituciones encargadas de administrar las plantas de tratamiento deben crear un reglamento sobre éstas, donde uno de los puntos más importante sea el mantenimiento y la operación, ya que estos son la base para su buen funcionamiento.

## BIBLIOGRAFIA

- Amen Funk, Francisco, Análisis del Funcionamiento de un Tanque Imhoff Transformado en un RAFA, ERIS, Guatemala.
- ANDA- KFW, Instructivo Práctico de las principales actividades a realizar en las plantas de tratamiento de aguas residuales.
- Barnes, George, Tratamiento de Aguas Negras y Desechos Industriales.
- Bird, Frank & Fernández, Frank, Administración de Control de Pérdidas, Consejo Interamericano de Seguridad.
- CEPIS, Manual de Disposición de Aguas Residuales, Programa de Salud Ambiental, Tomo II.
- Consejo Interamericano de Seguridad., Manual de Prevención de Accidentes en Operaciones Industriales.
- Cooperación Técnica República Federal de Alemania, Módulos de Formación y Perfeccionamiento del Personal de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.
- Curso Taller Internacional, Lagunas de Estabilización: Diseño, Operación, Mantenimiento y Rehabilitación, Cuernavaca, México.
- ERIS Guatemala, Nuevos Avances en el Tratamiento Anaerobio de Aguas Negras.

- Fair, Gordon - Geyer, John- Okun Daniel A, Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales, Editorial Limusa.
- Metcalf & Eddy, Ingeniería de las Aguas Residuales Tomo I.
- Ministerio de Economía, Censos Nacionales, V de Población y IV de Vivienda, Tomo General de El Salvador.
- Oficina Internacional del Trabajo, Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo Volumen 1.
- Rivas Hernández, Armando, Operación y Mantenimiento de Sistemas Lagunares.
- Rom, William N. Environmental and Occupational Medicine, 3ª Edición, 1992
- Saenz Forero, Roberto, Lagunas de Estabilización y otros Sistemas Simplificados para el Tratamiento de Aguas Residuales.
- U.S. Bureau of Standards, Seguridad Ocupacional, Serie B, Guía del Instructor.
- Yanez Cossio, Fabián, Lagunas de Estabilización, Teoría, Diseño, Evaluación y Mantenimiento.

# APENDICES

## ANDA

### (I) PLANTAS DE TRATAMIENTO DEL AMSS

Nombre de la Planta y Ubicación	Población Servida	Capacidad para tratar (l/s)	Descarga	Fecha de Operación	Propiedad de la Planta	Observaciones
9. Ciudad Futura Cantones San Luis Mariona, Cuscatancingo Sedimentadores(2) y filtro percolador(1)	21600	37.50	Río El Chaguitón	-	ANDA	No Funciona. Se construyó un nuevo sedimentador secund.
10. Condominio Tazumal Calle los Positos, Ayutuxtepeque Sedimentadores(2) y Filtro biológico (1)	2,106	3.66	Quebrada al Norponiente	Enero/92	Construc. G+H	Funcionando.
11. Alpes Suizos II Al Sur de Urb. Europa I, Santa Tecla Sedimentadores (2) Filtro Biológico(3)	3000	5.21	Quebrada Larreynaga.	Junio/92	Construc. Villavicencio	Funcionando, se ha deteriorado pantalla del sedimentador 1º
12. Residencial del Bosque. Cantón Plan del Pito, Mejicanos. Tanque Imhoff.Filtro percolado (3)	906	1.57	Quebrada El Carmen	Julio/91	Urbanizador	Fuera de servicio por problemas estructurales en tanque Imhoff Fue abandonada
<b>Total Acumulado</b>	<b>60966</b>	<b>108.63</b>				

Fuente: Departamento de Plantas de Tratamiento y Lagunas de Oxidación, Gerencia General

## ANDA

### (1) PLANTAS DE TRATAMIENTO DEL AMSS

Nombre de la Planta y Ubicación	Población Servida	Capacidad para tratar (l/s)	Descarga	Fecha de Operación	Propiedad de la Planta	Observaciones
13. Residencial San Lucas, Calle a Mariona, Cuscatancingo. Tanque Imhoff (1) Filtro Anaeróbico de flujo ascendente (2) y Patios de Secado	714	1.24	Quebrada al Poniente del terreno	Junio/91	Urbanizador	Funcionando. Mantenimiento ANDA Fue abandonada
14. Colonia El Carmen al Norte de al poniente de Col. Chávez, Ayutuxtepeque. Tanque Imhoff (1) Filtro percolador	324	0.56	Quebrada al Sur.	Junio/93	La Colonia	Funcionando con deficiencia por prob. Fue abandonada Mantenimiento ANDA
15. Reparto San Ramón. Cantón El Limón, Soyapango Sedimentadores (2) Filtro Biológico(1)	3645	6.33	Río Acelhuate	-	Urbanizador	Funcionando con deficiencia por prob. constructivos
16. Urbanización Alta Vista ( 2 Plantas) Canton San Bartolo, Ilopango Sedimentadores(4), Filtros Percoladores(2) Digestores(2) y patios de secado	30,000	52.08	Quebrada de Amayo	Dic/95	Inversiones Roble S.A.	Inició funcionamiento en Dic/95.
<b>Total Acumulado</b>	<b>94611</b>	<b>168.84</b>				

Fuente: Departamento de Plantas de Tratamiento y Lagunas de Oxidación, Gerencia General

## ANDA

### (I) PLANTAS DE TRATAMIENTO DEL AMSS

Nombre de la Planta y Ubicación	Población Servida	Capacidad para tratar (l/s)	Descarga	Fecha de Operación	Propiedad de la Planta	Observaciones
17.Hogar del Niño Minusválido. Carret. a los Planes de Renderos, San Salv. Tanque Imhoff y Filtro Anaerobico	350	0.61	Galería de infiltración	Nov/93	Fundación del Hno.Pedro.	Funcionando.
18.Colonia La Ascención, costado Ote. de Urb. Chávez Galeano "A", Ayutuxtepeque. Tanque Imhoff y Filtro Biológico	1500	2.60	Quebrada El Carmen	Enero/95	ANDA	Funcionando
19.Urbanización San Francisco Al Ote.del CENTA, Ciudad Arce. La Lib. Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente, Filtro Biológico y Tanque Imhoff	4,836	8.40	Río Sucio	Nov/95	Ing Olmedo Baratta	Funcionando con deficiencia existe demanda del MSPYAS, la están modificando
20. Urbanización La Campanera, Canton El Limón, Soyapango Sedimentadores(2) y Filtro Percolador (2)	9,000	15.63	Río La Campanera	Ene/96	Urbanizador	Funcionando bien a un 80% de su capacidad
<b>Total Acumulado</b>	<b>108447</b>	<b>196.07</b>				

Fuente: Departamento de Plantas de Tratamiento y Lagunas de Oxidación, Gerencia General

## ANDA

### (1) PLANTAS DE TRATAMIENTO DEL AMSS

Nombre de la Planta y Ubicación	Población Servida	Capacidad para tratar (l/s)	Descarga	Fecha de Operación	Propiedad de la Planta	Observaciones
21. Comunidad El Quequeisque Colonia Quezaltepec, Santa Tecla Sedimentadores(2) y Filtro Percolador (4)	600	1.04	Quebrada La reynaga	Dic/96	Fideicomiso W. Soundy	Funcionando con deficiencias
22. Urbanización Parcelación Libertad Al norte de Distrito Italia, Tonacatepeque Sedimentadores(2) y Filtro Percolador (3)	9,000	15.63	Río Guaycume	-	Inversiones Roble S.A.	Planos aprobados no se ha iniciado su construcción
23. Urbanización San Francisco Plan del Pino, Soyapango Sedimentadores(2) y Filtro Percolador (2)	15,552	27.00	-	-	Compañía Inmobiliaria SA de CV	construcción finalizada
24. Urbanización Via del Mar Carret. Al Pto. de La Libertad, Santa Tecla Lodos Activados	2,000	3.47	Rio Colón	-	Urbanizador	En construcción
<b>Total Acumulado</b>	<b>135599</b>	<b>243.21</b>				

Fuente: Departamento de Plantas de Tratamiento y Lagunas de Oxidación, Gerencia General

## ANDA

### (1) PLANTAS DE TRATAMIENTO DEL AMSS

Nombre de la Planta y Ubicación	Población Servida	Capacidad para tratar (l/s)	Descarga	Fecha de Operación	Propiedad de la Planta	Observaciones
25. Urbanización Ciudad Obrera 26 de Enero Km. 37 1/2 Carret. a Santa Ana, CD. Arce Sedimentador(2) y Filtro Percolador (1)	9,000	15.63	Rio Colón		La trinidad S.A.	Construcción Finalizada en Diciembre de 1997
→ 26. Urbanización La Santicima Trinidad Al norte de Col.Skandia, Ayutuxtepeque Sedimentadores(4) y Filtro Percolador (6)	18,000	31.25		Ene-98		funcionando a un 40% de su capacidad.
27. Urbanización Altos de Las Flores Por San José Las Flores, Tonacatepeque Lodos Activados	532	0.92	-	Mar-98	Urbanizador	
28. Urbanización Los Chorros Carret. a Santa Ana, Cton. Lourdes, Colón Sedimentadores(2) y Filtro Percolador (2)	9,000	15.63	-	Feb-98	BASA, S.A	funcionando a un 50% de su capacidad.
<b>Total Acumulado</b>	<b>172131</b>	<b>306.63</b>				

Fuente: Departamento de Plantas de Tratamiento y Lagunas de Oxidación, Gerencia General

## ANDA

### (1) PLANTAS DE TRATAMIENTO DEL AMSS

Nombre de la Planta y Ubicación	Población Servida	Capacidad para tratar (l/s)	Descarga	Fecha de Operación	Propiedad de la Planta	Observaciones
29. Urbanización Camposverdes de Lourdes Carret. a Sonsonate, Cton. Lourdes, Colón Sedimentador(2) y Filtro Percolador (2)	19,200	33.33	Rio Colón		TP, Ing.	Finalizada su construcción en May-98
30. Urbanización Altos del Escorial Calle a Cantón Chancala, Mejicanos Lodos Activados	2,520	4.38		-	Barahona Diversos, SA de CV	En construcción
31. Urbanización Las Moritas kilometro 22 1/2, Cton. Lourdes, Colón Lodos Activados	1,176	2.04	-	-	DSC, S.A.	En construcción
32. Urbanización Complejo Lourdes Cton. Lourdes, Colón Sedimentación y Filtros Biológicos	24,000	41.67	Rio Colón	-	COURBAN SA de CV	Finalizada su construcción en Jun-98
Total Acumulado	219027	388.05				

Fuente: Departamento de Plantas de Tratamiento y Lagunas de Oxidación, Gerencia General

ANDA

ANEXOS

ANEXO 1  
GUÍA PARA REALIZAR VISITAS DE CAMPO A PLANTAS DE TRATAMIENTO DE  
AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.

NOMBRE DE LA PLANTA: \_\_\_\_\_

UBICACIÓN: \_\_\_\_\_

CAUDAL DE ENTRADA: \_\_\_\_\_

CANTIDAD DE VIVIENDAS SERVIDAS: \_\_\_\_\_

### ASPECTOS GENERALES

Verificación de la infraestructura y aspectos siguientes:

- Cerca perimetral
- Bodega y caseta para el operador
- Instalaciones sanitarias para operadores
- Dispositivos adecuados para basura y desechos
- Existencia de un rótulo que indique el origen del agua descargada y que ésta no es para consumo.
- Rótulos de identificación de los reactores
- Opera por bombeo o por gravedad
- Limpieza de las instalaciones
- Presencia de malos olores en el ambiente
- Ubicación con respecto a la población

### TRATAMIENTO PRELIMINAR

#### REJILLAS

Verificar los siguientes aspectos:

- El estado físico de la estructura
- Si se ha efectuado limpieza
- Material de las rejillas
- Si cuenta con plataforma de escurrimiento
- De que material es la plataforma
- Si cuenta con pasarela de servicio
- Si cuenta con un by - pass
- De que material es el by - pass

#### CAMARAS DESARENADORAS

Verificar los siguientes aspectos:

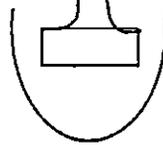
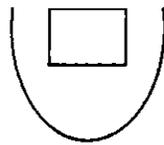
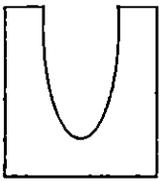
- El estado físico de la estructura
- Número de desarenadores y sección de control
- Si cuenta con compuertas herméticas

- Hay presencia de malos olores

#### MEDIDORES DE CAUDAL

Verificar el estado físico de la estructura utilizada:

- PARSHALL
- VERTEDERO
- OTRO



Tipos de  
secciones de  
control

#### TRATAMIENTO PRIMARIO

##### TANQUE DORTMUND

Verificar los siguientes aspectos:

- El estado físico de la estructura
- Dimensiones aproximadas
- Número de tanques
- Pasarela
- Estado de las pantallas
- Material con que están fabricadas las pantallas
- Proliferación de insectos
- Presencia de olores
- Flotación de lodos
- Flotación de otras materias en el decantador
- Rebosa espuma en la canaleta perimetral
- Hay cultivo excesivo de algas en el canal de salida

##### TANQUE IMHOFF

Verificar los siguientes aspectos:

- El estado físico de la estructura
- Dimensiones aproximadas
- Número de tanques
- Estado de las pantallas
- Material con que están fabricadas las pantallas
- Proliferación de insectos
- Presencia de olores

## TRATAMIENTO SECUNDARIO PERCOLADOR BIOLÓGICO

Verificar los siguientes aspectos:

- El estado físico de la estructura
- Dimensiones aproximadas
- Lecho filtrante
- Número de canaletas
- Forma de las canaletas
- Uniformidad de las canaletas para distribuir el flujo
- Tipo de material de las canaletas
- Forma de las canaletas
- Otro dispositivo para distribuir el flujo en el filtro
- Uniformidad de distribución de dispositivo utilizado
- Existe encharcamiento en la superficie del filtro
- Presencia de olores e insectos
- Existencia de puntos muertos

## TANQUE SECUNDARIO DORTMUND

Verificar los siguientes aspectos:

- El estado físico de la estructura
- Dimensiones aproximadas
- Número de tanques
- Pasarela
- Estado de las pantallas
- Material con que están fabricadas las pantallas
- Proliferación de insectos
- Presencia de olores
- Flotación de lodos
- Flotación de otras materias en el decantador
- Rebosa espuma en la canaleta perimetral
- Hay cultivo excesivo de algas en el canal de salida

## LODOS ACTIVADOS

Verificar los siguientes aspectos:

- El estado físico de la estructura
- Dimensiones aproximadas
- Número de tanques
- Dispositivo de aereación utilizado

## REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE (RAFA)

Verificar los siguientes aspectos:

- El estado físico de la estructura
- Dimensiones aproximadas
- Forma de captación de gases
- Forma de captación del afluente

## TRATAMIENTO DE LODOS

### DIGESTOR DE LODOS

Verificar los siguientes aspectos:

- El estado físico de la estructura
- Dimensiones aproximadas
- Reja de protección
- Presencia de olores e insectos
- Distribución uniforme del lodo
- Capa espesa de lodo flotante

## PATIOS DE SECADO

Verificar los siguientes aspectos:

- El estado físico de la estructura
- Dimensiones aproximadas
- Número de patios y áreas
- Material del fondo (lecho de secado)
- Mal olor
- Presencia de insectos
- Captación y destino de los líquidos

CUESTIONARIO PARA OPERADORES DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES

NOMBRE DE LA PLANTA: \_\_\_\_\_

UBICACIÓN: \_\_\_\_\_

NOMBRE DEL OPERADOR: \_\_\_\_\_

ASPECTO COGNOSCITIVO

- ¿Sabe leer y escribir?
- ¿Qué nivel de estudios posee?
- ¿Ha recibido capacitaciones?
- ¿Desde cuando trabaja en la planta?

ASPECTOS GENERALES

- ¿Cuenta con planos, memoria de cálculo y guías de operación de la planta?
- ¿Cuenta con herramientas para operar la planta?
- ¿Qué tipo de herramientas?
- ¿Cuenta con el equipo necesario para la operación de la planta?
- ¿Lleva un registro diario de la operación de la planta?
- ¿Si lleva registro, tiene este un formato especial?

REJILLAS

- ¿Cada cuanto tiempo se limpian las rejillas?
- ¿Qué otro mantenimiento le dan?
- ¿Qué hace con la basura que se recoge?  
La queman \_\_\_\_\_  
La entierran \_\_\_\_\_  
Otro \_\_\_\_\_

DESARENADORES

- ¿Cada cuanto tiempo se limpian los canales?
- ¿Qué otro mantenimiento le dan?
- ¿Cómo se realiza la limpieza?
- ¿Qué hace con la arena que se recoge?

MEDIDOR DE CAUDAL

- ¿Realiza una medición periódica del caudal?
- ¿Cómo la realiza?

### SEDIMENTADOR PRIMARIO

- ¿Cada cuanto tiempo se extraen los lodos del sedimentador?
- ¿Qué otro mantenimiento le dan?
- ¿Causa problemas la extracción de lodos?
- ¿Qué tiempo dura la extracción de lodos?
- ¿Se para la planta durante la extracción de lodos?

### TANQUE IMHOFF

- ¿Cada cuanto tiempo se limpia el tanque?
- ¿Qué otro mantenimiento le dan?
- ¿Causa problemas la extracción de lodos?
- ¿Qué tiempo dura la extracción de lodos?
- ¿Se para la planta durante la extracción de lodos?

### PERCOLADOR BIOLÓGICO

- ¿Cada cuanto tiempo se limpian las canaletas de distribución?
- ¿Qué se hace con la basura o los desechos?

### SEDIMENTADOR SECUNDARIO

- ¿Cada cuanto tiempo se extraen los lodos del sedimentador?
- ¿Qué otro mantenimiento le dan?
- ¿Causa problemas la extracción de lodos?
- ¿Qué tiempo dura la extracción de lodos?
- ¿Se para la planta durante la extracción de lodos?

### LODOS ACTIVADOS

- ¿Cada cuanto tiempo se extraen los lodos?
- ¿Qué otro mantenimiento le dan?
- ¿Causa problemas la extracción de lodos?
- ¿Qué tiempo dura la extracción de lodos?
- ¿Se para la planta durante la extracción de lodos?

### REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE (RAFA)

- ¿Cada cuanto tiempo se extraen los lodos?
- ¿Qué otro mantenimiento le dan?
- ¿Causa problemas la extracción de lodos?
- ¿Qué tiempo dura la extracción de lodos?

- ¿Se para la planta durante la extracción de lodos?

#### DIGESTOR DE LODOS

- ¿Cada cuanto tiempo se extraen los lodos del digestor?
- ¿Qué otro mantenimiento le dan?
- ¿Causa problemas la extracción de lodos?
- ¿Qué tiempo dura la extracción de lodos?

#### PATIOS DE SECADO

- ¿Cada cuanto tiempo se remueve el lodo seco de los patios?
- ¿Tarda mucho el lodo en secarse?
- ¿Genera el lodo recién esparcido malos olores?
- ¿Qué disposición final tiene el lodo seco?
- ¿Qué disposición final tiene el agua que se filtra en los patios?

ANEXO 2: RECOMENDACIONES PARA LA OPERACIÓN Y EL MANTENIMIENTO DE LOS ELEMENTOS MAS COMUNES QUE CONFORMAN LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO EN EL SALVADOR.

2.1 RECOMENDACIONES PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL TRATAMIENTO PRELIMINAR (REJAS Y DESARENADORES)

AUTOR	RECOMENDACIONES
<p>Instructivo Práctico de las Principales actividades a realizar en las plantas de tratamiento de aguas residuales (ANDA- KFW)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las rejillas deben ser limpiadas dos veces al día por la mañana temprano y por la tarde al finalizar el turno.</li> <li>• La rejilla frena el paso del agua ocasionando depósitos de arena aguas arriba. Por lo que es indispensable evacuar dichos depósitos, a fin de evitar malos olores o mal funcionamiento de las rejillas.</li> <li>• Los sólidos retenidos en las rejillas deben ser extraídos con ayuda de un "rastrillo metálico" elaborado especialmente para este trabajo y depositados por un espacio corto de tiempo (media hora) sobre la placa perforada, allí se escurre el agua en exceso de los sólidos gruesos que son transportados posteriormente a un contenedor.</li> <li>• Para la recolección de los sólidos, el operador debe utilizar guantes de plástico que lo protegen del contacto directo y de posibles enfermedades.</li> <li>• Asegurarse que la placa perforada para el escurrimiento se mantenga limpia y libre de sólidos.</li> <li>• Limpiar el siguiente nivel del canal para flujos extraordinarios o para lluvias.</li> <li>• Colocar los sólidos que se han escurrido en un contenedor y no almacenarlos por espacio mayor a tres días.</li> <li>• Limpiar todas las semanas con agua a presión las rejillas</li> </ul>

AUTOR	RECOMENDACIONES
<p>Continuación Instructivo Práctico de las Principales actividades a realizar en las plantas de tratamiento de aguas residuales (ANDA- KFW)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisar una vez al año las rejillas y si se encuentran puntos de corrosión lijar y pintar.</li> <li>• Los desarenadores deben ser limpiados por lo menos una vez al día y de preferencia temprano por la mañana</li> <li>• Trasladar con la carretilla las arenas a los lechos de secado</li> <li>• El desarenador fuera de operación debe quedar limpio de sedimentos o agua estancada. Revisar el sistema de compuertas y engrasar el tornillo sin fin todas las semanas.</li> <li>• Revisar una vez por año las placas que trabajan como compuertas a fin de evitar que se oxiden o se deformen y pintar los posibles puntos de corrosión.</li> <li>• La limpieza de los desarenadores cuando se encuentran en operación, es decir, con el flujo del agua debe realizarse de la parte inicial a la parte final del canal, en el sentido contrario del flujo y utilizando una pala con perforaciones laterales que permita el drenado de la arena</li> </ul>
<p>Módulos de Formación y Perfeccionamiento del Personal de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, Cooperación Técnica República Federal de Alemania</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las rejillas manuales tienen que ser limpiadas dos veces por día, por la mañana y por la tarde. Si la rejilla no es vigilada y limpiada regularmente, puede impedir el paso del agua y provocar reflujos.</li> <li>• En periodo de lluvia, la limpieza de una rejilla fina (separación entre barras: 20 a 30 mm) debería repetirse cada media hora.</li> </ul>

AUTOR	RECOMENDACIONES
<p>Continuación Módulos de Formación y Perfeccionamiento del Personal de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, Cooperación Técnica República Federal de Alemania</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La rejilla frena siempre la velocidad del paso del agua (perdida de carga en la rejilla) lo que provoca con frecuencia la formación de los depósitos de arena aguas arriba de la rejilla. Es necesario evacuar dichos depósitos.</li> <li>• Es conveniente utilizar guantes de protección de caucho para retirar los objetos gruesos retenidos en las rejillas, así se evita el peligro de infección.</li> <li>• Los residuos retirados de las rejillas se descargan cerca de la rejilla, primeramente, de preferencia en recipientes móviles y tapados que deberían, en lo posible, evacuarse todos los días en el depósito de basura.</li> <li>• Los malos olores que producen las materias sacadas de las rejillas se combaten recubriendo éstos con cloruro de cal.</li> <li>• Se necesita un control diario de la cámara desarenadora, especialmente de la cantidad de arena decantada.</li> <li>• Los productos de vaciamiento tienen que transportarse inmediatamente a los lugares previstos para los depósitos.</li> </ul>

## 2.2 RECOMENDACIONES PARA LA OPERACIÓN Y EL MANTENIMIENTO DE LOS MEDIDORES DE CAUDAL.

AUTOR	RECOMENDACIONES
<i>Instructivo Práctico de las Principales actividades a realizar en las plantas de tratamiento de aguas residuales (ANDA- KFW)</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Limpiar las paredes y el piso semanalmente</li><li>• Cada año debe revisarse la escala colocada para medir el tirante de agua y en su caso sustituirse si se encuentra dañada o despintada.</li><li>• En caso de observarse daños en la pared o "garganta del canal" deberá repararse con un acabado fino sin modificar sus dimensiones.</li></ul>

2.3 RECOMENDACIONES PARA LA OPERACIÓN Y EL MANTENIMIENTO DE LOS TANQUES DE SEDIMENTACIÓN PRIMARIA TIPO DORTMUND

RECOMENDACIONES	AUTOR
<p>ACTIVIDADES DIARIAS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El control de las válvulas</li> <li>• Limpieza del canal perimetral de descarga y vertedores.</li> </ul> <p>ACTIVIDADES SEMANALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La limpieza con agua a presión de la caja distribuidora y caja de conexión al digestor.</li> </ul> <p>UNA VEZ AL AÑO:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vaciar el tanque y revisar la estructura de concreto</li> <li>• Localizar los puntos de corrosión de los vertedores, mamparas defectora y tova central, llijar y pintar con pintura anticorrosiva si es necesario para evitar deterioro del material.</li> <li>• Pintar el puente del decantador.</li> </ul>	<p>Instructivo Práctico de las Principales actividades a realizar en las plantas de tratamiento de aguas residuales (ANDA- KFW)</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Antes de ponerlos en marcha, los depósitos de toda clase deben ser evacuados. El nivel de los vertedores de desagüe tendrá que ser definitivamente regulado, sólo en función del plan de agua efectivo.</li> </ul> <p>Los trabajos cotidianos en los decantadores primarios son::</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La evacuación de lodos y de materias flotantes</li> <li>• La limpieza del sumidero de lodo,</li> </ul> <p>En caso contrario:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La limpieza de los dispositivos de admisión y los vertedores de salida.</li> </ul>	<p>Módulos de Formación y Perfeccionamiento del Personal de las Plantas de Tratamiento, Cooperación Técnica Alemana.</p>

## 2.4 RECOMENDACIONES PARA LA OPERACIÓN Y EL MANTENIMIENTO DE LOS TANQUES DE SEDIMENTACIÓN TIPO IMHOFF.

AUTOR	RECOMENDACIONES
<p>Tratamiento de Aguas Negras, Modulo 3 de la materia Ingeniería Sanitaria, UES.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eliminar diariamente los gases, natas y sólidos flotantes del compartimento de sedimentación.</li> <li>• Raspar semanalmente los lodos y fondos inclinados del compartimento de sedimentación.</li> <li>• Limpiar semanalmente la ranura del comportamiento de sedimentación.</li> <li>• Cambiar el sentido del flujo cuando menos una vez al mes cuando así esté previsto en el diseño del tanque.</li> <li>• Controlar la nata en la cámara de natas rompiéndola por medio de chorros de manguera a presión manteniéndola húmeda con aguas negras del compartimento de sedimentación y quitándola cuando su espesor llegue a unos 60 o 90 centímetros.</li> <li>• La descarga de lodos debe hacerse antes de que su nivel llegue a estar cerca de 45 centímetros, de distancia de la ranura del compartimento de sedimentación.</li> <li>• Después de cada descarga de lodos, las líneas de descarga deben escurrirse y llenarse con agua para impedir que los lodos se endurezcan y obstruir la tubería.</li> </ul>
<p>Módulos de Formación y Perfeccionamiento del Personal de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales,</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El lodo debe extraerse de la cámara de digestión cuando el nivel de lodo alcanza los 50 cm por debajo de la ranura de lodo.</li> </ul>

## 2.5 RECOMENDACIONES PARA LA OPERACIÓN Y EL MANTENIMIENTO DE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN PRIMARIAS Y SECUNDARIAS

AUTOR	RECOMENDACIÓN
<p>Lagunas de Estabilización, Teoría, Diseño, Evaluación y Mantenimiento, Fabián Yáñez Cossio, Ph.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza periódica de las obras de llegada, canales de acceso y salida de las lagunas, para remover las películas biológicas formadas en las paredes.</li> <li>• Limpieza de las natas y material flotante en las lagunas.</li> <li>• Limpieza del material vegetal en los diques, riego de la grama sembrada en los taludes y corte de la misma.</li> <li>• Limpieza de los sedimentos y material de acarreo en las cunetas de coronación y canal de desvío.</li> <li>• Mantenimiento de los diques para minimizar el efecto de erosión de las aguas de lluvia como curado de grietas y de la capa de rodadura.</li> <li>• Limpieza y mantenimiento de las obras de protección.</li> <li>• Mantenimiento de las instalaciones asociadas a la planta, como: edificaciones, caminos de acceso, etc.</li> <li>• Medición de caudal</li> </ul>
<p>Curso Taller Internacional Lagunas de Estabilización. Diseño, Operación, Mantenimiento y Rehabilitación. Cuernavaca, Mor.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La remoción de natas y sólidos flotantes debe hacerse diariamente.</li> <li>• Debe velarse porque el césped no llegue hasta el borde del agua manteniendo una faja limpia de al menos 20 cm por encima del borde del agua.</li> <li>• La maleza debe ser retirada secada al aire y quemada, también se debe controlar que no hayan plantas acuáticas.</li> </ul>

AUTOR	RECOMENDACIÓN
<p>Continuación, Curso Taller Internacional Lagunas de Estabilización.</p> <p>Diseño, Operación, Mantenimiento y Rehabilitación.</p> <p>Cuernavaca, Mor.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las orillas de las lagunas deben mantenerse limpias y sin vegetación para evitar la proliferación de mosquitos, moscas, roedores y otros animales.</li> <li>• Inspección semanal del estado de los taludes para verificar si ha ocurrido algún asentamiento o erosión.</li> <li>• Medición de la profundidad de los lodos.</li> <li>• Cuando el estado de las cercas y caminos presenten malas condiciones, éstos deben ser reparados en la menor brevedad posible.</li> </ul>
<p>Lagunas de Estabilización y otros sistemas simplificados para el tratamiento de aguas residuales.</p> <p>Ing. Rodolfo Saenz Forero.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar que no haya una tendencia a secarse o rebalsarse y notificar inmediatamente al ingeniero responsable.</li> <li>• Hacer mediciones de caudal por lo menos cuatro veces al día.</li> <li>• Mantener bien segada la grama de los diques y demás áreas verdes del predio de las lagunas, y conservarlas libre de hierbas y malezas que puedan darles un aspecto desagradable.</li> <li>• Mantener el borde de la laguna libre de hierbas malezas y otras plantas que puedan facilitar la producción de mosquitos y otra clase de insectos.</li> <li>• Mantener limpia y en buen estado de funcionamiento todas las obras de arte evitando obstrucciones en las mismas.</li> <li>• Mantener los niveles de agua y los caudales señalados en el plan de operación.</li> </ul>

RECOMENDACIONES	AUTOR
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Cuidar las cercas y señales que se pongan en los linderos del predio de las lagunas para evitar que por deterioro de éstos haya acceso de personas o animales al lugar.</li> <li>● Hacer oscilar el nivel de las lagunas periódicamente para evitar el desarrollo de mosquitos.</li> <li>● Aplicar insecticida en el caso que fuere necesario.</li> <li>● Realizar la remoción periódica de los sedimentos acumulados en las lagunas primarias de conformidad con lo previsto en el diseño.</li> <li>● Los diques tienen que estar bien mantenidos.</li> </ul>	<p>Continuación, Lagunas de estabilización y otros sistemas simplificados para el tratamiento de aguas residuales.</p> <p>Ing. Rodolfo Saenz Forero</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Medición del caudal, verificación y control de los niveles de las lagunas.</li> <li>● Oscilar con frecuencia el nivel de las lagunas para evitar la proliferación de mosquitos.</li> <li>● Disposición de los residuos sólidos removidos.</li> <li>● Reparación de los caminos.</li> <li>● Poda del pasto de los bordes</li> <li>● Reparación de los bordos.</li> <li>● Extracción de matas, vegetación y material flotante.</li> <li>● Limpieza general de la planta y cuidado de su aspecto exterior.</li> <li>● Registro de las actividades realizadas</li> <li>● Finalmente y de manera menos periódica, la extracción y disposición de lodos, sustitución de compuertas o equipo que hayan cubierto su periodo de utilidad.</li> </ul>	<p>Operación y mantenimiento de sistemas lagunas.</p> <p>Biólogo Armando Rivas Hernández.</p>

## 2.6 RECOMENDACIONES PARA LA OPERACION Y EL MANTENIMIENTO DE LOS PERCOLADORES BIOLÓGICOS

AUTORES	RECOMENDACIONES
Módulos de formación y perfeccionamiento del personal de plantas de tratamiento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar prueba de decantación diarias a la salida de los lechos bacterianos para descubrir obstrucciones.</li> <li>• Cualquier rastro de lodo en las aberturas de aireación y los canales de salida del agua tienen que ser retirados en el acto.</li> </ul>
Ingeniería de las aguas residuales. Metcalf y Eddy	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La superficie del filtro debe mantenerse libre de hierbas y acumulaciones de hojas u otras basuras.</li> <li>• Los distribuidores de caudal se deben inspeccionar diariamente y limpiarse.</li> <li>• Los drenes deben ser limpiados con una descarga de agua.</li> </ul>
Instructivo Práctico de las Principales actividades a realizar en las plantas de tratamiento de aguas residuales (ANDA- KFW)	<p>ACTIVIDADES DIARIAS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada mañana, verificar canales de distribución y retirar los sólidos flotantes que se acumulan en los vertedores.</li> <li>• Realizar pruebas de sedimentación del agua de salida del filtro y anotar resultados en reporte de campo semanal.</li> </ul> <p>ACTIVIDADES SEMANALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpiar los canales con agua a presión.</li> <li>• Eliminar con chorro de agua cualquier rastro de lodos en las aberturas de aireación y en los canales de salida del filtro.</li> </ul>

<p>RECOMENDACION</p>	<p>AUTOR</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introducir la manguera con agua a presión por las ventanas de ventilación inferiores, a fin de que se limpie el filtro de la cámara inferior del filtro.</li> </ul> <p>CADA DOS SEMANAS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Con agua a presión limpiar la superficie del filtro logrando desprender parte de la biomasa de las piedras, y en las zonas donde se pueda observar una tendencia al encharcamiento penetrar unos 30 cm sin remover la piedra de la superficie.</li> </ul> <p>ACTIVIDADES ANUALES</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisar la estructura de concreto y bloques de concreto.</li> <li>• Localizar los puntos de corrosión de los vertedores, llijar y pintar con pintura anticorrosiva si es necesario para evitar deterioro del material.</li> </ul>	<p>Continuación Instructivo Práctico de las Principales actividades a realizar en las plantas de tratamiento de aguas residuales (ANDA- KFM)</p>

## 2.7 RECOMENDACIONES PARA LA OPERACIÓN Y EL MANTENIMIENTO DE LOS TANQUES DE SEDIMENTACIÓN SECUNDARIA TIPO DORTMUND

AUTOR	RECOMENDACION
Módulos de Formación y Perfeccionamiento del Personal de las Plantas de Tratamiento, Cooperación Técnica Alemana.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpiar los canales de entrada y salida periódicamente.</li> <li>• Evacuar diariamente el lodo del tanque</li> <li>• Medir diariamente la profundidad de visibilidad</li> <li>• Medir cada día en una muestra de agua tomada a la salida, el lodo decantado en un cono Imhoff.</li> </ul>
Instructivo Práctico de las Principales actividades a realizar en las plantas de tratamiento de aguas residuales (ANDA- KFW)	<p>Diariamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La evacuación de lodos dos veces por día, una por la mañana y otra por la tarde, así como la limpieza de la superficie del decantador de material flotante (plásticos)</li> <li>• El control de las compuertas</li> <li>• Limpieza del canal perimetral de descarga y vertedores</li> </ul> <p>Semanalmente.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La limpieza con agua a presión de la caja de entrada y de la caja salida del decantador a la quebrada.</li> </ul> <p>Una vez al año:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vaciar el tanque y revisar la estructura de concreto.</li> </ul> <p>Una vez al año:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Localizar los puntos de corrosión de los vertedores, mampara deflectora y tolva central, lijar y pintar con pintura anticorrosiva si es necesario para evitar deterioro del material</li> </ul>

2.8 RECOMENDACIONES PARA LA OPERACIÓN Y EL MANTENIMIENTO DE LOS REACTORES ANAEROBIOS DE FLUJO ASCENDENTE

RECOMENDACION	AUTOR
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remoción periódica de la capa flotante en la superficie del digestor.</li> <li>• Purga de lodos cuando se alcanza el nivel superior de las campanas (en caso de Imhoff modificado la abertura de fases).</li> <li>• Establecer una rutina periódica de purga de lodo de manera que se mantenga constante la cantidad de lodos en el reactor.</li> <li>• Observación de la calidad del efluente diariamente, a diferentes horas del día.</li> <li>• Debe evaluarse diariamente la producción de gas (burbujeo) si no pueden tomarse medidas, evaluar la intensidad del burbujeo.</li> <li>• Medición diaria del caudal entrante al reactor.</li> </ul>	<p>Análisis del funcionamiento de un tanque Imhoff modificado en un RAFA, Amen Funk, Francisco</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpiar por lo menos una vez al día los repartidores de caudal.</li> <li>• Debe lavarse cada vez que se utilice la tubería o canal de conducción de lodo de purga.</li> </ul> <p>ACTIVIDADES DIARIAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpiar la tubería de alimentación.</li> <li>• Limpiar la tubería de purga de lodos.</li> <li>• Limpiar los vertedores de las canaletas de recolección y barrer semanalmente las canaletas.</li> </ul>	<p>Nuevos Avances en el Tratamiento Anaerobio de Agua Negra</p>

AUTOR	RECOMENDACIONES
<p>Continuación Nuevos Avances en el Tratamiento Anaerobio de Agua Negra</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Medir diariamente el caudal que entra al reactor.</li><li>• Muestreo del afluente semanal o mensualmente completando estos con observaciones visuales.</li><li>• Medición de la producción de gas, si no se cuenta con medidores, se evalúa la producción de gas a ojo (Intensidad del burbujeo).</li><li>• Observación constante del efluente.</li><li>• Purgar los lodos cuando se alcance el nivel inferior de las campanas, se recomienda establecer una rutina semanal o quincenal de tal forma que se mantenga la cantidad de lodo en el reactor mas o menos constante.</li><li>• Limpiar periódicamente la capa flotante acumulada en la superficie del reactor.</li></ul>

## 2.9 RECOMENDACIONES PARA LA OPERACIÓN Y EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE LODOS ACTIVADOS

AUTOR	RECOMENDACIONES
Ingeniería de las Aguas Residuales, Metcalf y Eddy.	<ul style="list-style-type: none"><li>• la espuma debe controlarse al observar que prolifera en los tanques.</li><li>• El mantenimiento de los aireadores debe hacerse según las recomendaciones del fabricante.</li><li>• Para la recirculación del lodo, éste debe extraerse de los tanques de sedimentación tan pronto se forme.</li><li>• Para controlar el volumen de lodo de retorno puede hacerse por el método de IVF (Índice del Volumen de Lodo)</li><li>• La purga de lodos debe hacerse para mantener constante el nivel de sólidos en el licor mezcla, éste se hace purgando lodo periódicamente de los tanques de aireación a los sedimentadores.</li></ul>

## 2.10 RECOMENDACIONES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA LOS DIGESTORES DE LODOS

AUTOR	RECOMENDACIONES
Instructivo Práctico de las Principales actividades a realizar en las plantas de tratamiento de aguas residuales (ANDA- KFW)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada vez que se utilice la bomba del digestor para enviar los lodos al lecho de secado asegurarse de que no quede lodo en la tubería porque al secarse puede tapohearla</li> <li>• Preparar lechos de secado antes de la extracción.</li> </ul>
Módulos de formación y perfeccionamiento del personal de las plantas de tratamiento de aguas residuales. Cooperación técnica Alemana	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anotar en el diario de operación el valor del pH, la temperatura del agua del digestor, el nivel del lodo medido con un aforador cerca del registro de tomas.</li> <li>• Comprobar el funcionamiento de todas las compuertas.</li> <li>• Limpiar el registro después del vaciado del exceso de lodos.</li> <li>• El conducto tiene que permanecer limpio.</li> <li>• Es menester que los lodos sean evacuados una vez por año.</li> </ul>

## 2.11 RECOMENDACIONES PARA LA OPERACIÓN Y EL MANTENIMIENTO DE LOS PATIOS DE SECADO.

AUTOR	RECOMENDACIONES
Metcalf & Eddy	<ul style="list-style-type: none"><li>• Extender los lodos sobre los lechos en capas de 20 a 25 cm, y dejarlos secar.</li><li>• El lodo puede extraerse de la era de secado después de que se haya drenado y secado suficientemente para ser paleable.</li><li>• El lodo seco posee una superficie basta, agrietada y es negro o marrón oscuro después de 10 o 15 días en condiciones favorables.</li></ul>
Instructivo Práctico de las Principales actividades a realizar en las plantas de tratamiento de aguas residuales (ANDA- KFW)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aproximadamente una semana después de haber purgado los lodos del digestor y que hayan perdido gran parte de humedad en el lecho de secado, formar pequeños túmulos y dejarlos por espacio de tres semanas antes de retirarlos.</li></ul>

## ANEXO 3

### CODIGO DE TRABAJO

#### DEL TRABAJO DE LAS MUJERES Y MENORES: DISPOSICIONES GENERALES

ART. 108: "Son labores insalubres, las que por las condiciones en que se realizan o por su propia naturaleza, pueden causar daño a la salud de los trabajadores; y por aquellas en que el daño puede ser ocasionado por la clase de materiales empleados, elaborados o desprendidos o por los residuos sólidos, líquidos o gaseosos que dejaren, [...]"

#### TITULO SEGUNDO: SEGURIDAD E HIGIENE DEL TRABAJO

ART. 314: "Todo patrono debe adoptar y poner en practica medidas adecuadas de seguridad e higiene en los lugares de trabajo, para proteger la vida, la salud y la integridad corporal de sus trabajadores, especialmente en lo relativo a:

1. Las operaciones y procesos de trabajo
2. El suministro, uso y mantenimiento de los equipos de protección personal
3. Las edificaciones, instalaciones y condiciones ambientales, y
4. La colocación y mantenimiento de resguardos y protecciones que aíslen o prevengan de los peligros provenientes de las maquinas y de toso genero de instalaciones"

### TITULO TERCERO: RIESGOS PROFESIONALES

ART. 316: "Se entiende por riesgos profesionales, los accidentes de trabajo y las enfermedades profesionales a que estén expuestos los trabajadores a causa, con ocasión, o por motivo del trabajo"

ART. 317: "Accidente de trabajo, es toda lesión orgánica, perturbación funcional o muerte, que el trabajador sufra a causa, con ocasión, o por motivo del trabajo [...]"

### REGLAMENTO SOBRE SEGURIDAD E HIGIENE EN LOS CENTROS DE TRABAJO

Decreto Ejecutivo N° 7, del 2 de Febrero de 1971, publicado en el Diario Oficial N° 27, Tomo 230, del 9 de Febrero de 1971.

### PISOS Y ACERAS

ART. 5, INCISO 1: "Los patios se cubrirán parcialmente, sembrándolos de césped o recurriendo a algún otro material higiénico"

ART. 5, INCISO 3: "En los lugares de trabajo en que la técnica de la industria requiera el piso de tierra, también se construirán los pasillos impermeables que sean necesarios"

## ALIMENTOS

ART. 23: "Se prohíbe ingerir los alimentos en el interior de los locales de trabajo. Cuando las necesidades de la industria obliguen a los trabajadores a tomar sus alimentos dentro del establecimiento, se instalarán locales especialmente destinados al objeto, dotados de un número suficiente de mesas, asientos, bebederos higiénicos y lavados"

## AGUA POTABLE

ART. 29: "Todo centro de trabajo, deberá estar dotado de agua potable suficiente para la bebida y aseo personal"

ART. 34: "Queda terminantemente prohibido el uso común de vasos u otros utensilios para la bebida del agua"

## SERVICIOS SANITARIOS

"Se entiende por servicios sanitarios: inodoros o retretes, urinarios, lavamanos y los baños"

ART. 35: "Todo centro de trabajo deberá estar provisto de servicios sanitarios [...]"

ART. 36, INCISO 2 "En cada servicio deberá mantenerse el papel higiénico necesario, el cual se depositará en la taza después de su uso"

ART. 37: "En todo centro de trabajo deberá mantenerse adecuado sistema para el lavado de las manos [...] Cada lavamanos deberá estar provisto de jabón liquido o sólido"

ART. 38: "Deberán suministrarse toallas individuales de tela o papel para cada lavamanos"

ART. 39: "En todo centro de trabajo deberá instalarse por lo menos un baño de regadera con suficiente agua"

ART. 42: "Los baños, inodoros o retretes deben instalarse en recintos apropiados que ocupen una superficie no inferior a 1 m<sup>2</sup> por cada uno de ellos"

ART. 44: "Los inodoros o retretes deben instalarse afuera de los talleres o lugares destinados a la habitación o permanencia de los trabajadores, pero de ninguna manera que cuando éstos los vayan a usar, no estén expuestos a la lluvia y que el piso de comunicación este siempre limpio y seco"

#### ASEO Y ORDEN

ART. 45: "Las dependencias y lugares destinados a la habitación o permanencia de los trabajadores, deben ser mantenidos en buenas condiciones de limpieza"

ART. 46: "El almacenaje de materiales y productos se hará en sitios especiales y apropiados"

## SEGURIDAD (MEDIDAS DE PREVENCION)

ART. 55, NUMERAL 2: "Todo canal, puente, estanque, pozo, attillo, escalera, etc. deberá tener baranda o cubierta en aquellos espacios en que exista actividad industrial"

ART. 59: "Todo centro de trabajo debe contar con el equipo y medios adecuados para la prevención y extinción de incendios [...]"

## DISPOSICIONES VARIAS

ART. 73: "Todo equipo de protección, tanto para maquinarias como para los obreros, será proporcionado por los patronos. Cuando a juicio del Departamento Nacional de Previsión Social, las ropas y aparatos de protección puedan volverse vehículos de contagio, serán individuales y marcados con el nombre del trabajador o con un numero. Es obligatorio para los patronos mantener y reponer el equipo de protección que se deteriore con el uso"

ART. 74: "Es obligatorio para el trabajador el uso constante del equipo de seguridad ordenado por el patrono y asimismo, cuidar de su buena conservación"

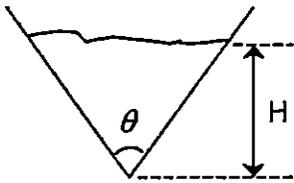
# ANEXOS

Segunda Parte

## ELABORACION DE TABLAS DE CAUDAL

A continuación se presentan las formulas para la generación de tablas de caudal para vertederos triangulares y rectangulares y medidor tipo Parshall.

### A. VERTEDERO TRIANGULAR



El caudal que pasa por un vertedero triangular se determina por la altura del tirante  $H$  y el ángulo  $\theta$ , que es ángulo que se forma entre pared y pared, utilizando la formula siguiente:

$$Q = \frac{8}{15} C_d \sqrt{2g} \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) H^{5/2}$$

Cuando  $\theta = 90^\circ$  la tarea de calcular el caudal se facilita ya que  $\theta/2 = 90/2 = 45$ , y la tangente de  $45$  es  $1$ ,  $C_d$  de un vertedero triangular tiene un valor de  $0.593$  y el término  $\sqrt{2g} = \sqrt{2(9.8)} = 4.427$ , con lo que la formula de caudal queda reducida a:

$$Q = \frac{8}{15} (0.593)(4.427) H^{5/2}$$

$$Q = 1.4 H^{5/2} \quad (1)$$

$H$  son las alturas a las que se desea calcular el caudal, deben introducirse en metros, pero para facilitar el trabajo del operador, en la tabla deben escribirse en centímetros.

EJEMPLO PARA GENERAL TABLA DE CAUDAL PARA UN VERTEDERO

TRIANGULAR  $\theta = 90^\circ$  :

1. Tomar las medidas del dispositivo:

- a) Verificar que el ángulo entre pared y pared sea  $90^\circ$
- b) Medir varios tirantes de agua (H) a diferentes horas, por varios días.

2. Hacer uso de la formula 1:

$$Q = 1.4H^{5/2}$$

Por ejemplo: para el primer H = 15 centímetros:

Como la formula se trabaja en metros H = 0.15 metros, sustituyendo:

$$Q = 1.4(0.15)^{5/2}$$

$$Q = 1.21 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{seg}$$

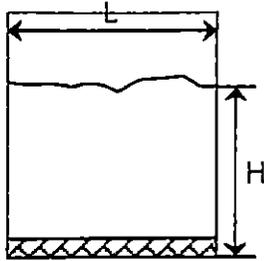
$$Q = 0.00121 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Repetir para cada tirante medido.

LA TABLA DE CAUDAL QUEDARIA ASÍ:

H = Altura del tirante (cm.)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
15	0.00121
20	0.0250
25	0.04375

## B. VERTEDERO RECTANGULAR



El caudal de un vertedero rectangular se calcula en base al ancho del vertedero (L) y la altura del tirante (H)

El caudal de un vertedero rectangular se calcula con la siguiente formula:

$$Q = \frac{2}{3} C_d \sqrt{2g} L H^{3/2}$$

Donde:

L = El ancho del vertedero se mide de interior de pared a interior de pared

$C_d$  = Tiene un valor de 0.623

$\sqrt{2g}$  = Raíz cuadrada de dos veces la gravedad,  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ , con lo que el termino a

usar es:  $\sqrt{2g} = \sqrt{2(9.8)} = 4.427$

Con lo que la formula se reduce a:

$$Q = \frac{2}{3} (0.623)(4.427) L H^{3/2}$$

$$Q = 1.838 L H^{3/2} \quad (2)$$

H son las alturas a las que se desea calcular el caudal, deben introducirse en metros, pero para facilitar el trabajo del operador, en la tabla deben escribirse en centímetros.

EJEMPLO PARA GENERAL TABLA DE CAUDAL PARA UN VERTEDERO

RECTANGULAR:

1. Tomar las medidas del dispositivo:

a) Tomar la distancia entre pared y pared L

b) Medir varios tirantes de agua (H) a diferentes horas, por varios días.

2. Hacer uso de la formula 2:

$$Q=1.838 LH^{3/2}$$

Por ejemplo: para L = 15 centímetros y el primer H = 15 centímetros:

Como la formula se trabaja en metros: L = 0.15 metros y H = 0.15 metros,

sustituyendo:

$$Q=1.838 (0.15)(0.15)^{3/2}$$

$$Q = 5.34 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{seg}$$

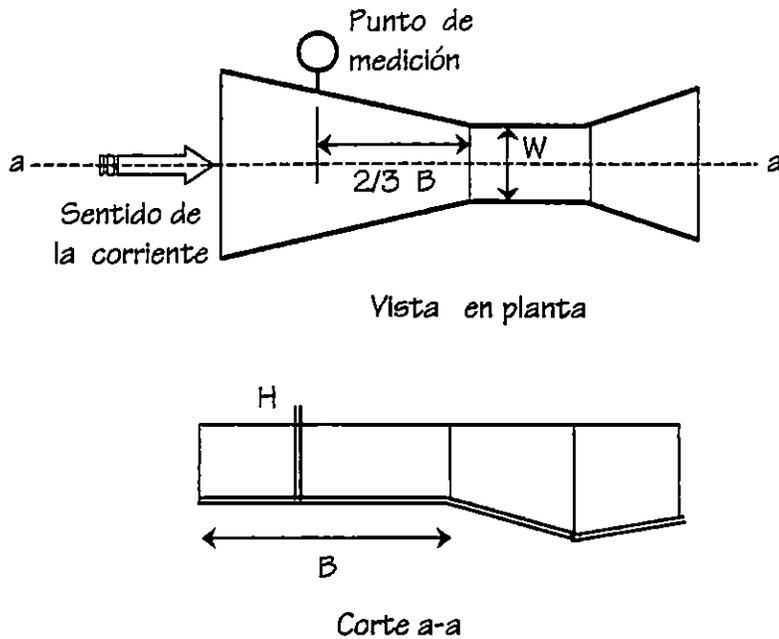
$$Q = 0.0534 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Repetir para cada tirante medido.

LA TABLA DE CAUDAL QUEDARIA ASÍ:

H = Altura del tirante (cm.)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
15	0.0534

### C. PARSHALL



El caudal a través de un medidor tipo Parshall se define en base a  $W$  que es el ancho de la garganta y  $H$  que es la altura del tirante en el punto de medición.

Las formulas de caudal varían según las dimensiones del dispositivo:

- Para  $W = 0.15$  metros = 15 centímetros.

$$Q = 0.3812 H^{1.53} \quad (3)$$

- Para  $W$  comprendido entre 0.3 y 2.50 metros.

$$Q = 0.372 W (3.281 H)^{1.57W}$$

- Para  $W$  comprendido entre 2.50 y 15 metros.

$$Q = (2.293 + 0.474) H^{1.6} \quad (5)$$

EJEMPLO PARA GENERAL TABLA DE CAUDAL PARA UN MEDIDO PARSHALL:

1. Tomar las medidas del dispositivo:

- a) Tomar la distancia entre pared y pared de la garganta W
- b) Medir varios tirantes de agua (H) a diferentes horas, por varios días.

2. Hacer uso de la formula 3,4 o 5 según W.

3. Por ejemplo: para W = 2 metros y el primer H = 18 centímetros:

Como W es de 2 metros se utiliza la formula 4 y como trabaja en metros: H =

0.18 metros, sustituyendo:

$$Q = 0.372 (2) (3.281 (0.18))^{1.57 (2)^{(0.026)}}$$

$$Q = 0.45 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Repetir para cada tirante medido.

LA TABLA DE CAUDAL QUEDARIA ASÍ:

H = Altura del tirante (cm.)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
18	0.45

FORMULARIO A

REGISTRO DIARIO DEL CAUDAL DE ENTRADA A LA PLANTA

NOMBRE DE LA PLANTA: \_\_\_\_\_ OPERADOR A CARGO: \_\_\_\_\_

MES DE: \_\_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_ SEMANA DEL \_\_\_\_\_ AL \_\_\_\_\_

	PRIMERA MEDICION						
	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
PROFUNDIDAD (Metros)							
CAUDAL (de tablas)							

	SEGUNDA MEDICION						
	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
PROFUNDIDAD (Metros)							
CAUDAL (de tablas)							

NOTA: Realizar la primera medición al iniciar el turno y la segunda al finalizarlo.

FORMULARIO B

INFORME DE OBSERVACIONES SEMANALES

PARA TANQUES SEDIMENTADORES, LAGUNAS Y PERCOLADORES

NOMBRE DE LA PLANTA: \_\_\_\_\_ OPERADOR A CARGO: \_\_\_\_\_

TURNO DE: \_\_\_\_\_ A \_\_\_\_\_ SEMANA DEL \_\_\_\_\_ AL \_\_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_  
 (mes) (año)

PARÁMETRO A OBSERVAR	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
1. ESTADO DEL TIEMPO							
Despejado con viento							
Despejado sin viento							
Sólo nublado							
Lluvia Intermitente							
Lluvia fuerte							
2. OLORES							
No se detectan							
Ligeros							
Fuertes							

PARÁMETRO A OBSERVAR	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
3. INSECTOS							
LARVAS EN EL AGUA							
No se observan							
Poca presencia							
Considerables							
ADULTOS							
No se observan							
Poca presencia							
Considerables							
4. ROEDORES							
No se observan							
Poca presencia							
Considerables							
5. PLANTAS							
No se observan							
Poca presencia							
Considerables							

PARÁMETRO A OBSERVAR	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
6. ESPUMAS Y NATAS							
Ausentes							
Pocas							
Notorias							
7. OBSERVACIONES DEL EFLUENTE							
PRESENCIA DE LODOS							
No se observan							
Poca presencia							
Considerables							
PRESENCIA DE NATAS							
No se observan							
Poca presencia							
Considerables							
COLOR DEL AGUA DEL EFLUENTE							

PARÁMETRO A OBSERVAR	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
8. LAGUNAS							
CAUDAL DE ENTRADA (m <sup>3</sup> /s)							
APARIENCIA							
Verdosa							
Verde lechosa							
Café							
Rojiza							
Negrucza							
VEGETACIÓN EN DIQUES							
Ausente							
Ligera							
Abundante							
PROBLEMAS EN DIQUES							
Grietas							
Hoyos							
Erosión							
CAUDAL DE SALIDA (m <sup>3</sup> /s)							

PARÁMETRO A OBSERVAR	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
9. PERCOLADORES							
DISTRIBUCIÓN UNIFORME							
PUNTOS MUERTOS							
<i>No se observan / Se observan</i>							
<i>Especifique el lugar</i>							
ENCHARCAMIENTOS							
<i>No se observan / Se observan</i>							
<i>Especifique el lugar</i>							

FORMULARIO C

REGISTRO DIARIO DEL TIEMPO DE DESCARGA DE LODOS

PARA TANQUES SEDIMENTADORES DORTMUND

PRIMARIO

SECUNDARIO

NOMBRE DE LA PLANTA: \_\_\_\_\_ OPERADOR A CARGO: \_\_\_\_\_

TURNO DE: \_\_\_\_\_ A \_\_\_\_\_ SEMANA DEL \_\_\_\_\_ AL \_\_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_  
 (mes) (año)

HORA / TIEMPO DE DESCARGA	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
PRIMERA DESCARGA: _____							
SEGUNDA DESCARGA: _____							

NOTA: Para controlar el volumen de lodo purgado, se debe observar éste en la caja de registro, el lodo sedimentado tendrá consistencia pastosa, cuando se observe que sale más agua que lodo del tanque deben cerrarse las válvulas.

FORMULARIO D

REGISTRO MENSUAL DE LA PROFUNDIDAD DE LODOS

IMHOFF  RAFA  LAGUNAS  OTRO: \_\_\_\_\_

NOMBRE DE LA PLANTA: \_\_\_\_\_ OPERADOR A CARGO: \_\_\_\_\_

MESES	FECHA	PROFUNDIDAD (METROS)	OBSERVACIONES
ENERO			
FEBRERO			
MARZO			
ABRIL			
MAYO			
JUNIO			
JULIO			
AGOSTO			
SEPTIEMBRE			
OCTUBRE			
NOVIEMBRE			
DICIEMBRE			

FORMULARIO F

REGISTRO DEL TIEMPO DE DESCARGA DE LODOS (PURGA DE LODOS)

IMHOFF  RAFA  DIGESTORES  OTROS

NOMBRE DE LA PLANTA: \_\_\_\_\_ OPERADOR A CARGO: \_\_\_\_\_

TURNO DE: \_\_\_\_\_ A \_\_\_\_\_ SEMANA DEL \_\_\_\_\_ AL \_\_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_  
(mes) (año)

HORA /TIEMPO DE DESCARGA	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
PRIMERA DESCARGA: _____							
SEGUNDA DESCARGA: _____							

NOTA: Para controlar el volumen de lodo purgado, se debe observar éste en la caja de registro, el lodo sedimentado tendrá consistencia pastosa, cuando se observe que sale más agua que lodo del tanque deben cerrarse las válvulas.

FORMULARIO E

PARA SISTEMAS DE LODOS ACTIVADOS

PARÁMETRO A OBSERVAR	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
1. TANQUES DE AIREACION							
PUNTOS MUERTOS <i>No se observan/ Se observan</i> Especifique lugar							
PROLIFERACION DE ESPUMA <i>No se observan/ Se observan</i> Especifique lugar							
OLORES <i>No se detectan</i>							
Ligeros							
Fuertes							

PARÁMETRO A OBSERVAR	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
2. TANQUES DE SEDIMENTACION							
LODO ASCENDENTE							
No se observan/ Se observan Especifique lugar							
LODO VOLUMINOSO							
No se observan/ Se observan Especifique lugar							
OLORES							
No se detectan							
Ligeros							
Fuertes							
INSECTOS							
No se observan/ Se observan Especifique lugar							

PARÁMETRO A OBSERVAR	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
3. PURGA DE LODOS TIEMPO QUE DURA LA DESCARGA							
4. RECIRCULACION NUMERO DE RECIRCULACIONES							
TIEMPO DE DESCARGA DE LA RECIRCULACION							