



01177714
91
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**"PROPUESTA DE UNA METODOLOGIA PARA LA
EVALUACION DE PLANTAS DE TRATAMIENTO
DE AGUA RESIDUAL. ESTUDIO DE DOS CASOS"**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE

MAESTRO EN INGENIERIA

(AMBIENTAL)

PRESENTA:

ING. MA. GUADALUPE MEDRANO BACA

DIRIGIDO POR:

M.C. LUIS GILBERTO TORRES BUSTILLOS

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

JIUTEPEC, MORELOS

DICIEMBRE DE 1997



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Dedicatorias

Dedico este trabajo con cariño

A mis padres

Sra. Leonor Vaca Barboza y

Sr. Alfredo Medrano Ortiz

Quienes me dieron todo su apoyo para lograr mis metas.

A mis hermanas

Consuelo y Ma. Eugenia

A Manuel

Por todo el apoyo que me ha brindado

Agradecimientos

*Por el apoyo económico otorgado para realizar mis estudios
le agradezco a la Comisión Nacional del Agua y al Banco Nacional de
México.*

*Por su atinada dirección y su tiempo dedicado a la revisión de este trabajo, le
agradezco al M.C. Luis Gilberto Torres Bustillos*

*Por su paciencia y tiempo dedicado a la revisión de esta tesis le agradezco a
Dra. Petia Mijaylova Nacheva
M.I. Esperanza Ramírez Camperos
M.I. Lina Cardoso Vigueros
Dr. Guillermo Larios De Anda*

CONTENIDO

Introducción.....	i
Objetivos	1
Justificación	1
Alcances.	2
Capítulo 1 Antecedentes	
1.1. Contaminación del agua en el estado de Morelos.	3
1.2. Usos del agua por sector en el estado de Morelos.....	4
1.3. Importancia del tratamiento del agua residual	4
1.4. Aguas residuales en el estado.....	4
1.4.1. Aguas residuales de origen industrial.....	6
1.4.2. Aguas residuales de retorno agrícola.....	6
1.4.3. Aguas residuales de origen municipal.....	6
1.4.4. Requerimientos de tratamiento de agua residual municipal.....	6
1.5. Capacidad de tratamiento instalada en el estado	6
Capítulo 2 Procesos de tratamiento de agua residual municipal en el estado	
2.1. Filtros percoladores (tratamiento usado en la ciudad de Cuautla).....	9
2.2. Sistema de Biodiscos (tratamiento usado en la ciudad de Cuernavaca)	11
2.3. Sistema UASB (tratamiento usado en el poblado de Acatlipa).....	14
2.4. Lodos Activados (tratamiento usado en el poblado La Alameda)	16
2.5. Reactor tipo Imhoff (tratamiento usado en unidades habitacionales).....	17
2.6. Filtro percolador (tratamiento en unidades habitacionales).....	19

Capítulo 3 Metodología propuesta para la evaluación de plantas de tratamiento de agua residual

3.1. Metodología.....	22
3.2. Elementos considerados en la evaluación.....	23
3.3. Preparación de la visita al sitio	21
3.3.1. Recopilación y revisión de la información de las instalaciones físicas de la planta	24
3.3.2. Recopilación y revisión de la información que describe el estado que guarda la planta	24
3.3.3. Preparación de cuestionario de evaluación previa a la visita.....	25
3.4. inspección del sitio	
3.4.1. Fases en que se realiza la inspección.....	25
3.4.2. Revisión de registros	26
3.5. Identificación del problema	27
3.5.1. Problema definido.....	27
3.5.2. Problema no especificado.....	28
3.5.3. Problemas de mantenimiento	28
3.6. Evaluación total de la planta	28
3.7. Reporte final.....	29
3.8. Aplicación de la metodología a la evaluación de dos plantas	29
3.8.1. Selección de las plantas a evaluar	29
3.8.2. Plantas de tratamiento seleccionadas	30

Capítulo 4 Evaluación de la planta de tratamiento La Joya

4.1. Preparación previa a la visita a la planta	31
4.1.1. Recopilación y revisión de la información existente	31
4.1.2. Identificación de requerimientos de descarga	35
4.2. Recopilación y revisión de la información que describe el estado que guarda la planta	36
4.3. Inspección de la planta	37

4.4. Revisión de registros.....	38
4.4.1. Registros de flujo	38
4.4.2. Registros de control de bombas y gastos de energía.....	38
4.4.3. Registros de datos operacionales	38
4.4.4. Comparación de datos operacionales con criterios de diseño	41
4.5. Identificación del problema	44
4.5.1. Problemas relacionados con el diseño.....	45
4.5.2. Problemas relacionados al proceso.....	45
4.5.3. Problemas de mantenimiento	45
4.6. Propuestas de solución.....	42

Capítulo 5 Evaluación de la planta de tratamiento El Paraje

5.1. Preparación previa a la visita a la planta	48
5.1.1. Recopilación y revisión de la información existente	48
5.1.2. Identificación de requerimientos de descarga	55
5.2. Recopilación y revisión de la información que describe el estado que guarda la planta	56
5.3. Inspección de la planta	56
5.4. Revisión de registros.....	58
5.4.1. Registros de flujo	58
5.4.2. Registros de control de bombas y gastos de energía.....	58
5.4.3. Registros de datos operacionales	58
5.4.3. Registros de precipitación y temperatura	58
5.4.4. Comparación de datos operacionales con criterios de diseño	62
5.5. Identificación del problema	66
5.5.1. Programa de muestreo para obtener datos adicionales	66
5.5.2. Problemas relacionados con el diseño	69
5.5.3. Problemas relacionados con sobrecargas hidráulicas	69
5.5.4. Problemas relacionados al proceso.....	69
5.5.5. Problemas de mantenimiento	70
4.6. Propuestas de solución.....	70

Capítulo 6 Conclusiones	73
Referencias Bibliográficas.....	76
Anexos.	
Anexo1. Procesos y operaciones unitarias más comunes usadas en el tratamiento de agua residual.....	78
Anexo 2. Requerimientos de personal en la planta de tratamiento.....	80
Anexo 3. Criterios de diseño para tanques Imhoff y filtros percoladores	82
Anexo 4. Normatividad sobre descargas de agua residual.....	86
Anexo 5. Problemas más comunes que se presentan en los sistemas analizados	90
Anexo 6. Guía de evaluación para plantas de tratamiento de agua residual.....	98

INTRODUCCIÓN

Toda comunidad genera residuos tanto líquidos como sólidos, los líquidos "*aguas residuales*" es el agua que se desprende de la comunidad una vez que ha sido contaminada debido a los diferentes usos para los cuales ha sido empleada. El agua residual es la combinación de los residuos líquidos procedentes tanto de residencias como de instituciones públicas y establecimientos industriales y comerciales, a los que pueden agregarse eventualmente, aguas subterráneas, superficiales y pluviales.

Si se permite la acumulación y estancamiento de agua residual, la descomposición de la materia orgánica que contiene puede conducir a la generación de grandes cantidades de gases malolientes, si a esto se añade la presencia frecuente de numerosos microorganismos patógenos causantes de enfermedades y al contenido de nutrientes que pueden estimular el crecimiento de plantas acuáticas y además existe la posibilidad de contener compuestos tóxicos. Es por todo ello que la evacuación inmediata y sin molestias del agua residual de sus fuentes de generación, seguida de su tratamiento y eliminación, es no sólo deseable, sino también necesario.

Aunque la captación y drenaje de aguas pluviales datan de tiempos antiguos, la recogida de aguas residuales no aparecen hasta principios del siglo XIX, mientras que el tratamiento de aguas residuales data de finales del siglo pasado y principios del presente.

Actualmente en nuestro país ocho de cada nueve poblaciones que disponen de agua potable carecen de red de alcantarillado, y aún en ciudades donde tienen este servicio, tienen grandes áreas que carecen de el, con lo cual se han generado grandes problemas de contaminación. En algunos lugares, han recurrido al empleo de fosas sépticas para la depuración parcial del agua residual, sin embargo son tantas que resulta contraproducente, generando otro tipo de problemas, en otras poblaciones, los efluentes se vierten a redes de drenaje que finalmente descargan a causas superficiales en los que la dilución y auropurificación del cuerpo de agua es insuficiente.

En el intento de cumplir las especificaciones a las leyes sobre el control de la contaminación del agua, la preocupación por la salud pública y el medio ambiente está desempeñando un papel cada vez más importante en la elección y diseño tanto de la red de alcantarillado como de las plantas de tratamiento.

Actualmente se esta vigilando de cerca la emisión de contaminantes al medio ambiente. Los olores son a ojos de la opinión pública una de las preocupaciones más serias.

El tratamiento de las aguas residuales fue desarrollado como una respuesta para proteger la salud pública y el medio ambiente, esto llevó al desarrollo de sistemas biológicos de tratamiento, duplicando el proceso de autopurificación natural observado en las lagunas y ríos, bajo condiciones contralables.

El tratamiento de las aguas residuales se inició con el propósito de; remover sólidos flotantes, reducir la cantidad de materia orgánica biodegradable y eliminar microorganismos patógenos, desafortunadamente estos objetivos han sido alcanzados con un bajo porcentaje en nuestro país.

Actualmente, la legislación mexicana, induce al cumplimiento de normas en las que se definen la cantidad de contaminantes permitidos de descarga, por lo que muchos municipios están teniendo que tomar decisiones comprometidas en relación a la financiación de las mejoras en la gestión de las aguas residuales, es por eso que se esta estudiando la efectividad de las instalaciones y mejoras de instalaciones existentes que se proponen, especialmente en cuanto al funcionamiento de las plantas de tratamiento.

En los últimos años, se ha invertido mucho dinero en la construcción de plantas de tratamiento de agua residual, desgraciadamente el funcionamiento de muchas de estas instalaciones no ha satisfecho plenamente las condiciones exigidas por la normatividad de vertido. Existen diversas alternativas de tratamiento o una combinación de ellas, las cuales dependen de las características del influente y las requeridas en el efluente.

De los sistemas de tratamiento utilizados en el país, se esta popularizando el uso de los sistema de biomasa fija, o sea biodiscos y filtros rociadores, ya que su operación es relativamente económica comparada con otros sistemas, del sistema de filtros rociadores, existen en el estado 5 plantas instaladas, por lo que se consideró necesario proponer una metodología de evaluación del funcionamiento de este sistema.

En el presente trabajo se propone una metodología para evaluar dichas plantas, y se realiza una evaluación de las plantas de tratamiento de las unidades habitacionales La Joya y El Paraje, mismas que tienen instalado un tratamiento anaerobio mediante un tanque Imhoff y un sistema aerobio de filtros rociadores (percoladores) respectivamente.

Introducción

El presente trabajo tiene como objetivo determinar las causas por las cuales dichas plantas no alcanzan los rendimientos esperados, y proponer alternativas de solución si existen.

En el capítulo I; Se identifican las fuentes de contaminación así como los requerimientos de tratamiento en el estado.

En el capítulo II; Se discuten los sistemas de tratamientos de agua residual que existen en el estado

En el capítulo III; Se propone una Metodología para evaluar las plantas de tratamiento antes mencionadas.

En el capítulo IV; Se aplica la metodología propuesta a la evaluación de las plantas de tratamiento La Joya y El Paraje.

OBJETIVOS

GENERAL

Contar con una metodología para la evaluación de plantas de tratamiento de agua residual y aplicarla en la evaluación de las plantas prototipo instaladas en unidades habitacionales en el estado de Morelos con la finalidad de identificar las causas por las cuales no alcanzan la eficiencia deseada.

ESPECÍFICOS

1. Revisión de los procesos de tratamiento de agua residual municipal que existen en el estado de Morelos.
2. Proponer una metodología para la evaluación de las plantas de tratamiento de agua residual prototipo instaladas en unidades habitacionales del estado de Morelos.
3. Aplicación de la metodología propuesta en la evaluación de dos de las plantas prototipo, detectando las causas que afectan la eficiencia de operación de las mismas y proponer medidas correctivas.

JUSTIFICACIÓN.

La expansión de la mancha urbana y el desarrollo industrial en forma no planeada han incrementado la contaminación del agua superficial y subterránea con la introducción de desechos de diferente índole, que ha alterado la ecología de los hábitats acuáticos, deteriorando su calidad a tal grado que estas no reúnen las características necesarias para los usos que hasta la fecha se han venido dando al agua. Asimismo, se han presentado serios problemas de salud debidos a dicha contaminación, principalmente, enfermedades gastrointestinales.

Dado que uno de los medios que más contribuye a esta contaminación son las descargas de agua residual municipal, una de las medidas de control reglamentadas en la Ley de Aguas Nacionales es establecer y vigilar el cumplimiento de las condiciones de descarga que deben cumplir las aguas residuales vertidas directamente en aguas y bienes nacionales o en cualquier terreno, cuando dichas descargas puedan causar problemas de contaminación.

Para dar cumplimiento a esta disposición, los municipios y unidades habitacionales deben instalar plantas de tratamiento de sus aguas de desecho, con la finalidad de minimizar o evitar los efectos de la contaminación en los cuerpos de agua, para esto, el efluente debe cumplir con las condiciones de descarga establecidas que se les fijen.

En el estado de Morelos existen instaladas varias plantas de tratamiento de agua residual, especialmente en unidades habitacionales, mismas que en su mayoría no cumplen con dichas condiciones o bien se encuentran en el abandono, por lo anterior es importante realizar una evaluación de dichas plantas para determinar las posibilidades para que la infraestructura existente sea aprovechada.

ALCANCES

1. Conocer los sistemas de tratamiento que se utilizan en el estado de Morelos para dar tratar el agua residual de origen municipal.
3. Evaluar la eficiencia de dos plantas prototipo instaladas en el estado, e identificar los problemas más comúnmente encontrados en la operación de las plantas.
4. Recomendaciones para mejorar la eficiencia de operación de las plantas de tratamiento evaluadas.

ANTECEDENTES

1.1. Contaminación del agua en el estado de Morelos

En el estado de Morelos, al igual que en muchos otros estados del país, las barrancas y ríos son usados para desalojar las aguas residuales y desechos generados a consecuencia del desarrollo industrial, urbano, turístico y agropecuario. Lo anterior, aunado a la diversificación y ampliación de los servicios, ha generado una serie de problemas ambientales. Los efectos contaminantes en mayor o menor grado que ha venido sufriendo la calidad de las aguas tanto superficiales como subterráneas, es uno de los principales problemas, lo cual trae como consecuencia alteración en la ecología de ambientes acuáticos y los convierte en un transmisor de agentes nocivos que afectan la salud del hombre y de los animales.

Como resultado de diversos estudios de la calidad de las aguas superficiales, se han determinado tres zonas de contaminación en el estado, y son las siguientes.

Zona I, ligeramente contaminada

La zona ligeramente contaminada se localiza a lo largo del río Amacuzac, y en la parte baja del río Cuautla, donde las corrientes presentan un alto grado de depuración y dilución. Los ríos Amatzinac y Tepalcingo, se encuentran en el mismo caso.

Zona II, medianamente contaminada

La zona medianamente contaminada se localiza en las subcuencas de los ríos Chalma, Tembembe, Tetlama y Yautepec.

Zona III, altamente contaminada.

La zona que se considera altamente contaminada se ubica principalmente en la parte baja del río Apatlaco y en el río Cuautla en su porción más densamente poblada.

1.2. Usos del agua por sector en el estado de Morelos

La demanda total de agua en el estado es de 1,139.5 Mm³ anuales, de los cuales el 73 % proviene de fuentes superficiales y el 27 % de fuentes subterráneas. El agua se distribuye por sectores de la siguiente forma:

a. Uso agropecuario

Este sector demanda 961.5 Mm³ de agua por año, de los cuales el 84 % corresponde a fuentes superficiales y el 16 % a fuentes subterráneas.

b. Uso Urbano

La población demanda 148.0 Mm³ anuales, de los cuales el 88 % proviene de fuentes subterráneas y el 12 % de fuentes superficiales.

c. Uso Industrial

Las industrias del estado en conjunto, demandan 32.0 Mm³ por año, de los cuales el 89% es obtenido de fuentes subterráneas y el 11 % de superficiales.

1.3. Importancia del tratamiento del agua residual

En nuestro país, 8 de cada nueve poblaciones que disponen de agua potable, carecen de red de alcantarillado y aun en ciudades importantes que tienen este servicio, existen grandes áreas que carecen de él, originando con ello grandes problemas de contaminación ambiental. El empleo de fosas sépticas para la depuración de las aguas residuales domésticas ya resulta inadecuado debido a que la depuración es parcial y son tantas que los influentes infiltrados en el subsuelo llegan a aflorar, estancándose en zonas bajas, algunas densamente pobladas o a mezclarse con aguas subterráneas, que constituyen fuentes de abastecimiento de agua potable.

Por otro lado, las redes de drenaje son descargados a causas superficiales generando altos niveles de contaminación ya que la dilución y autopurificación de los mismos es insuficiente.

Antecedentes

El tratamiento de aguas residuales surgió como una respuesta a este problema para proteger la salud pública, evitar la degradación de los cuerpos acuáticos y proteger las reservas de agua.

Lo anterior llevó al desarrollo de sistemas biológicos para el tratamiento de las aguas de desecho, duplicando bajo condiciones controladas el proceso de autopurificación natural observado en lagunas y ríos.

Los objetivos de los tratamientos biológicos y físicos de las aguas de desecho municipales e industriales son el remover los sólidos coloidales, estabilizar la materia orgánica y reducir el contenido de patógenos a límites mínimos.

Debido a que el agua de la mayoría de los cuerpos de agua superficiales en el estado se usa para riego agrícola, en el tratamiento es necesario, remover patógenos, reducir carga orgánica y disminuir la cantidad de nutrientes al mínimo, ya que son capaces de estimular el crecimiento de plantas.

1.4. Aguas residuales en el estado de Morelos

En el estado de Morelos, existen básicamente tres tipos de fuentes de contaminación: la industrial, la agrícola y la generada por la población.

1.4.1. Aguas residuales de origen industrial

En Morelos se localizan cuatro núcleos importantes generadores de aguas residuales industriales, los cuales se ubican de la forma siguiente:

- a. El primer núcleo lo constituyen las empresas localizadas en la ciudad de Cuernavaca, mismas que generan un gasto aproximado de 38.12 lps. de agua residual y son descargadas a los arroyos de la región cuyo uso principal es el riego agrícola.
- b. El segundo núcleo se localiza en el municipio de Jiutepec, en donde se encuentran entre otras, las empresas de la Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca (CIVAC), mismas que en conjunto aportan un gasto aproximado de 110 lps. Éstas descargan a un colector que lleva las aguas a la planta de tratamiento ECCACIV, donde son tratadas, y finalmente descargadas al arroyo Puente Blanco.
- c. En las proximidades de la ciudad de Cuautla, se encuentra el tercer núcleo de generación de aguas residuales de tipo industrial, que en conjunto originan un gasto total de 227.7 lps. Estas aguas son dispuestas en los arroyos y ríos cuyo principal uso es el agrícola.

- d. En Zacatepec, el ingenio azucarero, descarga sus aguas residuales a la zona de riego aledaña misma que a través de canales de retorno agrícola ingresa al río Apatlaco.

Con lo anterior se tiene un gasto total de aguas residuales de origen industrial de 693.52 lps, de los cuales solamente son tratados aproximadamente 139.89 lps.

1.4.2. Aguas residuales de retorno agrícola

La necesidad de una agricultura competitiva ha intensificado el uso indiscriminado de plaguicidas, lo que provoca por arrastre, efectos residuales de contaminación por las aguas de retorno agrícola.

Se estima que las descargas por retorno agrícola son del orden de 190 Mm³ anuales, y alrededor de 160 Mm³ son infiltrados por percolación profunda a causa de la mala aplicación del riego a los cultivos.

1.4.3. Aguas residuales de origen municipal

El estado de Morelos cuenta con 1'442,587 habitantes (INEGI, 1995), y existe una cobertura promedio de agua potable del 85 %, por otro lado, se tiene una dotación promedio de 200 litros por habitante por día y considerando un factor de uso de agua del 20 %, se tiene lo siguiente: se distribuye un gasto de 89.51 Mm³ anuales y como consecuencia, existe una generación de aguas residuales de aproximadamente 71.61 Mm³ anuales.

1.4.4. Requerimientos de tratamiento de aguas residuales de origen municipal

Una de las acciones necesarias para sanear los cuerpos de agua y evitar que se sigan deteriorando más, es el tratamiento de aguas residuales antes de verterlas a los mismos. En el estado se requiere una capacidad para tratar aguas de origen municipal de 71.61 Mm³ anuales.

1.5. Capacidad de tratamiento de agua residual municipal instalada en el estado

Con el objeto de proteger la salud pública, prevenir y controlar la contaminación de las aguas para preservar la calidad de los cuerpos de agua, en 1989 se inició en el estado la instalación de plantas de tratamiento de aguas de desecho en unidades habitacionales, iniciando en el mismo año con la instalación de las siguientes:

Antecedentes

	Planta de tratamiento	Población	Gasto (lps)
1.	Piedra Blanca	Cuautla	6
2.	Las Águilas	Cuernavaca	8
3.	Lomas de Cortés	Cuernavaca	8
4.	Teopanzolco	Cuernavaca	12
5.	Cd. Chapultepec	Cuernavaca	10
6.	Los Laureles	Cuernavaca	8
7.	Tejalpa	Jiutepec	14

De las cuales solamente la 3 y la 4 se encuentran en operación. Posteriormente, en 1991, se instalaron dos plantas más:

	Planta de tratamiento	Población	Gasto (lps)
1.	IMTA	Jiutepec	1.8
2.	Plaza Cuernavaca	Cuernavaca	1.7

En 1992, se instalaron 5 plantas más. La ciudad de Cuautla fue la primera en el estado en instalar una planta que trata las aguas de desecho de la población de la ciudad, lo cual significó un gran paso para resolver los problemas de la contaminación del río Cuautla.

	Planta de tratamiento	Población	Gasto (lps)
1.	Cuautla	Cuautla	420
2.	Inst. Nal. de Salud Pública	Cuernavaca	4
3.	Parque la Alameda	Jiutepec	8
4.	San Carlos	Yautepec	20
5.	La Joya	Jiutepec	12

De las anteriores, la planta San Carlos no se encuentra en operación.

En 1993, se instalaron 4 plantas más:

	Planta de tratamiento	Población	Gasto (lps)
1.	San José los Laureles	Tlayacapan	42.
2.	Ticuman	Tlaltizapan	9.7
3.	El Paraje	Jiutepec	27
4.	El Pochotal	Jiutepec	1

De las cuales la de Ticuman no se encuentra en operación. En 1994, se instalaron 5 plantas más:

Antecedentes

	Planta de tratamiento	Población	Gasto (lps)
1.	Plaza comercial Jacarandas	Cuernavaca	0.16
2.	Tabachines-Acapatzingo	Cuernavaca	400
3.	Huatecalco	Tlaltizapan	NC
4.	Acatlipa	Temixco	12
5.	Las cañas	Jojutla	0.15

NC = no se conoce

De las anteriores, la 3, 4 y 5 no operan

En resumen, en el estado de Morelos se tiene una capacidad para tratar aguas residuales de origen urbano de 1,109.06 lps, misma que no es explotada en su totalidad, ya que solamente son tratados 746.65 lps. Esto se debe principalmente a que actualmente algunas de las plantas no están funcionando y otras más no operan a su máxima capacidad por diversas razones.

Para 1995, Se tenía propuesto por el Gobierno del Estado, la construcción de 9 plantas de tratamiento en las localidades siguientes:

Localidad	Planta de tratamiento
Jiutepec	La Gachupina
	Puente Blanco
Yautepec	Yautepec
Jojutla	Jojutla
Tlaquiltlenango	Tlaquiltlenango
Temixco	Temixco
Tlaltizapan	Tlaltizapan
Puente de Ixtla	Puente de Ixtla
Zacatepec	Zacatepec

Las cuales en conjunto están proyectadas para tratar un gasto total de 815 lps,

Para el año 1995 se tenía proyectado el tratamiento de 25.7 Mm³ por año, que aunados a la capacidad de tratamiento existente sumarian 60.68 Mm³ por año, o sea el 51 % del total, con lo cual se protege al ambiente, se fomenta la inversión productiva en el uso del agua tratada y se promueve el desarrollo sustentable a nivel estatal.

PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL MUNICIPAL EXISTENTES EN EL ESTADO DE MORELOS

Los procesos más comunes que se han empleado en el tratamiento de las aguas residuales de origen municipal en el estado de Morelos, son los siguientes:

2.1. Filtros percoladores, tratamiento de agua residual utilizado en la ciudad de Cuautla

En el año 1992, en la ciudad de Cuautla se instaló la primer planta de tratamiento municipal para sanear las aguas de desecho, lo cual significó un gran paso para resolver los problemas de la contaminación del río Cuautla.

a. Descripción de la planta

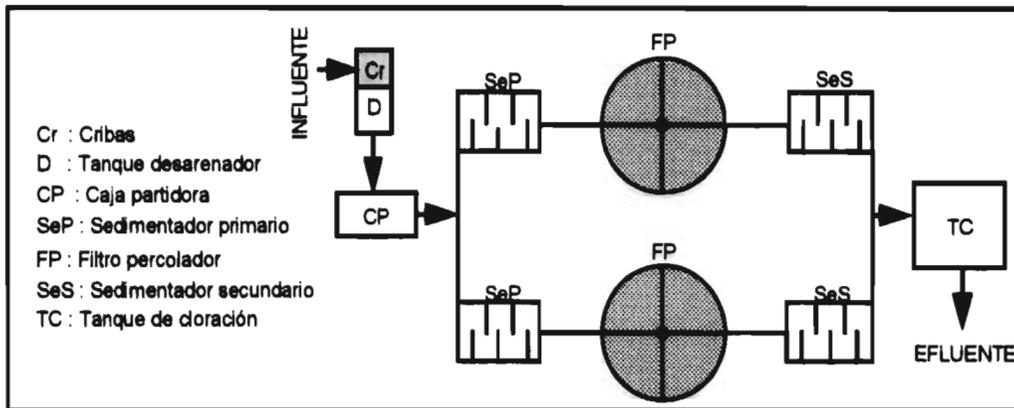
La planta está formada por dos trenes de tratamiento de 210 lps cada uno, (ver figura No. 1), los cuales son alimentados por una caja partidora localizada en la descarga del pretratamiento.

El pretratamiento consiste en el cribado del agua cruda, aquí se realiza la eliminación de sólidos gruesos por medio de rejillas de operación manual, y desarenación en canales tipo Essen también de operación manual, que al final tienen canaletas Parshall para control de la velocidad y medición del gasto.

Los *parshall* descargan a un canal recolector que comunica con la caja distribuidora, que a su vez alimenta a los trenes de tratamiento. Cada tren de agua consta de lo siguiente: un sedimentador primario, un filtro rociador, un sedimentador secundario y un tanque de contacto de cloro.

Una vez alimentado el sedimentador primario, el agua fluye por gravedad hasta el filtro, de donde por bombeo se alimenta el sedimentador secundario, posteriormente el agua continua por gravedad hasta el tanque de contacto de cloro y al sitio de vertido.

FIGURA No. 1
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL
DE LA CIUDAD DE CUAUTLA



b. Principio de operación

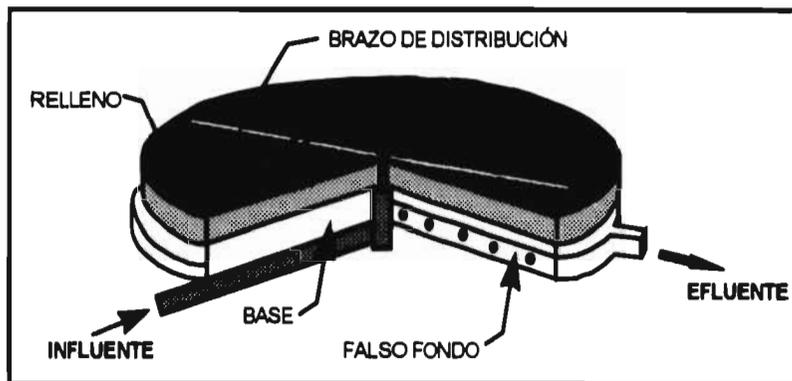
El corazón del proceso de tratamiento son los filtros rociadores de alta carga (Ver figura No. 2). Estos constan de lechos de roca o material plástico, a cuya superficie se adhieren los microorganismos que se alimentan de la materia orgánica de las aguas residuales. El influente se dispersa uniformemente en una delgada lámina de agua sobre dicha superficie mediante un distribuidor rotatorio. El flujo pasa a través del lecho permitiendo a la lámina de agua negra absorber oxígeno al descender por los vacíos del medio rocoso, lo cual origina un tiro de aire en el mismo sentido del escurrimiento.

La capa biológica desarrollada, se desprende cíclicamente del lecho en forma natural y posteriormente se sedimenta en un clarificador. Una vez que el agua residual ha pasado a través del lecho filtrante es colectada en un falso fondo ventilado y conducida a un sedimentador secundario, donde se precipita el lodo generado durante el proceso y se regresa vía bombeo, al sedimentador primario, del cual es extraído junto con los lodos primarios para enviarse al tratamiento de lodos.

c. Tratamiento de lodos

El tren para el manejo de lodos esta formado por un espesador y un estabilizador. Para reducir el volumen de los lodos y el posible impacto que éstos causarían a la salud pública de no disponerse adecuadamente, se emplea el proceso de estabilización con cal. Los lodos estabilizados se extraen con una pipa del tanque de mezcla, para disponerlos por aspersión en terrenos que debido a su mala calidad requieren acondicionador de suelos.

FIGURA No. 2
FILTRO PERCOLADOR



2.2. Sistema de Biodiscos, tratamiento de agua residual utilizado en la ciudad de Cuernavaca

Las aguas residuales generadas en la ciudad de Cuernavaca son uno de los principales focos de contaminación del río Apatlaco y de las barrancas de la ciudad. En 1994 se instaló la planta de tratamiento para tratar dichas aguas y mitigar un poco la contaminación de dicho río.

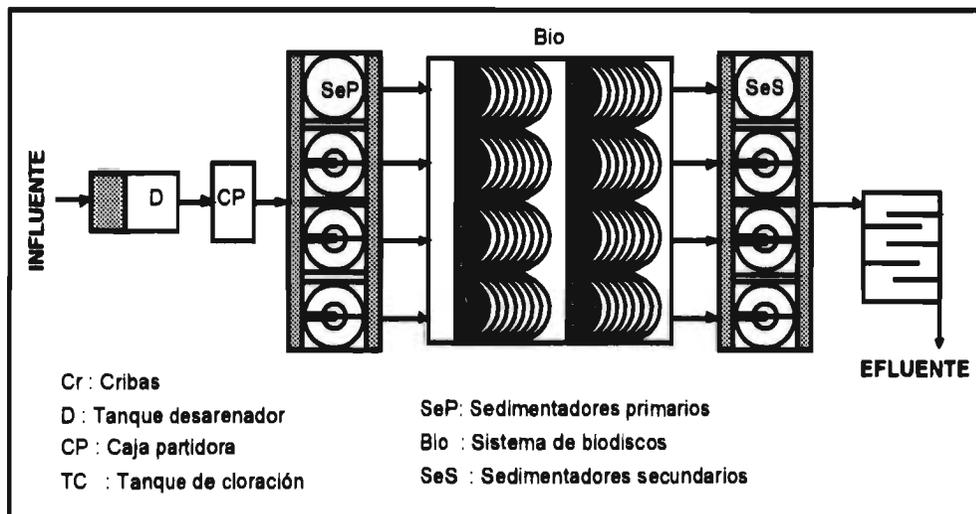
a. Descripción de la planta

La remoción de materia gruesa se realiza al pasar el agua por una caja de cribas que está formada por dos etapas de rejillas gruesas, dos rejilla finas autolimpiables, y desarenador para sedimentar material pesado.

El agua que sale del desarenador es transportada por gravedad hasta una caja partidora, (ver figura No. 3), desde la cual fluye por gravedad a seis clarificadores primarios para remover sólidos suspendidos (en la primera fase sólo están operando cuatro, los dos restantes se encuentran en obra civil).

El agua que sale del clarificador es enviada a 18 trenes de biodiscos (en la primera fase sólo operan doce). Posteriormente el agua fluye por gravedad a seis clarificadores secundarios (en la primera fase sólo operan 4). El agua que se vierte de los clarificadores secundarios, es tratada en un tanque de contacto con gas cloro. El tanque de retención es un laberinto, con lo cual se da al agua clorada suficiente tiempo de retención para asegurar la eliminación completa de patógenos.

FIGURA No. 3
PLANTA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES
DE LA CIUDAD DE CUERNAVACA



b. Principio de operación

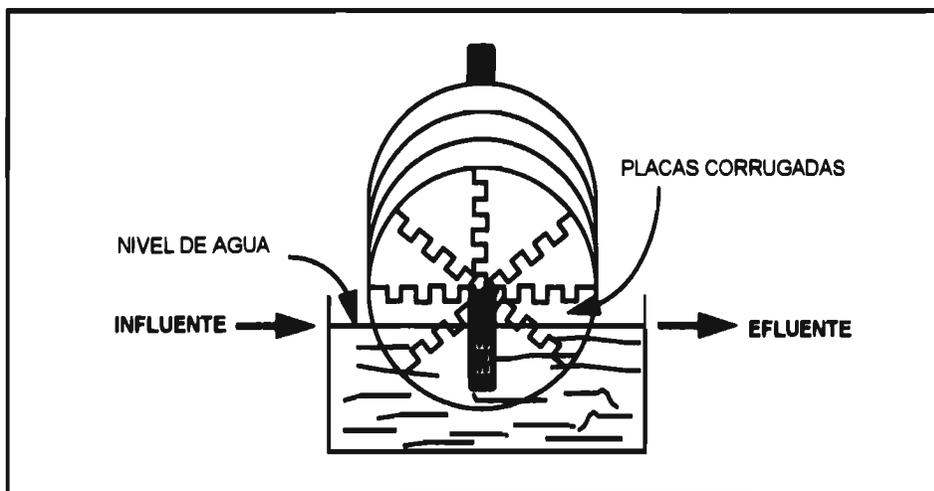
Los clarificadores primarios separan el agua de la materia orgánica en suspensión, misma que sedimenta como lodo y es enviada a la estación de secado y de ahí a la planta de composteo. El agua clarificada y decantada se recircula a los tanques de biodiscos.

Los sistemas de biodiscos, (figura No. 4) integran un método para procesar agua residual degradando la materia orgánica. Los biodiscos son un proceso biológico que se conoce como de película fija. Este proceso utiliza una población estable y duradera de bacterias benéficas, las cuales se alimentan de los contaminantes del agua.

Los biodiscos están instalados en serie y acomodados en piletas de concreto. La primera etapa está compuesta de placas corrugadas de polietileno, las cuales forman un medio filtrante con empaque de baja densidad. Las bacterias benéficas se adhieren a estas placas formando la película fija y éstas proliferan digiriendo compuestos orgánicos nocivos. Los biodiscos de baja densidad son seguidos de biodiscos con placas de media densidad y éstos a su vez envían el agua a una etapa final de biodiscos de alta densidad. Una vez que el agua completa esta travesía a lo largo de las diferentes etapas de biodiscos, se remueven la mayoría de los contaminantes orgánicos.

El efluente del sistema de biodiscos, se vierte a los clarificadores secundarios, los cuales remueven cualquier sólido en suspensión remanente.

FIGURA No. 4
SISTEMA DE BIODISCOS



c. Tratamiento de lodos.

Los lodos se envían por bombeo a un tanque reactor donde son mezclados con cal para su estabilización (destrucción de patógenos por la elevación del pH a 13 aproximadamente), después del proceso de estabilización, los lodos son desaguados mediante un filtro de cintas a presión y posteriormente son mezclados con bagazo de caña y finalmente son tratados por composteo y el lodo así tratado es utilizado para mejorar suelos en jardinería.

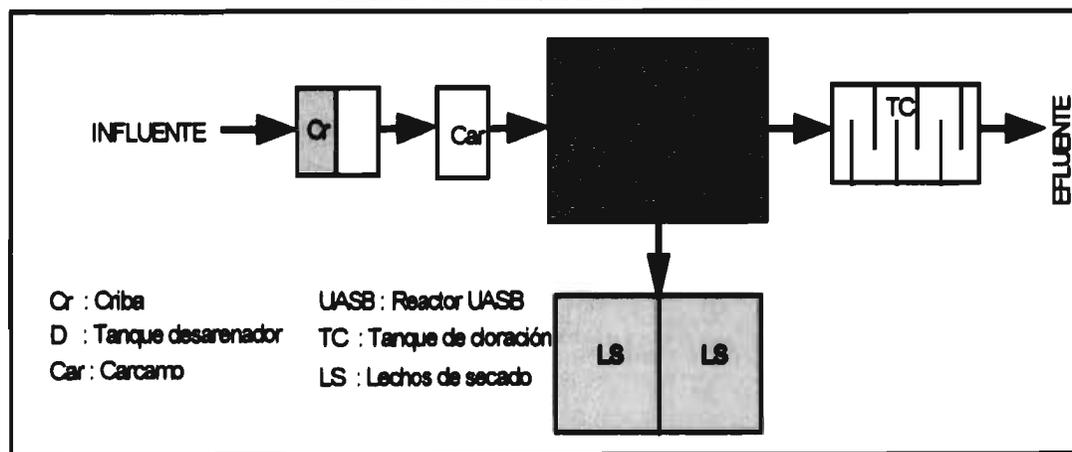
2.3. Sistema UASB, tratamiento de agua residual utilizado en el poblado de Acatlipa

La población de Acatlipa, descarga sus aguas residuales al río Apatlaco, contribuyendo así a la disminución en la contaminación del mismo. Como una medida de mitigación, en 1994, se instaló una planta de tratamiento de aguas residuales con las siguientes características:

a. Descripción de la planta

La remoción de materiales gruesos, se realiza a través de rejillas o cribas (ver figura 5) y los materiales pesados son retenidos en un tanque desarenador. Posteriormente, el agua pasa a un cárcamo de bombeo, de donde es enviada a un reactor de tipo UASB (por sus siglas en inglés; *Upflow Anaerobic Sludge Blancket Reactor*), o reactor anaerobio de flujo ascendente y manto de lodos. Finalmente, el agua pasa a través de un tanque de cloración, el cual se encuentra en forma de laberinto para asegurar la eliminación de patógenos. El efluente de la planta es descargado al río Apatlaco.

FIGURA No. 5
PLANTA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES
DE LA POBLACIÓN DE ACATLIPA



b. Principio de operación

El reactor anaerobio con flujo ascendente y manto de lodos (ver figura No. 6), opera de la siguiente manera: el agua residual entra por debajo del reactor y el efluente tratado sale por la parte superior. El reactor no contiene ningún relleno para soportar el crecimiento biológico. El lodo formado en el reactor puede considerarse dividido en dos zonas. La zona 1, se llama lecho de lodo y la zona 2 es el manto de lodo. La

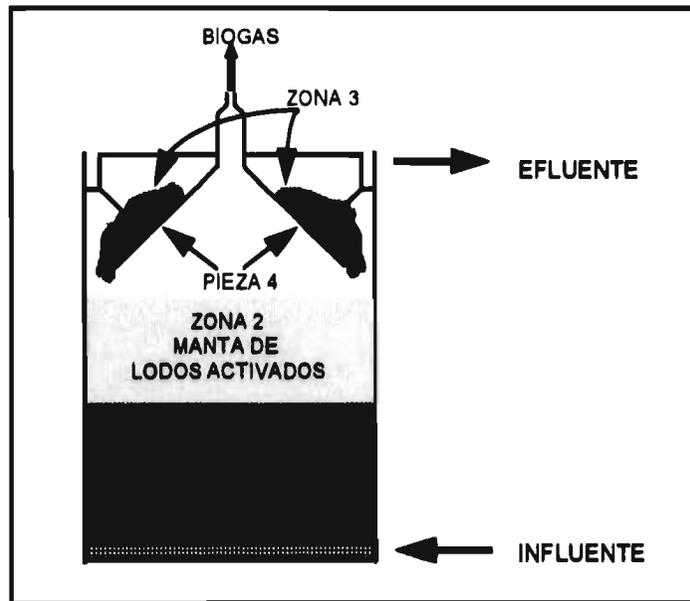
diferencia entre las dos zonas es que el lodo en la primera es mucho más compacto que en la segunda.

La pieza 4 sirve de sedimentador de lodo y de colector de gas. La pantalla crea una zona de bajo nivel de turbiedad (zona 3), donde aproximadamente el 99% del lodo en suspensión sedimenta y es retornado al reactor. La pieza 4 también sirve para recuperar el gas anaerobio que sale del centro.

c. Tratamiento de lodos

Los pocos lodos generados y estabilizados en el proceso biológico, son depositados por gravedad en lechos de secado de lodos, donde se les adiciona cal.

FIGURA No. 6
REACTOR UASB



Existen además de la planta de tratamiento de Acatlipa, otras tres poblaciones en el estado con este mismo proceso (Reactor UASB) y son las siguientes:

- a). Tlaltizapan
 - Ticumán
 - Huatetelco
- b). Temixco
 - La Parota

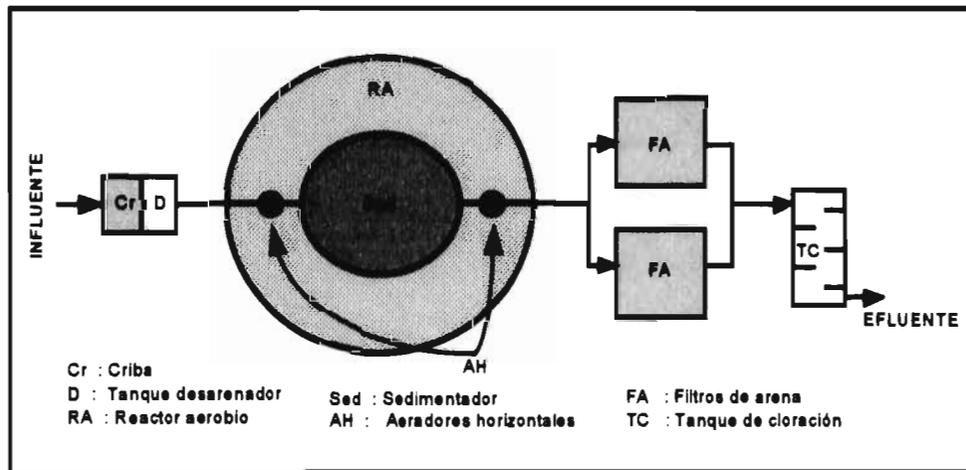
2.4. Sistema de lodos Activados, tratamiento de agua residual utilizado en el poblado La Alameda

La planta de tratamiento la Alameda, opera con un proceso de lodos activados, el cual se describe a continuación:

a. Descripción

El influente entra a la planta a través de un canal provisto de rejillas, y de un desarenador (figura N° 7), posteriormente entra a un tanque elevado, que hace la función de un reactor, equipado con dos aeradores horizontales. El reactor es circular y en el centro del mismo se localiza el clarificador secundario. El agua que sale del sedimentador, pasa por gravedad a unos filtros de arena, los cuales descargan a un canal que lleva el agua tratada a un tanque de cloración, mismo que está construido en forma de laberinto para aumentar el tiempo de retención hidráulico y asegurar la destrucción de patógenos.

FIGURA No. 7.
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL
LA ALAMEDA



b. Principio de operación

En el proceso de lodos activados, el agua residual se estabiliza biológicamente en un reactor bajo condiciones aerobias. El ambiente aerobio se logra mediante el uso de aireación por medio de difusores o sistemas mecánicos. Al contenido del reactor se le denomina licor mezclado y una vez que el agua residual ha sido tratada en el reactor, la masa sobrante es eliminada o purgada.

La materia orgánica del agua residual, es utilizada por las bacterias con el fin de obtener energía para la síntesis del resto de la materia orgánica en nuevas células. Una parte del residuo original es oxidado a compuestos de bajo contenido energético, tales como NO_3^- , SO_4^{2-} y CO_2 y el resto es sintetizado en materia celular.

c. Tratamiento de lodos

Los lodos generados en el proceso no reciben tratamiento.

Otras planta de tratamiento que operan con este sistema se localizan en las siguientes localidades:

Municipio	Planta de Tratamiento
Temixco	Instituto de Investigaciones Eléctricas
Cuernavaca	Plaza Comercial Cuernavaca
Yautepec	Centro Vacacional IMSS.

2.5. Reactor tipo Imhoff, tratamiento de agua residual utilizado en unidades habitacionales

En el estado de Morelos, se inició la instalación de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas en las unidades habitacionales, siendo el Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT) uno de los precursores.

Los sistemas de tratamiento que instalaron en sus inicios, fueron tratamientos anaerobios mediante tanques Imhoff. Este sistema se encuentra instalado en las siguientes localidades:

Localidad	Planta de tratamiento,
Cuernavaca	Unidad habitacional las Águilas, U. Hab. Cd. Chapultepec, U. Hab. Lomas de Cortés, U. Hab. Los Laureles, U. Hab. Teopanzolco,
Jiutepec	U. Hab. La Joya, Tejalpa,

De las anteriormente mencionadas, algunas como la de Teopanzolco cuentan con dos tanques Imhoff, mismos que generalmente son operados en forma alterna.

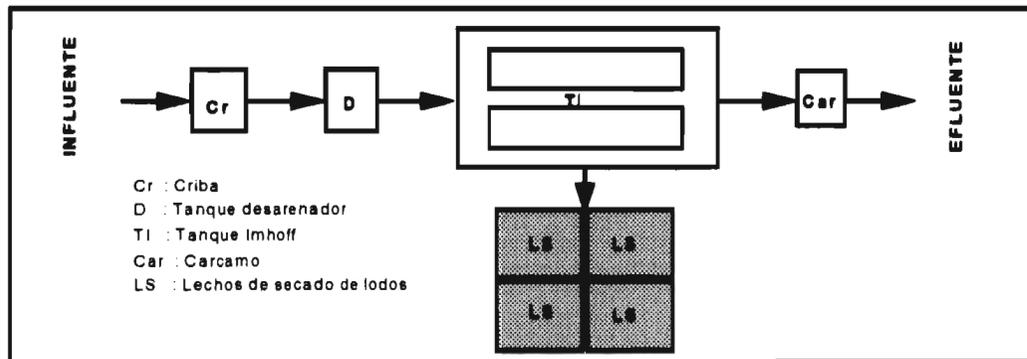
a. Descripción del proceso

Las plantas de este tipo cuentan con lo siguiente: el agua residual pasa a través de rejillas o cribas instaladas en canales que llevan el agua a un tanque desarenador. El agua fluye hacia un tanque sedimentador tipo Imhoff, equipado con un sistema de extracción de lodos por gravedad o por bombeo. En la figura No. 8, se observa un diagrama de estas instalaciones.

b. Principio de operación

El tanque Imhoff cuenta con dos compartimientos, uno de sedimentación y otro de digestión (ver figura No. 9). La sedimentación se lleva a cabo en el compartimiento superior, y la digestión del lodo en la parte inferior. Todo el tanque está lleno con aguas residuales, pues los dos compartimientos están conectados por medio de una abertura en la separación entre ellos. Un deflector colocado entre ellos, desvía hacia abajo el paso de las partículas que sedimentan desde el compartimiento superior al inferior, pero impide la ascensión de gases al compartimiento de sedimentación, desviándolos a un compartimiento de espumas, desde donde escapan al aire.

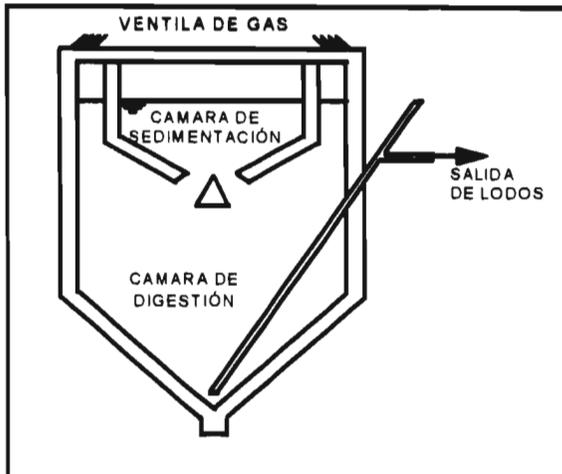
FIGURA No. 8
TRATAMIENTO ANAEROBIO
UNIDADES HABITACIONALES PROTOTIPO



c. Tratamiento de lodos

Una vez digeridos los lodos en el reactor anaerobio, se extraen por bombeo y en otros casos por gravedad, se depositan en lechos de secado, y debido a que la tasa de crecimiento celular es muy pequeña, y la materia orgánica es convertida a gas metano y CO₂, se considera que los lodos se encuentran bien digeridos. Por lo tanto, sólo se les adiciona cal para completar su estabilización. El destino final de los lodos es su uso en jardinería y viveros.

FIGURA No. 9
TANQUE IMHOFF



2.6. Filtros percoladores, tratamiento de agua residual utilizado en unidades habitacionales

Para ofrecer un efluente con características de mejor calidad, en las unidades habitacionales se inició la instalación de plantas con un tratamiento secundario mediante una torre de oxidación (variante del filtro percolador), el tren de tratamiento está formado por un sedimentador primario, un filtro percolador y un sedimentador secundario, ambos sedimentadores tipo Imhoff.

Este sistema de tratamiento se encuentra instalado en las siguientes comunidades:

Localidad	planta de tratamiento.
Cuautla	Unidad Hab. Piedra Blanca
Jiutepec	Unidad Habitacional el Paraje Unidad Habitacional Las Moras I Unidad Habitacional Las Moras II
Yautepec	Unidad Habitacional San Carlos.

a. Descripción del proceso de la planta.

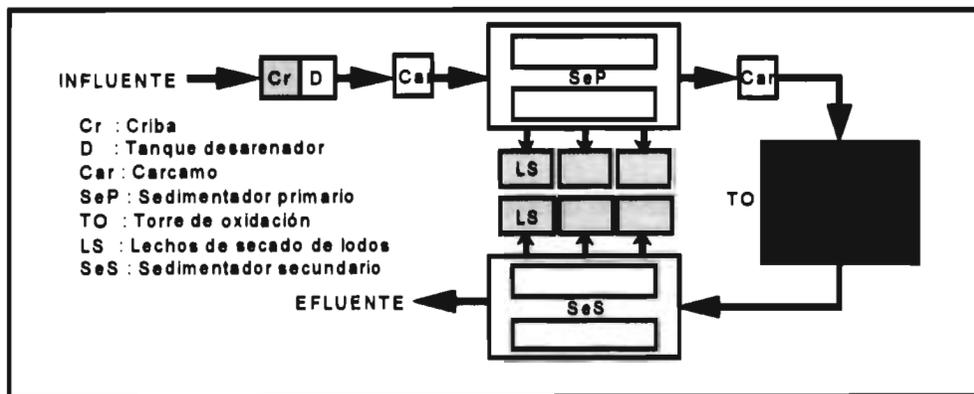
Las plantas de tratamiento equipadas con torres de oxidación o filtros rociadores (ver figura No. 10), generalmente constan de los siguientes componentes: canal de llegada del influente, cámaras de rejillas para detener los materiales más gruesos, canales desarenadores (normalmente dos en paralelo), cárcamo de bombeo para

elevación al tanque regulador de gasto (no en todos los casos), de donde el agua es distribuida por gravedad al tanque sedimentador primario tipo Imhoff. El agua es enviada por bombeo a la torre de oxidación, de cuyo fondo se recolecta por medio de un canal que conduce el agua hacia el sedimentador secundario. Tanto el sedimentador primario como el secundario cuentan con tres lechos de secado cada uno, los lodos se extraen por gravedad o por bombeo y se depositan en los lechos de secado.

b. Principio de operación

El principio de operación de este proceso, es el de un lecho bacteriano. El agua a tratar se distribuye en forma de lluvia sobre una masa de material de gran superficie específica, que sirve de soporte a los microorganismos depuradores. Se efectúa una aireación, generalmente por tiro natural, y a veces por ventilación forzada. Esta aireación tiene por objeto aportar a la masa del lecho, el oxígeno necesario para mantener la microflora en un medio aerobio. El agua residual se percola a través del relleno y se recoge en el fondo.

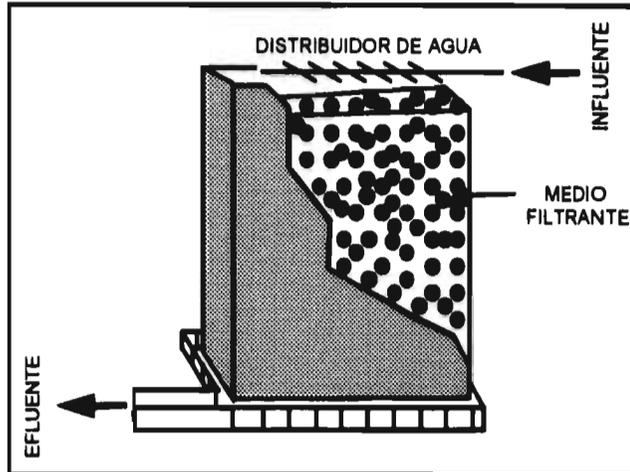
FIGURA No. 10
TRATAMIENTO AEROBIO PROTOTIPO
UNIDADES HABITACIONALES



Las sustancias contaminantes del agua y el oxígeno del aire se difunden a través de la película biológica hasta los microorganismos asimiladores, al mismo tiempo que se eliminan en los fluidos líquidos y gaseosos los subproductos y el gas carbónico.

La película biológica que se desprende en el proceso, es sedimentada y estabilizada en el clarificador secundario tipo Imhoff, como se aprecia en la figura 11.

FIGURA No. 11
TORRE DE OXIDACIÓN



c. Tratamiento de lodos

Los sólidos del fango procedentes del proceso aerobio, son digeridos anaerobiamente en el sedimentados secundario tipo Imhof. El lodo se extrae por bombeo o por gravedad de este último y se deposita en lechos de secado, para eliminar el exceso de agua. En este punto se les adiciona cal, para terminar el proceso de estabilización y ser finalmente son utilizados en jardinería.

Además de las antes mencionadas, en el estado de Morelos, existen otros sistemas de tratamiento como las lagunas de oxidación en:

Localidad
Jiutepec
Tlayecapan

Planta de tratamiento.
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
San José Los Laureles

En algunas otras localidades se sigue utilizando el tratamiento anaerobio mediante fosas sépticas:

Localidad
Jiutepec
Jonacatepec

Planta de tratamiento.
Unidad habitacional El Pochotal
Jonacatepec.

METODOLOGÍA PROPUESTA PARA LA EVALUACIÓN DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

1.1. Metodología

En el presente capítulo, se pretende dar una metodología que sirva de guía para evaluar sistemas de tratamiento de agua residual y que pueda ser aplicada a cualquier sistema, lo anterior con la finalidad de contar con una herramienta que nos permita detectar problemas que tengan efectos en la eficiencia de operación de la planta.

Esta metodología de evaluación será aplicada a las plantas prototipo (paquete) instaladas en las unidades habitacionales del estado de Morelos, especialmente al tratamiento primario mediante un reactor tipo Imhoff, el cual se encuentra instalado en 8 unidades habitacionales y por otro lado, al tratamiento secundario formado por sedimentación primaria, filtro percolador de alta taza y sedimentación secundaria, mismo que se encuentra instalado en 5 unidades habitacionales.

La metodología propuesta para evaluar el funcionamiento y la eficiencia de las plantas arriba mencionadas se describe a continuación.

3.2. Elementos considerados en la evaluación

En la evaluación de la planta de tratamiento deberá considerarse un análisis detallado de los siguientes elementos básicos:

- Rendimiento de la planta (remoción de SS y DBO₅ entre otros).
- Problemas operacionales
- Personal de operación
- Programa de muestreo y análisis
- Instalaciones del laboratorio (si existen)
- Programa de datos de mantenimiento

La información y datos acumulados de cada elemento arriba mencionados, deberán ser analizados en 4 fases relacionadas entre si, y son:

- Preparación de la visita al lugar
- Inspección del sitio
- Identificación de problemas
- Evaluación total de la planta.

El tiempo de evaluación estimado depende del tamaño y complejidad de la planta, de la preparación de los investigadores y de la disponibilidad del operador de la misma para cooperar con los investigadores.

Los parámetros críticos considerados en la evaluación de estas plantas son la remoción de SS y DBO₅, dado que éstos son utilizados como base de partida para diseñar las instalaciones de estas plantas.

3.3. Preparación de la visita al sitio

En la preparación para la inspección de la planta se debe incluir; recopilación y revisión de la información existente, la cual debe contener una descripción física de las instalaciones de la planta, detalles del diseño de planta, información sobre el personal de operación de la planta, y cualquier registro disponible de rendimiento, reportes previos de inspección, etc.

El material de referencia que se considere importante también deberá ser evaluado y revisado.

Para la preparación de la visita a la planta, se sugieren los siguientes pasos:

3.3.1. Recopilación y revisión de la información de las Instalaciones físicas de la planta

Para la evaluación de la planta, se requiere la información que describe las características físicas y localización de la misma, por lo que la información deberá estar integrada por lo siguiente:

- (a). Clasificación del sistema de tratamiento, considerando
 - Tipo de planta (de acuerdo con el anexo I)
 - Población contributiva (doméstica, industrial, etc)
 - Sistema de tratamiento de aguas (sanitaria, combinada etc)
 - Efectos climáticos. Determinar si los climas extremos podrían tener algún efecto en el rendimiento de la planta. Deberán considerarse tanto la temperatura como la precipitación.

- (b). Identificación de requerimientos de descarga.

En este paso se debe identificar cualquier condición de control especial, como los criterios de diseño de calidad esperada en el influente según los sistemas evaluados, y por otro lado las normas que establecen las características (límites permisibles) que deben reunir dichos efluentes, tales como contenido de DBO₅, SS, pH, contenidos mínimos de OD y Cloro residual.

Si los datos oficiales de la planta no están disponibles fácilmente, se contactará con dependencias que tengan la información.

3.3.2. Recopilación y revisión de la información que describe el estado que guarda la planta

Esta información deberá ser reunida durante la visita a la planta, obteniendo registros y evaluaciones previas que sirvan de soporte, si es posible, obtener datos históricos que nos permitan hacer comparaciones y encontrar la operación óptima de la planta. La información requerida en este paso es la siguiente:

- Tamaño de la planta (diseño, gasto diario promedio, gastos pico, etc.)
- Tipo de operaciones unitarias que conforman la planta
- Datos históricos de operación
- Distribuciones de tiempo consumido entre operaciones unitarias
- Revisión de todos los documentos relevantes de la planta tales como diseños, dibujos, manuales de operación del equipo principal y reportes de operación.

Esta información deberá compararse con criterios y especificaciones de diseño recomendados en manuales u otras fuentes, (ver anexo 3).

3.3.3. Preparación de una hoja de evaluación previa a la visita

Antes de la evaluación será necesario conseguir datos que nos permitan asegurar la adquisición de información adecuada en el momento de la visita, por lo que debe prepararse una guía de evaluación previa a la visita, la cual debe incluir un resumen de toda la información recopilada.

3.4. Inspección del sitio

La inspección de la planta debe realizarse en dos fases, siendo la segunda más detallada que la primera.

3.4.1. Fases en que debe realizarse la inspección

a. Fase I.

Para tener un enfoque general de la planta y su operación, se debe considerar lo siguiente:

- Reunirse inicialmente con el ingeniero de la planta u operador en turno. Solicitarle que describa la planta y sus principales características de operación, sobre una base esquemática (éste y los siguientes pasos son con la finalidad de familiarizarse con la planta pero también para detectar que tan bien conocen el sistema).
- Entrevista con los encargados de la planta, empezando con el superintendente y demás personal de supervisión y trabajando progresivamente a través del personal de operación apropiado.
- Determinar el rendimiento de rutina de la planta y comparar éste con el rendimiento de diseño y sección de normas referenciadas.

b. Fase II.

Identificación del problema para realizar una evaluación del rendimiento total de la planta.

Esta fase también incluye el procedimiento para la evaluación del laboratorio.

La identificación del problema debe comenzar con un recorrido de las instalaciones en compañía del Ingeniero en turno, observando y preguntando acerca de:

- Partículas excesivas y/o floculos flotando sobre el flujo del vertedor.

- Presencia excesiva acumulada de grasa y espuma.
- Presencia de cualquier equipo inusual tal como: bombas especiales, alimentadores de químicos o construcciones temporales en estructuras, las cuales pudieron ser instaladas para corregir problemas (o posiblemente para causarlos).
- Evidencia de flujo en canales by-pas a unidades paralelas a causa de problemas que hayan surgido en unidades de operación normales.
- Olores excesivos
- Color anormal de agua de desecho en varias etapas del proceso.

Si se observan modificaciones especiales de la planta, se debe determinar lo siguiente:

- ¿ Con que propósito se realizaron ?
- Si es para completar la instalación física
- Efecto de las modificaciones sobre los otros procesos de tratamiento, comparando datos operacionales históricos con datos obtenidos después de las modificaciones.

3.4.2. Revisión de registros

En general, se deben analizar todos los registros y compararse con la información de manuales y/o otras fuentes para checar: su coherencia, los métodos de cálculo y verificar que los valores registrados estén dentro del rango recomendado por los manuales y otras fuentes

Se deben revisar los registros siguientes:

- a. Flujo. Los datos hidráulicos son revisados para verificar:
 - Coherencia entre el flujo de diseño con la población servida actual.
 - Baja y sobre carga hidráulica en las unidades de tratamiento
 - Calibración de medidores.
- b. Datos operacionales de la unidad. Se deben revisar los datos existentes sobre concentración de DBO₅, SS, DQO, etc., tanto en el influente como en el efluente para:
 - Comparar con especificaciones de diseño y valores indicados en manuales u otras fuentes (ver anexo 3 y 4).
 - Valores extremos para los flujos diarios.

- c. **Consumo de energía.** Estos registros deben ser revisados para encontrar los valores arriba y/o abajo de lo normal. Estos registros tienden a indicar lo siguiente:
- Operaciones con presiones hidráulicas más bajas a los del rango de la bomba
 - Gravedad específica o viscosidad de líquidos bombeados demasiada alta.
- d. **Consumo de energía y registro de flujo.** El análisis de los datos de flujo en combinación con los de energía pueden indicar lo siguiente:
- La salida de cada bomba separadamente y de las bombas colectivamente
 - Condiciones de operación inusuales, por efectos de las bombas o por cambios ocurridos en la eficiencia de las bombas por un gasto bombeados/ KWatts hora durante un periodo largo.
- e. **Datos de Mantenimiento.** El programa de mantenimiento es usualmente un buen indicador de calidad operacional, para lo cual se debe checar lo siguiente:
- Cédula de mantenimiento por componente del fabricante (su existencia y conocimiento por parte del operador).
 - Tipo de rutina usada según manual de mantenimiento.
 - Personal calificado para el tipo de mantenimiento según el trabajo requerido

3.5. Identificación del problema

Los problemas más comúnmente encontrados en los procesos de tratamiento que utilizan tanques Imhoff y filtros percoladores se detallan en el anexo 5.

El primer paso en la evaluación del problema es determinar si el rendimiento de diseño de la planta cumple con las normas y criterios de diseño, comparándolas con la calidad de su efluente y la eficiencia de remoción total, (ver anexos 3 y 4)

Si la planta cotidianamente no reúne las especificaciones de rendimiento, será necesario determinar si la deficiencia se debe a problemas; los cuales recaen en dos categorías:

3.5.1. Problema definido

Si el operador de la planta de tratamiento ha identificado el problema:

- a. Verificar el área general de problemas, los relacionados al proceso, mantenimiento, diseño, muestreo, etc.

- b. Los problemas más comunes que se presentan en los sistemas con tanques Imhoff y filtros percoladores, se enlistan en el anexo 5.
- c. Desarrollar un programa de muestreo y análisis para Obtener datos adicionales cuando se requiera.

3.5.2. Problema no especificado

Si el efluente que descarga no reúne las características según las normas requeridas y el operador no define el área del problema, se deberá realizar lo siguiente:

- a. Revisar los registros de flujo y del proceso nuevamente, ahora con mayor detalle.
- b. Recheckar procedimientos de muestreo y pruebas requeridas.
- c. Comparar el programa de muestreo y análisis contra programas recomendados en manuales y otras referencias.
- d. Recomendar modificaciones al programa de muestreo y análisis para proporcionar datos adicionales para la evaluación.
- e. Comparar los datos con los indicadores de problemas detallados en el anexo 3 y detectar si existe una solución al mismo.

3.5.3. Problemas de mantenimiento

Se refiere al programa de mantenimiento de las instalaciones, para lo cual se deberá verificar si dicho programa no se cumple, encontrar las causas por las cuales no se cumple y proponer nuevas recomendaciones al mismo si son necesarias.

3.6. Evaluación total de la planta

En la evaluación total de la planta se debe considerar lo siguiente:

Utilizando los materiales de la guía de evaluación del anexo 6, deberá definirse lo siguiente:

- a. Modificación de la evaluación inicial, si es necesario
- b. Diferencias existentes en el rendimiento de la planta y datos operacionales con el diseño y/o criterios de diseño de manuales de operación o datos de rendimiento.
- c. Personal necesario para las diferentes operaciones.
- d. Tipo de programa de muestreo requerido para proporcionar datos de apoyo

- e. Necesidades del sistema de mantenimiento.
- f. Necesidades del equipo de laboratorio
- g. Problemas encontrados
 - Los que son corregidos con inspección y mantenimiento
 - Los que necesitan ayuda externa para corregirse
 - Soluciones propuestas

3.7. Reporte final

El reporte final debe contener los siguientes elementos:

- a. Resumen de las visitas al sitio
- b. Una lista de problemas encontrados
- c. Soluciones recomendadas
- d. Acciones propuestas.

3.8. Aplicación de la metodología propuesta a la evaluación de dos plantas

3.8.1. Selección de las plantas a evaluar

En el estado de Morelos, existen ocho plantas de tratamiento de agua residual municipal que tienen como tren de tratamiento, rejillas, desarenador y un reactor tipo Imhoff.

El segundo tren de tratamiento considerado, se encuentra instalado en cinco unidades habitacionales y consta de rejillas, desarenador, sedimentador primario, filtro percolador de alta taza y sedimentador secundario.

La razón por la que se seleccionaron estas plantas es la siguiente; a pesar de que la capacidad de estas plantas es pequeña y por lo tanto el volumen que tratan también es pequeño comparado con otras plantas existentes en el estado, la cantidad de plantas con las características del último sistema mencionado tiende a crecer de manera acelerada en el estado y en el país, debido a que su operación es relativamente económica comparada con otros sistemas.

Existen en el país en operación y construcción aproximadamente 40 sistemas de tratamiento de aguas residuales que utilizan sistemas de película fija, entre éstos se encuentran los filtros percoladores, por lo que al popularizarse su uso es necesario contar con herramientas que nos permitan evaluar dichos sistemas y eficientar su operación.

Metodología propuesta para la evaluación de plantas de tratamiento de agua residual

Por otro lado, se seleccionó una planta de cada sistema de tratamiento antes mencionado, porque en el estado existe un buen número de ellas ya instaladas y su infraestructura se ha ido deteriorando con el tiempo sin ser aprovechada. Para la selección se consideraron los siguientes puntos:

- a). Que la planta se encuentre operando
- b). La existencia de registros de la planta
- c). Cercanía a las instalaciones de la planta y facilidad para realizar las visitas y los muestreos necesarios.

3.8.2. Plantas de tratamiento seleccionadas

1. *Planta de tratamiento de la Unidad Habitacional La Joya.* Consta de un tratamiento primario a base de un tanque sedimentador tipo Imhoff como único proceso. Esta planta está ubicada en el municipio de Jiutepec.
2. *Planta de tratamiento de la Unidad Habitacional el Paraje,* constituida por un sedimentador primario, un tratamiento secundario a base de un filtro percolador de alta taza, y un sedimentador secundario. La planta se localiza en el municipio de Jiutepec.

EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LA JOYA

4.1. Preparación previa a la visita de la planta

4.1.2 Recopilación y revisión de la información existente

1. Tipo de planta

De acuerdo con el anexo I, el sistema de tratamiento utilizado en la unidad habitacional la Joya, es de tipo primario y el nivel de alcance es la remoción de sólidos suspendidos finos.

2. Datos de Proyecto^(M.D.1)

Para el diseño de esta planta, se consideraron los siguientes parámetros:

Número de viviendas	322.0
Densidad	5.6 hab/vivienda
Población (322 viviendas x 5.6 hab/vivienda)	1,803.0 hab
Dotación	200.0 lts/hab/día
Aportación (0.8 Dotación)	160.0 lts/hab/día
Gasto medio (Q medio)	3.34 l.p.s.
Gasto mínimo (Q mínimo = 0.5 Q medio)	1.67 l.p.s.
Gasto máximo (Q máximo = M x Q medio)	12.09 l.p.s.

Eficiencia de tratamiento esperada^(M.D.1)

Se consideraron aguas negras crudas con las características siguientes :

Carga Unitaria:

Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	40.0 g/hab	o	40,000 mg/hab
Sólidos Suspendidos (SS)	90.0 g/hab	o	90,000 mg/hab

Dado que se esperan aportaciones de agua residual de 160 l/hab, la carga de contaminantes esperada es de 250 mg/l de DBO₅ y de 562 mg/l de SS.

La eficiencia de remoción de esperada en el proyecto es del 35% para DBO₅ y 60% para los SS (según memoria descriptiva), por lo tanto, se espera un efluente con las características siguientes:

DBO ₅	162	mg/l
SS	225	mg/l

3. Características físicas y de operación de la planta

La planta de tratamiento de las aguas residuales de la unidad habitacional La Joya, consta de lo siguiente:

a. Pretratamiento. Unidad compuesta por: una criba/canasta (fig. 12-1), desarenador a base de dos canales paralelos de uso alterno (fig. 12-2) y provistos con vertedores proporcionales para control de la velocidad y aforo del caudal.

b. Tratamiento primario, tanque tipo Imhoff

• Tanque de sedimentación

Después de recibir el pretratamiento, el agua residual pasa a un sedimentador primario contenido dentro del tanque Imhoff, el canal superior de la fig. 13-A corresponde al compartimiento de sedimentación. Sus dimensiones son:

Área transversal	3.24	m ²
Ancho	2.40	m
Profundidad promedio (3.24 m ² / 2.4 m)	1.35	m
Longitud Total	7.80	m
Volumen	25.77	m ³
Área del fondo del canal (2.4 m x 7.8 m)	18.72	m ²
Carga superficial (288.48 m ³ /día/ 18.72 m ²)	15.41	m ³ /m ² /día
Tiempo de Retención (25.27 m ³ / 12.02 m ³ /hr)	2.10	horas

• Tanque de digestión de lodos

Las tolvas inferiores del tanque Imhoff (fig. 13-B), corresponden al compartimiento de digestión de lodos. Este se diseño para una temperatura mínima de 20 °C al fondo del tanque, dada su localización en Jiutepec. Fue dimensionado con base en lo siguiente:

Tiempo de retención	1.5	meses
Capacidad de almacenamiento	23	l/persona
Volumen al 90%	41.47	m ³
Compartimientos de digestión	2	
Volumen operacional total	43.6	m ³
Volumen operacional de cada compartimiento	21.8	m ³

c. Lechos de secado de lodos

La producción de lodos digeridos se estimó en 0.458 m³/día, siendo la producción total de lodos de 12.82 m³ a los 28 días que dura el ciclo.

La deshidratación de los lodos digeridos, se realiza en 4 lechos de secado, (fig. 12-6), el ciclo de secado tiene una duración total de 28 días y los lechos de secado presentan las siguientes características:

Generación de lodos para cada lecho	3.205	m ³
Espesor de la capa de lodos	0.25	m
Área de los lechos de secado	12.96	m ²

d. Plataforma de maduración

Los lodos retirados del lecho de secado se almacenan temporalmente en una plataforma de almacenaje y maduración (fig. 12-8), que tiene un área de 30 m².

e. Instalaciones de bombeo

• Cárcamo y equipo de bombeo del efluente

Este equipo envía el efluente de la planta hasta una cisterna reguladora, a partir de la cual se inicia el sistema de riego por gravedad de las áreas verdes. Cuenta con 3 electrobombas de igual capacidad (fig. 12-5). Se opera con dos de ellas en forma simultánea para manejar un gasto máximo previsto de 12.1 lps. La tercera bomba es de reserva.

• Equipo de bombeo de lodos

Al fondo de cada uno de los compartimientos de digestión existe una bomba de lodos sumergible (fig. 13-C) para manejo de aguas residuales y lodos. La carga estática es de 2 m y el volumen a bombear es de 3,205 lts una vez cada semana.

FIGURA No. 12
PLANTA DE TRATAMIENTO "LA JOYA"

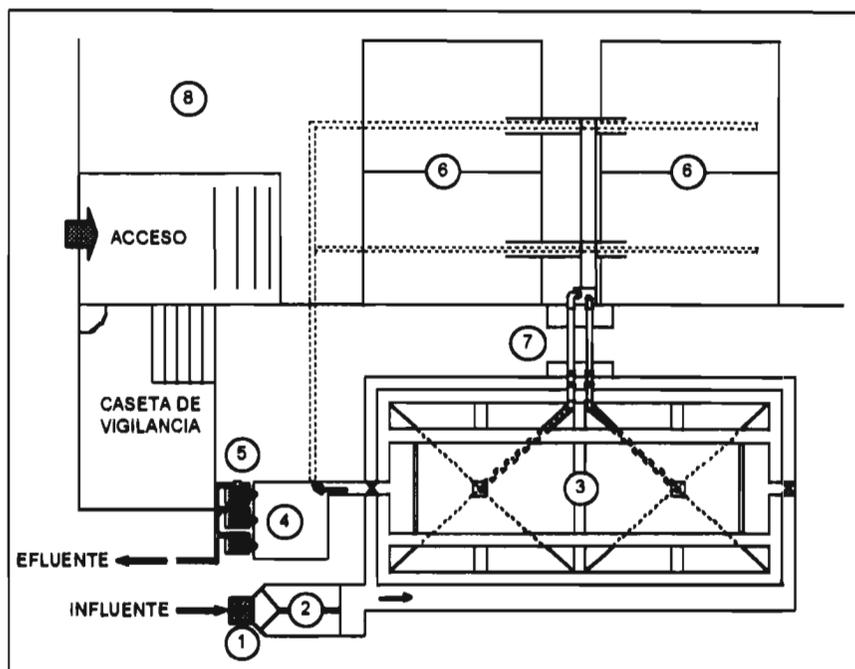
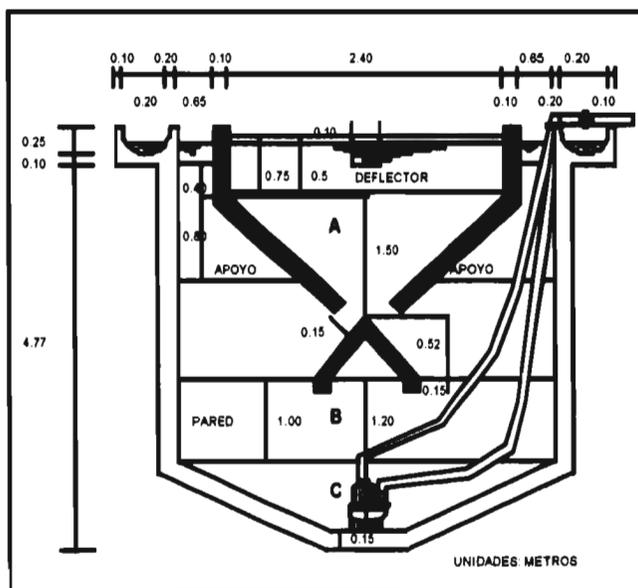


FIGURA No. 13
TANQUE IMHOFF
(corte transverso)



4. Comparación de los datos de proyecto contra criterios de diseño

Los parámetros considerados y calculados en el diseño de la planta se compararon con los criterios de diseño según tabla 1 del anexo 3, para verificar que exista coherencia entre los datos; se observó lo siguiente.

- El tratamiento a base de un reactor anaerobio tipo Imhoff, se recomienda sea utilizado solamente para poblaciones menores de 5,000 habitantes, en el caso de la unidad la Joya, es aplicable considerando que tendrá una población de 1,803 hab.
- Con relación a la carga orgánica esperada, al diseñar la planta, se consideró una carga de 90 gr/hab.día de SS, por otro lado, la carga unitaria de SS encontrada según estudios realizados en varias poblaciones del país es de 52 gr/hab.día, lo cual puede ocasionar un sobrediseño.
- Cámara de sedimentación. En este caso los parámetros tomados como base para el diseño, tales como la carga superficial, el tiempo de retención y la abertura de la tolva se ajustan a las recomendaciones establecidas en la tabla No. 1 del anexo 3.
- Cámara de digestión. En este caso se recomiendan períodos de retención de lodos de 3 a 12 meses, y en el diseño de la planta consideran un valor de 1.4 meses (44 días). Por otro lado, la capacidad de almacenamiento recomendada varía de 28 a 184 l/hab, y en el diseño consideraron un valor de 23 l/hab, ambos parámetros se encuentran por debajo de los valores recomendados en los criterios de diseño.
- La eficiencia de remoción considerada en el diseño fue del 35% para DBO₅ y 60% para SS, la eficiencia con que operan comúnmente estos reactores, varía de 25 a 35% para DBO₅ y 40 a 65% para SS.

En forma general, la información tomada como base en el diseño coincide con los datos recomendados con excepción de la cámara de digestión, donde el tiempo de retención de lodos es menor, así como la capacidad de almacenamiento de la misma, por lo que hay que poner especial interés en el funcionamiento de la cámara de digestión.

4.1.2. Identificación de requerimientos de descarga

Se realizó una búsqueda de las normas vigentes que marcan los límites máximos que debe reunir un efluente de aguas residuales de origen municipal y de los criterios de

diseño que marcan las características esperadas en el efluente de un sistema primario tipo Imhoff, los cuales se muestran en los anexos 3 y 4.

Se realizó una comparación de los criterios de calidad esperados en el efluente para verificar si cumple con la normatividad vigente (ver anexo 4), encontrando lo siguiente:

En la tabla No. 1 se puede apreciar que aunque la planta cumpliera con las características esperadas en el efluente, éste no cumplirá con los límites máximos establecidos para DBO₅ y SS según la NOM-CCA-067-ECOL/1994, por otro lado, la NOM-001- ECOL-1996 que establece límites menos estrictos y que actualmente se encuentra vigente, podrá cumplir los límites del parámetro DBO₅, sin embargo, no será así para los SS, lo anterior considerando que la planta opere con la eficiencia esperada.

Tabla No. 1
Características del agua de la planta de tratamiento La Joya

Parámetro (mg/l)	Influente	Efluente	Remoción (%)	NOM-CCA-067-ECOL/1994	NOM-001-ECOL-1996 (*)
DBO ₅	250	162	35	100	200
SST	562	225	60	100	200

(*) Se considera el límite para ríos cuyo uso es el riego agrícola ya que en el estado de Morelos, éstos son los principales cuerpos receptores de aguas residuales y el riego agrícola es el principal uso.

4.2. Recopilación y revisión de la información que describe el estado que guarda la planta

Como se indica en la metodología, esta información se recopila en la planta, para lo cual se preparó un cuestionario con las preguntas básicas que nos permitan tener un panorama general de la planta, usando la guía propuesta en el anexo 6.

Durante la visita, se cuestionó al operador de la planta solicitándole registros y evaluaciones previas que sirvan de soporte, la información recopilada sobre las instalaciones y datos de operación de la planta fueron los siguientes:

- Memoria descriptiva del diseño de la planta
- Registros de datos de operación (DBO, SS, Ssed, pH, OD, ST, coliformes, etc.)
- Datos de temperatura y precipitación de la zona
- Manual de operación
- Por otro lado, no cuentan con medidor de flujo, por lo tanto tampoco existen registros de flujo.

4.3. Inspección de la planta

Fase I.

Se realizó un recorrido por la planta en compañía del presidente del comité de la unidad habitacional, recopilando la siguiente información:

- La operación y mantenimiento de la planta de tratamiento se encuentra a cargo del comité de la unidad, lo cual resulta problemático, dado que no existen manuales de operación de la misma debido a que los comités anteriores no entregaron la documentación completa, argumentando que la constructora entregó la planta sin ofrecer una capacitación para su operación y sin proporcionar manuales.
- Se carece de recursos económicos para darle el mantenimiento adecuado a las instalaciones de la planta, con frecuencia por falta de participación de los habitantes de la unidad.
- Se entrevistó al operador de la planta, quien tiene estudios de nivel secundaria, puede describir las instalaciones físicas de la planta y realiza las actividades de limpieza básicas como: retiro de basuras de las rejillas, limpieza de las paredes del sedimentador, extracción de lodos del tanque de digestión a los lechos de secado y agregar cal a los mismos entre otras actividades.

Fase II.

Se realizó un recorrido para identificar los problemas existentes en la planta.

Dado que un tanque Imhoff no tiene partes mecánicas, su operación y mantenimiento es relativamente fácil, durante el recorrido se encontró lo siguiente:

- En la planta no cuentan con registros de control de las actividades del mantenimiento, ni de condiciones de operación de la planta ni determinaciones de parámetros indicadores como: flujo, pH, temperatura, etc.
- Se observó un alto contenido de natas, gases y sólidos flotantes en el tanque y efluente del tanque.
- En el momento de la visita, no funcionaban las bombas que envían el efluente al drenaje municipal por falta de energía eléctrica.
- El agua residual rebosaba el tanque Imhoff, sirviendo únicamente como recipiente de paso.

- Las operaciones de mantenimiento no se realizan en forma adecuada, las acciones de limpieza de lodos del fondo y de la ranura del compartimiento de sedimentación no pueden llevarse a cabo por el desbordamiento del agua.
- Por otro lado, tampoco es posible retirar los lodos del compartimiento de digestión, por lo que éstos llegan a la ranura del compartimiento de sedimentación y por lo tanto, los lodos pasan al tanque de sedimentación generándose: natas, gases, y sólidos sedimentables flotando en la superficie del tanque, haciendo totalmente ineficiente el sistema.

4.4. Revisión de registros

4.4.1. Registros de flujo

Se solicitó al operador de la planta los registros disponibles de flujo para detectar sobrecargas hidráulicas o bajas cargas que pudieran afectar la operación del sistema, sin embargo, no disponían de ellos.

4.4.2. Registros de control de bombas y gastos de energía

En la planta no llevan registros de control del funcionamiento de las bombas ni de gasto de energía.

4.4.3. Registros de datos operacionales

La evaluación del proceso es una medida esencial para evaluar la calidad de la operación de la planta, lo cual se logra controlando los parámetros DBO₅, DQO, SS, nitrógeno y fósforo, también son importantes la temperatura y el pH, los registros encontrados sobre datos de operación de la planta se muestran en las tablas siguientes.

Tabla No. 2

**Características del influente y efluente, planta de tratamiento La Joya
período 1994**

ÉPOCA DE ESTIAJE

MES		PARÁMETROS								
		pH	Seed (ml/l)	SST (mg/l)	DQO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	OD (mg/l)	ST (mg/l)	COLIFORMES (NMP/100 ml)	
									TOTALES	FECALES
FEB	I	7.3	1.5	220	483	178.76	1.2		$\geq 16 \times 10^{10}$	$\geq 16 \times 10^{10}$
	E	7.4	0.1	155	370	165.45	< 0.1		$\geq 16 \times 10^{10}$	$\geq 16 \times 10^{10}$
	%		93.3	29.54	99.23	7.45				
ABR	I	7.1	5	240	788	322	< 0.1	690	16×10^{21}	3×10^{21}
	E	7.2	1.0	180	344	140.66	< 0.1	474	33×10^{16}	22×10^{16}
	%		80	33.33	56.34	56.32		31.3		
% de remoción promedio			86.65	31.43	77.78	31.88		31.3		

ÉPOCA DE LLUVIAS

MES		PARÁMETROS								
		pH	Seed (ml/l)	SST (mg/l)	DQO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	OD (mg/l)	ST (mg/l)	COLIFORMES (NMP/100 ml)	
									TOTALES	FECALES
JUL	I	7.7	2	160	469	178.72	1.8	710	70×10^{16}	11×10^{16}
	E	7.5	0.7	80	357	139.01	< 0.1	650	22×10^{14}	17×10^{14}
	%		65	50	23.9	22.22		8.45		
AGO	I	7.8	6	184	544	138.6	1.2	958	$\geq 16 \times 10^{16}$	$\geq 16 \times 10^{16}$
	E	7.7	1	100	264	132	< 0.1	790	28×10^{15}	28×10^{15}
	%		83.3	45.65	51.47	4.76		17.54		
SEP	I	7.2	1.8	110	372	178.72	1.2	720	$\geq 16 \times 10^{19}$	$\geq 16 \times 10^{19}$
	E	7	0.2	165	296	99.29	< 0.1	650	4×10^{12}	2×10^{12}
	%		88.88	---	20.43	44.44		9.72		
OCT	I	7.4	2.5	168	545	139.01	1.4	924	$\geq 16 \times 10^{21}$	$\geq 16 \times 10^{21}$
	E	7.8	0.4	130	405	105.91	< 0.1	682	$\geq 16 \times 10^{14}$	9×10^{14}
	%		84	22.62	25.69	23.38		26.19		
% de remoción promedio			80.29	29.56	30.37	23.7	---	15.47		

Fuente: Comisión Nacional del Agua Gerencia Estatal en Morelos.

Nota: -- no hubo remoción, el efluente tubo mayor concentración que el influente. No se consideró en el cálculo del promedio.

I = influente, E = efluente, % = porcentaje de remoción.

Tabla No. 3
Características del influente y efluente, planta de tratamiento La Joya
período 1995

ÉPOCA DE ESTIAJE

MES		PARÁMETROS								
		pH	Ssed (ml/l)	SST (mg/l)	DQO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	OD (mg/l)	ST (mg/l)	COLIFORMES (NMP/100 ml)	
									TOTALES	FECAL
ENE	I	7.6	2.5	144	551	183.6	0.5	750	240x10 ¹⁸	4x10 ¹⁸
	E	7.5	0.5	260	464	122.4	< 0.1	790	≥16x10 ¹²	9x10 ¹²
	%		80	-#-	15.79	33.33		-#-		
FEB	I	7.5	3.0	248	333.2	153.0	0.81	412	≥16x10 ²¹	3x10 ²¹
	E	7.4	0.6	248	370.4	71.4	< 0.1	692	16x10 ¹³	16x10 ¹³
	%		80	0	-#-	53.33		-#-		
ABR	I	7.2	3	925	504	191.1	< 0.1	706	≥16x10 ²¹	≥16x10 ²¹
	E	7.2	0.7	515	336	20.6	< 0.1	612	≥16x10 ¹³	5x10 ¹³
	%		76.66	44.32	33.33	89.22		13.31		
MAY	I	7		600	510	248.04	0.2	660	3x10 ²¹	3x10 ²¹
	E	7.3		284	374	186.03	< 0.1	664	17x10 ¹²	17x10 ¹²
	%			52.66	26.66	25		-#-		
% de remoción prom.			78.88	14.77	16.37	58.62	---	4.43		

ÉPOCA DE LLUVIAS

MES		PARÁMETROS								
		pH	Ssed (ml/l)	SST (mg/l)	DQO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	OD (mg/l)	ST (mg/l)	COLIFORMES (NMP/100 ml)	
									TOTALES	FECAL
JUN	I	7.4	2	200	442	413.4	1.0	626	≥16x10 ²¹	≥16x10 ²¹
	E	7.5	< 0.1	200	411	248.04	< 0.1	642	≥16x10 ¹⁵	≥16x10 ¹⁵
	%		95	0	7.01	40		-#-		
JUL	I	6.7	3	185	494	533.1	0.92	756	≥16x10 ²¹	≥16x10 ²¹
	E	6.9	0.4	78	387	102.5	< 0.1	650	16x10 ¹⁴	16x10 ¹⁴
	%		86.66	90.32	21.66	80.77		14.02		
AGO	I	7.2	1.1	88	360.8	82	1.6	674	2x10 ¹⁶	2x10 ¹⁶
	E	7.3	0.5	160	353.0	123	< 0.1	674	8x10 ¹¹	4x10 ¹¹
	%		54.54	-#-	2	-#-		0		
SEP	I	6.8	0.4	---	491.7	205.00	0.82	780	≥16x10 ²¹	≥16x10 ²¹
	E	7.0	0.6	---	383.3	136.71	< 0.1	718	≥16x10 ¹⁴	≥16x10 ¹⁴
	%		-#-	---	22	33		8		
OCT	I	6.8	2.0	148	406	195.84	< 0.1	640	≥16x10 ²¹	9x10 ²¹
	E	6.9	1.0	144	381.6	172.21	< 0.1	648	≥16x10 ¹⁵	≥16x10 ¹⁵
	%		50	2.7	6	12		-#-		
% de remoción prom			71.55	31	11.73	41.44	---	7.33		

Fuente: Comisión Nacional del Agua Gerencia Estatal en Morelos.

Nota: -#- No hubo remoción, el efluente tubo mayor concentración que el influente. No se consideró para el cálculo del promedio.

I = influente, E = efluente, % = porcentaje de remoción.

4.4.4. Comparación de los datos operacionales con criterios de diseño

1. Cálculo de la eficiencia global de la planta

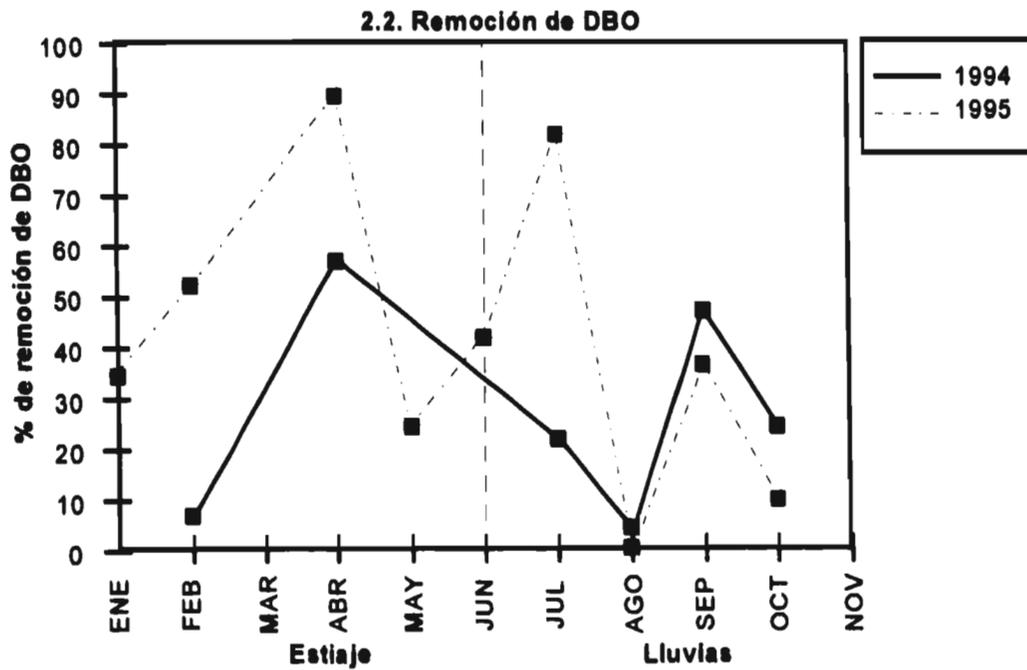
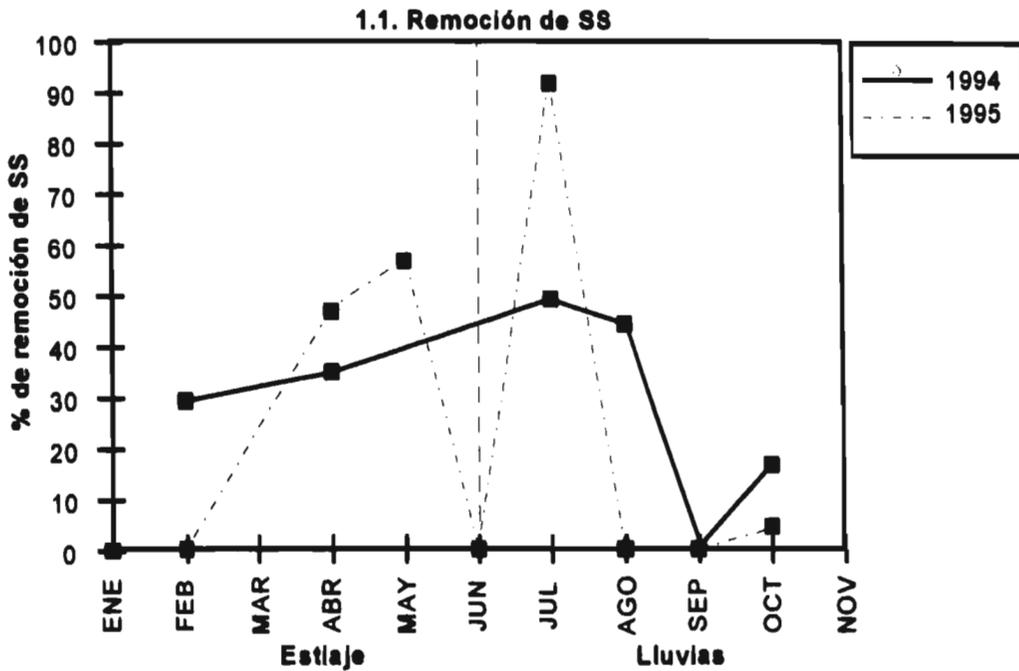
La eficiencia global de la planta se calculó para los años 1994 y 1995 con base en los parámetros DBO y SS, debido a que éstos fueron los parámetros que se consideraron en el diseño de la misma. En la tabla No. 4 se presentan los valores obtenidos en dichos periodos, en ella se observa lo siguiente:

- Demanda bioquímica de Oxígeno.
 - La eficiencia de remoción esperada en la planta es del 35 %, misma que no fue alcanzada en el periodo 1994, por otro lado, en el periodo 1995 se lograron eficiencias promedio del 53 % lo cual rebasa considerablemente la eficiencia de diseño.
 - En el mes de abril de 1994 y los meses de junio y julio de 1995, se presentan sobrecargas orgánicas en el influente de la planta que rebasan las cargas de diseño, sin embargo, en la gráfica No. 1.2 no se aprecia que esta sobrecarga tenga efectos sobre la eficiencia de remoción, por el contrario, la eficiencia mejoró en dichos meses.
- Sólidos suspendidos totales.
 - En este caso se esperaban eficiencias de remoción del 60 %, y se obtuvieron eficiencias del 30 y 22 % para 1994 y 1995 respectivamente, el efluente presenta una alta concentración de SS.
 - Con relación al contenido de sólidos, únicamente en el mes de abril se rebasó la carga de diseño, pero no se observó que tenga efectos sobre la operación de la planta (ver gráfico 1.1).

Tabla No. 4
Eficiencia global de la planta de tratamiento La Joya

PARÁMETRO	CONCENTRACIÓN (mg/l)			EFICIENCIA DE REMOCIÓN (%)		
	DE DISEÑO	PROMEDIO ANUAL		DE DISEÑO	PROMEDIO ANUAL	
		1994	1995		1994	1995
DBO ₅	250	189.301	287.04	35	26.43	53.19
SST	562	180.333	383.666	60	30.19	22.16

Grafico No. 1 Eficiencia de remoción; planta La Joya



2. Comparación con la NOM-067-ECOL-1994

Se consideró como base de comparación del análisis de la calidad del agua residual las condiciones fijadas en la NOM-067-ECOL-1994, lo cual no significa que las características de un agua residual deberán cumplir en forma estricta las condiciones establecidas en dicha norma, ya que actualmente se encuentra vigente la NOM-001-ECOL-1996, misma que establece límites menos estrictos. En la tabla No. 5 se hace una comparación del efluente de la planta contra los límites establecidos en la norma, en ella se observó lo siguiente:

- Se encontraron dentro de la NOM únicamente los parámetros pH y Sólidos sedimentables.
- Los parámetros DBO5 y SST, considerados para determinar la eficiencia de la planta, así como el contenido de DQO rebasan los límites de la NOM.

No se pudo realizar una comparación de las grasas y aceites, dado que no se tienen registros de éste parámetro.

Tabla No. 5
Concentraciones promedio del efluente de la planta la joya

PARÁMETRO	CARACTERÍSTICAS DEL EFLUENTE (*)				NOM-067- ECOL-1994 (**)
	1994		1995		
	ESTIAJE	LLUVIAS	ESTIAJE	LLUVIAS	
pH	7.30	7.45	7.36	7.20	6 a 9
SST (mg/l)	157.50	118.75	341.00	186.66	150.00
S. Sed. (ml/l)	0.55	0.58	0.60	0.25	2.00
DBO ₅ . (mg/l)	153.10	119.10	71.46	178.86	150.00
DQO. (mg/l)	357.00	256.50	390.13	390.60	250.00
Grasas y Aceites (mg/l)	---	---	---	---	30.00
Detergentes (SAAM) (mg/l)	---	---	---	---	8.00

Notas: (*) Características promedio.
(**) Límite máximo permisible, según muestra instantánea.

3. Análisis de los efectos de la temperatura y lluvia extremas sobre la eficiencia de operación de la planta

- DBO y SS.

En los gráficos No. 1.1 y 1.2 se observa la eficiencia de remoción de SST y DBO durante los años 1994 y 1995, en ambos casos no se aprecia ninguna influencia por lluvias o temperaturas extremas que afecten la operación de la planta, dado que se presentan malas remociones tanto en época de lluvias como en época de estiaje, existiendo incluso, meses donde el efluente tiene mayores concentraciones de SS que el influente y esto no tiene relación con las lluvias, por otro lado, de acuerdo con la tabla No. 6, en el estado de Morelos no existen temperaturas extremas (cambios de 10 °C) que puedan afectar el proceso biológico.

Tabla No. 6
Valores promedio mensuales de Temperatura y precipitación calculados a partir de los registros diarios

Mes	Temperatura (°C)		Precipitación (mm)	
	1994	1995	1994	1995
Enero	18.8	19.2	1	6.8
Febrero	20.9	20.6	0	2.8
Marzo	23.0	22.7	0	4.7
Abril	23.8	24.1	3.1	11.4
Mayo	24.8	25.1	38.1	249.6
Junio	22.3	23.8	345.8	309.6
Julio	22.3	22.5	62.2	237.7
Agosto	21.9	22.0	286.2	501.7
Septiembre	21.9	22.2	177.1	208.8
Octubre	22.0	21.6	194.5	78.9
Noviembre	20.6	20.5	1	41.5
Diciembre	18.5	18.1	0	73.3

Fuente: Comisión Nacional del Agua Gerencia Estatal Morelos.

4.5. Identificación del problema

El primer paso en la evaluación del problema, es determinar si el rendimiento de la planta cumple con las normas y criterios de diseño, comparándolas con la calidad de su efluente y la eficiencia de remoción total. Como ya se observó, la planta de tratamiento La Joya en su mayoría no cumple con dichos criterios, especialmente en la remoción de SS.

Para identificar el problema, se verificó el área general de problemas, revisando las áreas de diseño, proceso, mantenimiento, etc.

Los problemas más comúnmente encontrados en los sedimentadores tipo Imhoff son detallados en el anexo 3.

4.5.1. Problemas relacionados con el diseño

En el análisis comparativo de las características del diseño contra las recomendaciones de los criterios de diseño, se encontró que el tiempo de retención de lodos en el digestor es menor que el recomendado, pero en este caso no se realiza el retiro de lodos en el tiempo especificado en el diseño, por el contrario, los lodos permanecen en el digestor por largos periodos de tiempo. Por otro lado, también la capacidad de almacenamiento del digestor es menor que lo recomendado en los criterios de diseño.

4.5.2. Problemas relacionados al proceso

Se observa la presencia de natas, gases y sólidos flotantes en el tanque de sedimentación y en el efluente de la planta, por otro lado, los resultados de los análisis realizados muestran concentraciones altas de SS, incluso periodos donde el efluente tiene mayor concentración que el influente.

4.5.3. Problemas de mantenimiento

Los problemas de mantenimiento en la planta son los que representan mayores dificultades en el rendimiento de la misma, ya que las instalaciones reciben poco mantenimiento y en algunas ocasiones es casi nulo, lo anterior se debe a que con frecuencia, la planta deja de operar por falta de energía eléctrica o fallas en el equipo de bombeo.

Las bombas llevan el efluente de la planta al drenaje municipal, o al riego de áreas verdes, y debido a que el efluente no es desalojado adecuadamente (cuando no se realiza el bombeo), el tanque Imhoff sufre desbordamientos con el agua residual, por lo que ésta no recibe ningún tratamiento.

Durante estos periodos, la rutina de mantenimiento y limpieza diaria, no se lleva a cabo, generando acumulación de lodos en las paredes y ranura del sedimentador, los lodos permanecen por largos periodos en el tanque de digestión, pasando por la ranura al compartimiento de sedimentación, donde se presentan problemas como formación de gases, natas, lodos flotando en el compartimiento de sedimentación y exceso de olores, provocando con esto que la calidad del efluente de la planta sea mala.

4.6. Propuesta de solución

1. La municipalización de la planta y/o solicitar apoyo a las dependencias para que personal capacitado intervenga en la supervisión de la operación de la planta, proporcionando asesoría y vigilancia al operador de la misma.
2. Fomentar la participación de los habitantes de la unidad habitacional y conseguir apoyos económicos para contar con un fondo que sirva para evitar en lo posible paros prolongados en la operación de la planta debidos a la falta de suministros de energía eléctrica y materiales.
3. Operacional.

Personal

- El operador de la planta deberá recibir la capacitación necesaria así como los manuales de operación y mantenimiento de las instalaciones y equipo para que éste identifique claramente sus funciones diarias y la importancia de llevarlas a cabo adecuadamente.
- Por otro lado, deberá recibir asesoría y supervisión continua por algún organismo responsable (Sistema de Agua Potable y Saneamiento).

Operacional

Para arrancar nuevamente el sistema de tratamiento y asegurarse de su buena operación, si es posible deberá desaguar se el tanque Imhoff y verificar que las instalaciones no hayan sufrido deterioro o desgaste que puedan ocasionar problemas en la operación.

- Checar las bombas de lodos para verificar y corregir fugas o desgastes que puedan ocasionar problemas en la operación.
 - Checar daños o pérdidas de las mamparas del tanque que pudieran provocar aumento en la velocidad de flujo y generar lodos sedimentables en el efluente del tanque, si es necesario repararlas o sustituirlas.
 - Verificar que las instalaciones eléctricas y equipo de bombeo se encuentre en buen estado.
 - Instalar un medidor de gasto para determinar sobrecargas hidráulicas que puedan afectar el proceso.
4. Control de la operación y mantenimiento de la planta.
Dentro de la planta, deberán llevar registros sencillos que permitan tener un control de las actividades que se realizan diariamente dentro de los cuales se deben incluir los siguientes:

Evaluación de la planta de tratamiento La Joya

- **Control del flujo (deberán llevarse registros diarios del flujo que entra a la planta para determinar bajas y sobrecargas hidráulicas que puedan afectar el sistema).**
- **Control del sistema de bombeo**
- **Control del consumo de energía, las fallas en el suministro de energía están relacionados directamente con el funcionamiento del sistema de bombeo y por lo tanto con los periodos de paros en la planta.**
- **Registro de datos operacionales: la medición rutinaria de algunos parámetros puede ser indicativo de problemas en el sistema, por lo que deberán llevarse registros diarios de por lo menos pH y temperatura y por otro lado solicitar apoyo a dependencias para determinar en forma periódica la eficiencia de remoción de SS y DBO.**
- **Registros de datos de mantenimiento: El operador deberá registrar diariamente las actividades de mantenimiento realizadas cotidianamente por muy simples que parezcan, así como las actividades especiales que se realicen por algún motivo especial, para tener un mayor control de lo que ocurre en el proceso.**

EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO EL PARAJE

5.1. Preparación previa de la visita a la planta

5.1.1. Recopilación y revisión de la información existente

1. Tipo de planta

De acuerdo con el anexo I, el sistema de tratamiento utilizado en la unidad habitacional El Paraje, es un tratamiento secundario cuyo alcance de tratamiento es la remoción o reducción de los coloides suspendidos y sólidos disueltos mediante la oxidación, el sistema utilizado es de filtros percoladores, antecedido y precedido de sedimentación.

2. Datos de proyecto ^(MD-2)

Numero de viviendas	1,000	
Densidad	5.6	hab/vivienda
población (1,000 viviendas x 5.6 hab/vivienda)	5,600	hab.
Dotación	200	lts/hab/día
Aportación (0.8 Dotación)	160	lts/hab/día
Gasto medio (Q medio)	10.4	l.p.s.
Gasto mínimo (Q mínimo = 0.5 Q medio)	5.2	l.p.s.
Gasto máximo (Q máximo = M x Q medio)	33.3	l.p.s.

Evaluación de la planta de tratamiento El Paraje

Eficiencia de tratamiento esperada ^(MD-2).

Se consideraron aguas negras crudas con las características siguientes:

DBO ₅	200	mg/l
SS	240	mg/l

Con el tratamiento primario se espera tener eficiencias de remoción del 30% para DBO₅, y de 50% para SS, con lo cual, el efluente del primer tanque se espera con las características siguientes:

DBO ₅	140	mg/l
SS	120	mg/l

En el tratamiento secundario, se esperan eficiencias de remoción del orden de 86 % de DBO₅ y 75 % de SS, por lo tanto, el efluente final, después de recibir tratamiento secundario y de haber pasado por el clarificador, se espera tenga las características siguientes:

DBO ₅	20	mg/l
SS	30	mg/l

3. Características físicas y de operación de la planta

a. Pretratamiento

Esta unidad es alimentada por gravedad a partir del último pozo de visita de la Unidad Habitacional (fig. 14), la forma un canal de llagada (a), cámara de rejillas de limpieza manual (b), desarenador a base de dos canales paralelos de uso alterno provistos de vertedores proporcionales para control de velocidad y aforo del caudal (c).

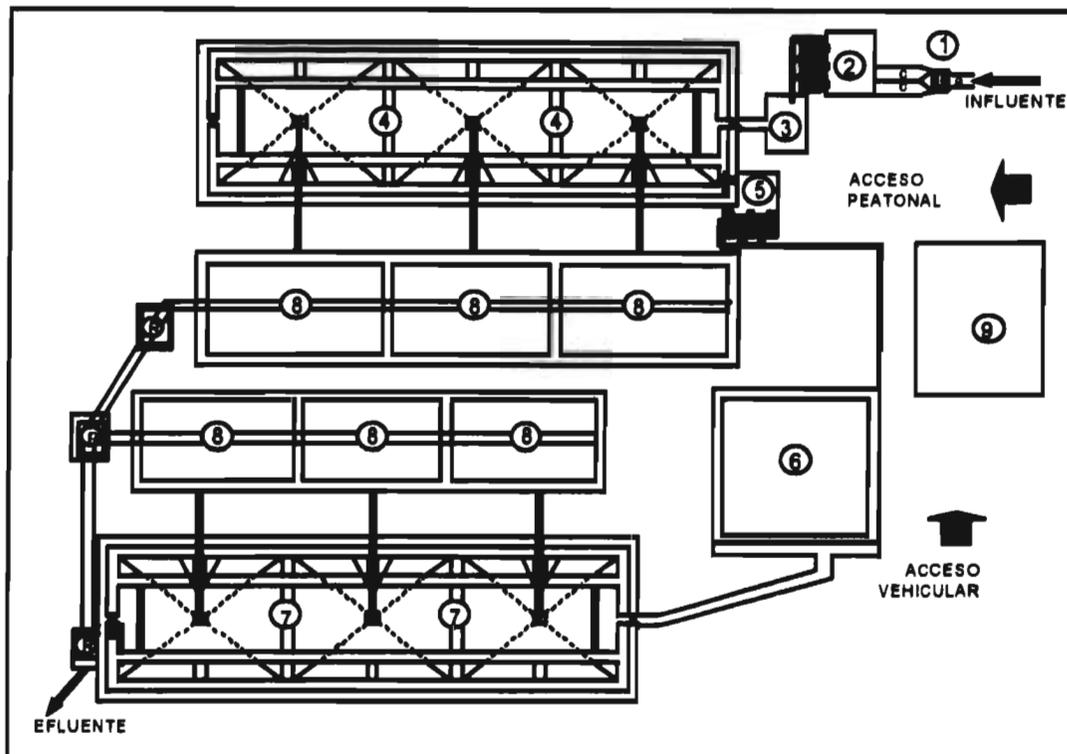
b. Cárcamo de bombeo 1

El cárcamo de bombeo 1 (fig. 14-2) eleva el agua residual que recibe del desarenador hasta un tanque de transición (fig. 14-3), el cual descarga en el sedimentador primario, consta de 3 bombas idénticas (dos operan en forma simultánea y una tercera es para emergencias), con capacidad cada una de bombear un gasto de 18 lps contra una carga dinámica total de 9 m.

c. Sedimentación primaria (tanque tipo Imhoff)

El tanque Imhoff (fig. 14-4), es alimentado por gravedad a partir del tanque de transición, éste está formado por un tanque de sedimentación y tres compartimientos de digestión.

FIGURA No. 14
PLANTA DE TRATAMIENTO EL PARAJE



Tanque de Sedimentación (fig. No. 15-A)

El tanque de sedimentación primaria presenta las características siguientes:

Área transversal	5.12 m ²
Ancho	3.20 m
Profundidad promedio (5.12 m ² / 3.20 m)	1.6 m
Longitud total	14.50 m
Volumen (14.5 m x 5.12 m ²)	74.24 m ³
Área del fondo del canal (14.5 m x 3.2 m)	46.40 m ²
Carga superficial (898.65 m ³ /día / 46.40 m)	19.36 m ³ /m ² /día
Tiempo de retención (74.24 m ³ / 37.34 m ³ /hr)	1.99 hrs = 1 hr. 59 min.

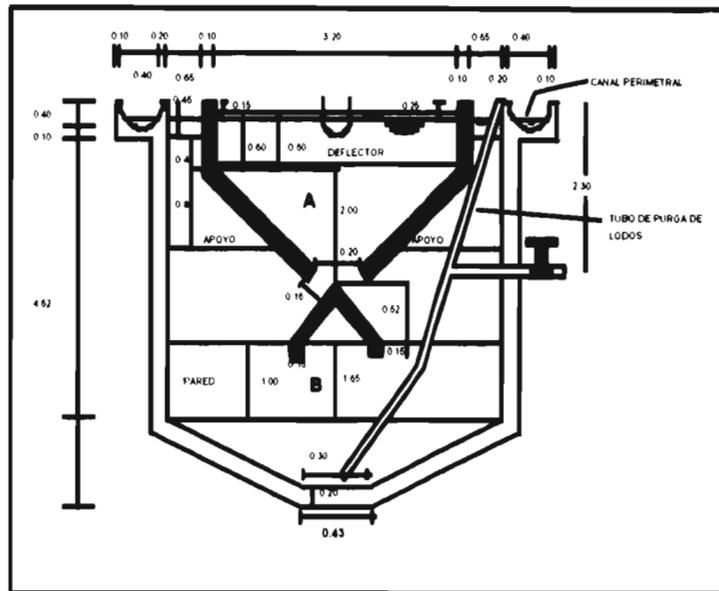
• **Tanque de digestión de lodos (fig. No. 15-B)**

Los lodos digeridos son purgados por presión hidrostática a la apertura de una válvula. El tanque de digestión se proyectó para temperaturas en el fondo del tanque del orden de 18.7 °C, sus características son:

Evaluación de la planta de tratamiento El Paraje

Tiempo de retención de lodos	49.0	días (1.6 meses)
Capacidad de almacenamiento	25.4	l/persona
Volumen requerido del digestor	142.24	m ³
Compartimientos de digestión	3.0	
Volumen operacional	144.72	m ³
Volumen operacional de cada compartimiento	48.24	m ³

FIGURA No. 15
TANQUE IMHOFF
(corte transversal)



d. **Cárcamo de bombeo 2** (fig. 14-5)

Este equipo eleva el efluente del sedimentador primario para rociarlo sobre la parte alta de la torre de oxidación, esta equipado con 3 electrobombas centrífugas, de las cuales, 2 operan en forma simultánea.

e. **Filtro percolador de alta taza** (fig. 14-6)

Este equipo lo forman los siguientes componentes:

• **Torre rectangular** (fig. No. 16-A)

Dimensiones de la torre rectangular que forma el filtro percolador:

Se propuso una torre cuadrada de 4.6 m de lado

Área de la torre

21.16 m²

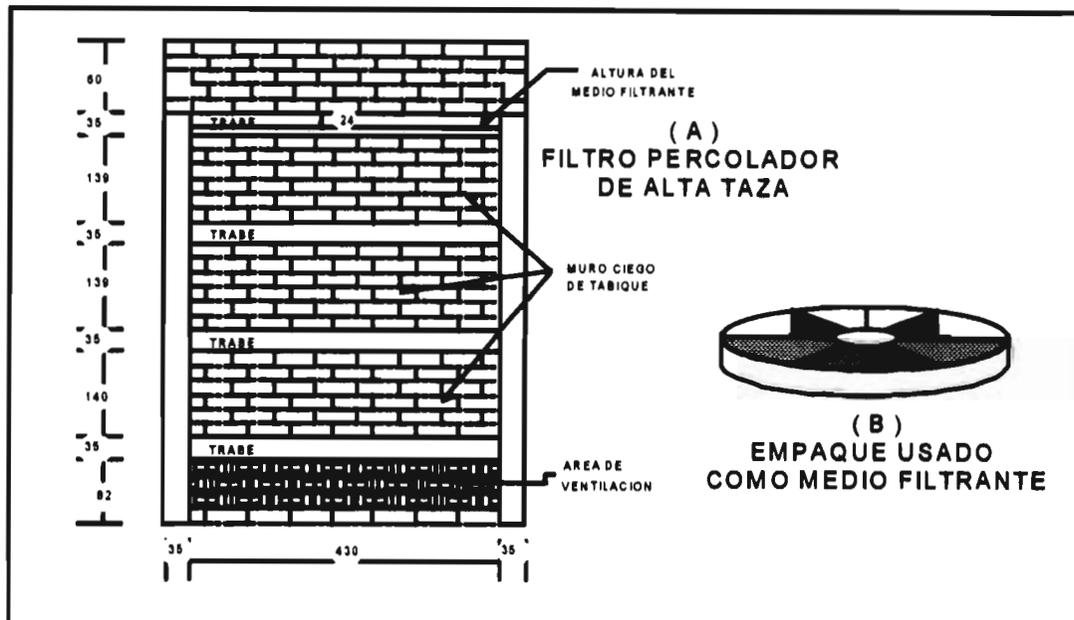
DBO₅ del influente

140

mg/l

Temperatura del líquido	17 °C
Coefficiente de temperatura $1.035^{(T-20)}$	0.902
Constante de tratabilidad a 20 °C (para aguas negras domésticas)	0.08
Gasto (Q) = (12 lps x 86400 s/día) / (21.16 m ² x 1000 l/m ³)	49 m ³ /m ² día
Constante característica del medio	0.5
Profundidad del filtro	6.0 m

FIGURA No. 16
FILTRO PERCOLADOR DE LA
PLANTA DE TRATAMIENTO EL PAREJE



- **Sistema de riego o aspersión**

Está formado por tubos paralelos perforados, que son alimentados por el efluente del sedimentador primario y llevan a cabo la aspersión del agua residual sobre los anillos tubulares.

- **Medio de soporte en anillos tubulares (fig. No. 16-B)**

Es un lecho formado de un material fijo, (llamado de contacto). El material empleado son anillos tubulares de plástico, colocados a granel, con superficies unitarias de 120 m²/m³ y un peso unitario de 139 Kg/m³.

- **Sistema de drenaje**

Este sistema, colecta las aguas residuales que han percolado a través del filtro, sus dimensiones se observan en la fig. No. 16-A.

f. Tanque clarificador (sedimentador secundario tipo Imhoff)

El tanque clarificador fue construido con la misma geometría que el tanque de sedimentación primaria y consta de lo siguiente:

• **Tanque de sedimentación secundaria**

Este recibe el efluente del filtro rociador, es un tanque tipo Imhoff, que presenta dimensiones y geometrías idénticas que el sedimentador del Imhoff primario.

• **Tanque de digestión de lodos secundario**

Las capacidades de los compartimientos de digestión secundaria, son al 50% de los de digestión primaria, debido a que se considera que el lodo resultante en esta fase será del 50% de la primera fase, sus características son:

Volumen requerido del digestor	71.12	m ³
Compartimientos de digestión	3.0	
Volumen operacional	75.15	m ³
Volumen operacional de cada compartimiento	25.05	m ³

La purga de lodos digeridos se hace por presión hidrostática a la apertura de una válvula.

g. Lechos de secado de lodos (fig. 14).

Los lodos digeridos, primarios y secundarios, son deshidratados en lechos porosos de secado en capas de profundidad de 20 a 30 cm. previamente a su disposición final o reuso.

• **Lodos primarios:**

Se espera una producción de lodos digeridos de 1,422.40 l/día total, o 474.13 l/día en cada compartimiento, con un lecho de secado para cada uno. La capacidad de cada compartimiento es de 48.24 m³, el volumen de purga es 9.96 m³, (20.65% del volumen total, porción de lodos ya digeridos) y consta de 3 lechos de secado, cuyas dimensiones son 6 m x 5.5 m, con un área de 33 m².

• **Lodos secundarios.**

Existen tres lechos de secado para los lodos secundarios, con un área de 16.5 m² cada uno.

4. Comparación de los datos de proyecto con criterios de diseño.

Los parámetros considerados y calculados en el diseño de la planta, se compararon con los criterios de diseño (ver tabla No. 2 del anexo 3), para verificar la coherencia entre los valores obtenidos con los recomendados por varios autores, encontrando lo siguiente:

a. Sedimentador primario

- **Cámara de sedimentación.** La carga superficial, el tiempo de retención hidráulico, la abertura de las tolvas, el bordo libre de la superficie del agua etc, son parámetros que se encuentran dentro de los rangos recomendados, (ver tabla 1 anexo 3).
- **Cámara de digestión de lodos.** En este caso, se consideró un tiempo de retención de lodos de 49 días (1.6 meses), mismo que se encuentra por debajo del valor recomendado de 3 a 12 meses. Por otro lado, la capacidad de diseño del digester es de 25.4 l/hab, siendo el valor recomendado de 28 a 184 l/hab.
- **Remoción.** Las eficiencias de remoción promedio que generalmente se presentan en un tanque de sedimentación tipo Imhoff, son de 25 a 35 % para DBO_5 , y 40 a 65 % para SS, y la remoción esperada en la planta es de 30 % para DBO_5 y 50% para SS valores que encajan en los rangos según los criterios de diseño.

b. Clarificador (sedimentador secundario)

- **Cámara de sedimentación.** La cámara de sedimentación secundaria, guarda exactamente las mismas dimensiones que las del sedimentador primario, por lo tanto existe coherencia entre los valores calculados para el compartimiento de sedimentación con respecto a los criterios de diseño.
- **Cámara de digestión.** En este caso, la cámara tienen dimensiones de 0.5 las dimensiones de la cámara de sedimentación primaria, con un tiempo de retención de lodos y una capacidad per cápita igual que en la primera etapa, por lo tanto en este caso también el tiempo de retención de lodos y la capacidad del digester presenta valores inferiores a los observados en los criterios de diseño.

c. Filtro percolador de alta tasa

En el filtro percolador usan material plástico como empaque, éste se clasifica dentro de los materiales de alta tasa, los criterios de diseño se presentan en la tabla No. 2. del anexo 3, en este caso, se observó lo siguiente:

- **Carga orgánica.** La carga orgánica recomendada para estos procesos es de 0.44 hasta 16.5 $\text{kg DBO}_5/\text{m}^3 \times \text{día}$, por otro lado el valor utilizado en el diseño fue de 0.14 $\text{Kg}/\text{m}^3 \times \text{día}$, lo cual significa que está calculado para cargas bajas.

- Carga Hidráulica. La carga hidráulica del diseño es de $49 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{día}$, por otro lado, este proceso soporta cargas de 8 a $241 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ día}$.
- Profundidad del tanque, ésta puede variar de 3 a 12 m, debido a que el peso ligero del material permite mayores alturas. En este caso, la torre se calculó para una profundidad de 6 m, valor que se encuentra dentro del rango.
- Recirculación. En el caso de esta planta no se existe.
- Frecuencia de la dosis. Para este tipo de sistema se recomienda que la descarga del agua sea en forma continua, lo cual es coherente con el dato del diseño.
- Eficiencia de remoción. La eficiencia de remoción de diseño después que el agua a pasado a través del filtro percolador y del sedimentador secundario, según es del 85 % para DBO_5 y de 75 % para SS, la eficiencia con que operan dichos filtros según criterios de diseño (ver tabla 2 anexo 3), cuando éstos van precedidos de sedimentación varía de 65 a 95 % para DBO_5 y de 65 a 92% para SS. por lo que las eficiencias esperadas se encuentran dentro del rango recomendado.
- Superficie específica. Los medios de los filtros de alta tasa, tienen superficies específicas de 90 a $300 \text{ m}^2/\text{m}^3$, el empaque utilizado tiene una superficie específica de $120 \text{ m}^2/\text{m}^3$.

los parámetros considerados en el diseño, se ajustan a los rangos recomendados según los criterios de diseño con excepción de la cámara de digestión, donde el tiempo de retención de lodos y la capacidad del mismo son menores a los recomendados.

5.1.2. Identificación de requerimientos de descarga

Se identificaron las normas vigentes que marcan los valores límite de contaminantes que debe reunir un efluente de aguas residuales de origen municipal, así como los criterios de diseño (ver tabla 2 del anexo 3) que marcan las características esperadas en el efluente de un sistema que utiliza filtros percoladores con las características antes mencionadas.

En la tabla No. 8, se observa la comparación de la remoción esperada en el efluente de la planta el Paraje, con los límites establecidos en las normas, cabe aclarar que la NOM-CCA-067 ECOL/1994, actualmente no se encuentra vigente, sin embargo la NOM-001-ECOL-1996 es menos estricta, por lo que se consideran ambas para hacer la comparación.

La eficiencia de remoción esperada en esta planta es muy elevada, por lo cual se espera cumplir sin problemas con los límites establecidos en ambas normas.

Tabla No. 7
Calidad del agua de la planta El Paraje

Parámetro (mg/l)	Influyente	Remoción (%)	Efluente	NOM-CCA-067 ECOL/1994	NOM-001-ECOL-1996 (*)
DBO ₅	200	90	20	100	200
SS	240	87.5	30	100	200

(*) Se considera el límite para ríos cuyo uso es el riego agrícola ya que en el estado de Morelos, éstos son los principales cuerpos receptores de aguas residuales y el riego agrícola es el principal uso.

5.2. Recopilación y revisión de la información que describe el estado que guarda la planta

Se preparó un cuestionario (anexo 6) para recopilar toda la información posible en la planta, con datos que nos permitan tener un panorama general de la planta y su problemática.

Antes de la visita, se solicitó al personal que tiene a cargo la operación de la planta, los registros y evaluaciones previas que pudieran servir de soporte para la evaluación, la información y datos recopilada sobre la operación de la planta fue la siguiente:

- Memoria descriptiva del diseño de la planta
- Manual de mantenimiento y operación de la planta.
- Registros de datos sobre flujos
- Registro de datos de Operación (DBO, DQO, SS, Ssed, pH, OD, ST y coliformes)
- Registros de temperatura y precipitación de la zona.

5.3. Inspección de la planta

Fase I.

Se realizó un recorrido por la planta en compañía del personal encargado de la supervisión de la planta y con el operador de la misma, en este recorrido se observó lo siguiente:

- La operación de la planta, se encuentra a cargo del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de Jiutepec, el operador tiene un nivel de estudios equivalente a preparatoria, recibe asesoría y supervisión continua por personal capacitado del Sistema de Agua Potable de Jiutepec.
- En la planta existen manuales de operación y el personal es capacitado para dar un mantenimiento adecuado.

Fase II.

En esta fase, se realizó un recorrido por las instalaciones para identificar las áreas donde se pudiera presentar algún problema que afecte la operación de la planta, en este recorrido se observó lo siguiente:

1. Sistema de bombeo e instalaciones eléctricas.
 - Tanto el equipo de bombeo como la instalación eléctrica reciben el mantenimiento adecuado, son revisados diariamente, por lo que se observaron en buen estado.
2. Pretratamiento.
 - No se observaron desgastes o daños en las rejillas, la limpieza y retiro de desechos sólidos se realiza conforme se requiere.
 - Los canales de desarenación se mantienen limpios y operando adecuadamente.
3. Sedimentador primario:
 - La limpieza del sedimentador primario se lleva a cabo según las instrucciones del manual de operación, sin embargo, en el momento de la visita se observó la presencia de sólidos y natas flotando en el sedimentador primario, por otro lado, los resultados analíticos obtenidos en el efluente de este sedimentador revelan un alto contenido de SS.
4. Filtro percolador:

Al igual que las demás operaciones unitarias del tratamiento, el filtro percolador recibe mantenimiento, sin embargo, en éste se observó lo siguiente:

- Presencia de color negro en la superficie del medio filtrante
- Presencia de moscas y otros insectos
- Presencia de olores.

5. Sedimentador secundario:

El problema observado en los procesos anteriores al clarificador, se refleja en este último:

- Presencia de sólidos flotando en el efluente del sedimentador,
- Alto contenido de DBO₅ y SS en el efluente (calidad pobre en el efluente).

En visitas anteriores a la planta, no se había observado la presencia de los problemas antes mencionados, por lo que se cuestionó al operador para determinar el origen del problema, quien nos informó que en fechas anteriores a la visita, se agregó en el sedimentador primario un compuesto "mejorador de suelos agrícolas", cuya formulación líquida contiene: ingrediente activo, levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y bacterias coadyuvantes en una solución neutra de C, H, O, N, Ca, K, Fe, P y S, el operador indicó que después de que se le agregó dicha sustancia, se presentaron los problemas arriba mencionados.

5.4. Revisión de registros

5.4.1. Registros de flujo

Se solicitaron en la planta los registros de flujo disponibles para detectar sobrecargas o bajas cargas hidráulicas que pudieran tener alguna influencia sobre la eficiencia del proceso.

En la tabla siguiente se muestran los promedios mensuales de flujo de aguas residuales que recibe la planta, los cuales fueron calculados a partir de los registros diarios que se tienen en la misma.

5.4.2. Registros de datos operacionales

El control de los parámetros de calidad del agua, es una medida esencial en la evaluación del proceso, los parámetros indicadores de la operación del sistema que se deben considerar son los siguientes: DBO₅, DQO, SS, nitrógeno, fósforo, siendo también de importancia la temperatura y pH.

En la tabla No. 9, se muestran los registros de pH y en las tablas No. 10 y 11, se presentan los datos de calidad del agua de la planta tanto en el influente como en el efluente de la misma.

5.4.3. Registros de precipitación y temperatura de la zona

La tabla No. 6 muestra la variación de la temperatura y precipitación promedio mensual obtenidas a partir de datos diarios.

Tabla No. 8
Valores promedio mensuales de flujo de agua residual
en el influente de la planta

Mes	Características promedio 1994			Características promedio 1995		
	Flujo (lps)	Valores pico		Flujo (lps)	Valores pico	
		Min	Max		Min	Max
Enero	12.82			11.95		
Febrero	12.83			12.84	9.5	
Marzo	13.0	9.81		12.9		
Abril	12.96			13.6		
Mayo	13.59			13.0		
Junio	15.53			13.9		
Julio	16.92			16.5		
Agosto	17.15			18.95		21.5
Septiembre	17.21		22.41	17.25		
Octubre	13.49			16.51		
Noviembre	13.77			13.50		
Diciembre	13.83			13.73		

Fuente: Registros de la planta de tratamiento de aguas residuales El Paraie.

Tabla No. 9
Valores promedio mensuales de pH
calculados a partir de los registros diarios

Mes	pH promedio mensual 1994		pH Promedio mensual 1995	
	Influente	Efluente	Influente	Efluente
Enero	7.68	7.42	7.6	7.35
Febrero	7.67	7.3	7.76	7.24
Marzo	7.7	7.4	7.55	7.4
Abril	7.7	7.45	7.8	7.3
Mayo	7.66	7.4	7.75	7.4
Junio	7.62	7.46	7.63	7.2
Julio	7.61	7.41	7.64	7.32
Agosto	7.6	7.45	7.65	7.3
Septiembre	7.61	7.4	7.75	7.2
Octubre	7.66	7.45	7.8	7.2
Noviembre	7.65	7.5	7.7	7.35
Diciembre	7.66	7.45	7.65	7.45

Fuente: Registros de la planta de tratamiento de aguas residuales El Paraie

Tabla No. 10
Calidad del influente y efluente de la planta El Paraje
periodo 1994

ÉPOCA DE ESTIAJE

MES		PARÁMETROS								
		pH	Ssed (ml/l)	SST (mg/l)	DQO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	OD (mg/l)	ST (mg/l)	COLIFORMES (NMP/100 ml)	
									TOTALES	FECALES
FEB	I	7.3	4.5	325	709	317.72	< 0.1		$\geq 16 \times 10^{18}$	$\geq 16 \times 10^{18}$
	E	7.9	< 0.1	50	109	59.44	1.2		2×10^9	2×10^9
	%		98	84.6	84.6	81.3				
ABR	I	7.3	3.5	52	556	282	< 0.1	740	16×10^{20}	16×10^{20}
	E	7.5	< 0.1	16	115	38.1	< 0.1	490	5×10^{11}	5×10^{11}
	%		97	69	79	86.5		33.8		
% de remoción promedio			97.5	76.8	81.8	83.9		33.8		

ÉPOCA DE ESTIAJE

MES		PARÁMETROS								
		pH	Ssed (ml/l)	SST (mg/l)	DQO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	OD (mg/l)	ST (mg/l)	COLIFORMES (NMP/100 ml)	
									TOTALES	FECALES
JUN	I	7.3	4.5	300	693	297.87	< 0.1	848	$\geq 16 \times 10^{20}$	$\geq 16 \times 10^{20}$
	E	7.9	< 0.1	44	105	29.79	< 0.1	574	$\geq 16 \times 10^{11}$	$\geq 16 \times 10^{11}$
	%		98	85.3	85.8	89.99		32		
JUL	I	7.4	3	160	559	238.3	< 0.1	798	$\geq 16 \times 10^{20}$	$\geq 16 \times 10^{20}$
	E	7.9	0.1	36	62	23.83	0.1	578	$\geq 16 \times 10^{10}$	9×10^{10}
	%		96.6	77.5	88.9	90		27.6		
AGO	I	7.7	1.3	84	610	198	< 0.1	910	$\geq 16 \times 10^{21}$	$\geq 16 \times 10^{21}$
	E	8.1	0.1	30	107	26.05	0.4	614	28×10^{10}	28×10^{10}
	%		92.3	64.3	82.5	85.8		32.5		
SEP	I	7.3	2.5	200	611	278.02	< 0.1	894	4×10^{18}	4×10^{18}
	E	7.6	< 0.1	24	93	43.69	1.20	582	6×10^7	4×10^7
	%		96	88	84.8	84.3		34.9		
OCT	I	7.3	3	250	665	337.59	< 0.1	858	$\geq 16 \times 10^{20}$	$\geq 16 \times 10^{20}$
	E	7.8	0.1	76	103	47.68	0.4	614	16×10^9	16×10^9
	%		96.6	69.6	85.5	85.9		28.4		
% de remoción promedio			95.9	79.94	85.5	87.20		31.08		

Fuente: Comisión Nacional del Agua Gerencia Estatal en Morelos.

Nota: -#- No hubo remoción, el efluente tubo mayor concentración que el influente. No se consideró para el cálculo del promedio.

I = influente, E = efluente, % = porcentaje de remoción.

Tabla No. 11
Calidad del influente y efluente de la planta El Paraje
periodo 1995

ÉPOCA DE ESTIAJE

MES		PARÁMETROS								
		pH	Ssed (ml/l)	SST (mg/l)	DQO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	OD (mg/l)	ST (mg/l)	COLIFORMES (NMP/100 ml)	
									TOTALES	FECALES
ENE	I	7.4	2.5	275	718	204	< 0.1	826	$\geq 16 \times 10^{20}$	5×10^{20}
	E %	7.8	0.5 80	100 83.6	228 68.2	40.8 97.6	< 0.1	548 29.3	$\geq 16 \times 10^9$	5×10^9
FEB	I	7.1	3.5	228	592.8	285.6	< 0.1	696	$\geq 16 \times 10^{20}$	$\geq 16 \times 10^{20}$
	E %	7.8	< 0.1 97	72 68	111.2 81.21	42.04 85.3	< 0.1	600 13.8	16×10^9 13.8	5×10^9
ABR	I	6.99	3	660	684	258.3	< 0.1	754	18×10^{20}	5×10^{20}
	E %	7.38	< 0.1 96.6	652 24.18	144 78.95	22.7 91.21	0.1	448 40.85	$\geq 16 \times 10^9$	$\geq 18 \times 10^9$
MAY	I	7.1	---	315	602	330.72	< 0.1	728	$\geq 16 \times 10^{20}$	16×10^{20}
	E %	7.7	---	104 66.98	136 77.41	186.03 43.75	0.2	584 19.78	$\geq 16 \times 10^9$	$\geq 16 \times 10^9$
% de remoción prom.			91.2	51.92	76.12	91.37	---	27.98	---	---

ÉPOCA DE LLUVIAS

MES		PARÁMETROS								
		pH	Ssed (ml/l)	SST (mg/l)	DQO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	OD (mg/l)	ST (mg/l)	COLIFORMES (NMP/100 ml)	
									TOTALES	FECALES
JUN	I	7.2	3.0	184	379	289.38	0.2	672	$\geq 16 \times 10^{20}$	9×10^{20}
	E %	7.8	0.2 93.3	112 39.13	221 41.69	93.01 67.65	0.2	508 24.4	$\geq 16 \times 10^{10}$	9×10^{10}
JUL	I	7.1	1.6	248	500	205	< 0.1	722	$\geq 16 \times 10^{21}$	$\geq 16 \times 10^{21}$
	E %	7.4	< 0.1 93.75	108 56.45	206 58.8	88.6 56.68	< 0.1	582 19.39	9×10^{10}	9×10^{10}
AGO	I	7.4	0.5	20	199.4	102.5	2.4	460	9×10^{21}	9×10^{21}
	E %	7.5	0.1 80	8 60	54.8 73	29.04 72	1.6	424 7.8	$\geq 16 \times 10^{11}$	$\geq 16 \times 10^{11}$
SEP	I	6.8	1	---	437.3	194.81	0.61	730	$\geq 16 \times 10^{21}$	$\geq 16 \times 10^{21}$
	E %	7.2	< 0.1 90	---	141.0 68	32.81 83	0.41	578 21	---	---
OCT	I	6.8	1.8	136	476.1	212.73	0.20	564	$\geq 16 \times 10^{22}$	$\geq 16 \times 10^{22}$
	E %	6.9	< 0.1 94	32 75	100.5 79	31.91 85	0.40	438 22	$\geq 16 \times 10^{13}$	$\geq 16 \times 10^{13}$
% de remoción prom.			90.21	57.64	59.3	72.9	---	18.92		

Fuente: Comisión Nacional del Agua Gerencia Estatal en Morelos.

Nota: -.- No hubo remoción, el efluente tubo mayor concentración que el influente. No se consideró para el cálculo del promedio.

I = Influyente, E = efluente, % = porcentaje de remoción.

5.4.4. Comparación de los datos operacionales con criterios de diseño

1. Cálculo de la eficiencia global de la planta

La eficiencia global de la planta obtenida durante los años 1994 y 1995 se calculó para los parámetros DBO₅ y SST, mismos que fueron utilizados para el diseño de la planta, en la tabla No. 16, se presentan los valores obtenidos en dichos periodos, observando lo siguiente:

a. Demanda bioquímica de oxígeno

- La eficiencia de remoción de DBO₅ esperada (90%) no se logró en ninguno de los dos años analizados, especialmente durante 1995, donde se observa una disminución brusca en la eficiencia de remoción. (ver gráfico No. 2-2)
- De acuerdo con los registros operacionales (tablas 10 y 11), en el influente de la planta se observó que en los meses de febrero, abril, junio, julio, septiembre y octubre de 1994 así como en febrero, abril, mayo, junio, julio y octubre de 1995, se presentan sobrecargas de DBO₅ que rebasan las condiciones de diseño de la planta.

b. Sólidos suspendidos totales

- La remoción de SS también es deficiente en la planta, ya que ni en el año 1994 ni en 1995 se lograron las eficiencias de remoción esperadas, especialmente durante 1995, donde ésta disminuyó drásticamente hasta un valor promedio del 53%, cuando el valor esperado es 87.5 % (ver gráfico 2-1).
- Según los registros operacionales (tablas 10 y 11), se observan sobrecargas de SS en los meses de febrero, junio y octubre de 1994 y en enero, abril, mayo y julio de 1995, especialmente en el mes de abril donde se presenta la eficiencia de remoción más baja (24%), y donde se puede observar que el influente se tiene una sobrecarga de SS (860 mg/l) que rebasa considerablemente la concentración esperada (240 mg/l).

En forma general, se observa lo siguiente:

De acuerdo con los registro de flujos promedio (tabla 8) no se tienen sobrecargas hidráulicas en la planta, ni siquiera en época de lluvias, donde se incrementa el flujo del influente a la planta. Los valores extremos presentados son; mínimo de 9.5 lps y máximo de 22.41 lps, siendo los flujos de diseño de 5.2 lps mínimo y 33.3 lps máximo, por lo que la carga hidráulica se puede descartar como un problema que afecte la eficiencia de operación del sistema.

Por otro lado, se observan sobrecargas orgánicas (DBO) en la mayor parte del año, lo que podría dar lugar a que la eficiencia que alcance la planta se encuentre por

debajo de la eficiencia de diseño, aunque no se aprecia ninguna mejoría en los meses donde la carga orgánica de diseño no es rebasada.

Tabla No. 12
Eficiencia global de la planta de tratamiento El Paraje

PARÁMETRO	CONCENTRACIÓN (mg/l)			EFICIENCIA DE REMOCIÓN (%)		
	ESPERADA	PROMEDIO ANUAL		ESPERADA	PROMEDIO ANUAL	
		1994	1995		1994	1995
DBO ₅	200	278.5	262.166	90	86.26	73.73
SST	240	195.875	351.666	87.5	76.9	53

2. Comparación con la NOM-067-ECOL-1994

En este trabajo se consideró únicamente como base de comparación para el análisis de los parámetros de calidad del agua del efluente la NOM-067-ECOL-1994.

En la tabla No. 17, se comparan los valores promedio de las concentraciones de contaminantes en el efluente de la planta contra los límites de la NOM.

La planta entrega un efluente con características que cumplen con los límites establecidos en la NOM, aunque en época de estiaje del año 1995 se observa un alto contenido de SS que no cumple con la NOM.

TABLA No. 13
Calidad del efluente de la planta el Paraje

PARÁMETRO	CARACTERÍSTICAS DEL EFLUENTE (*)				NOM-067- ECOL-1994 (**)
	1994		1995		
	ESTIAJE	LLUVIAS	ESTIAJE	LLUVIAS	
pH	7.7	7.86	7.66	7.6	6 a 9
SST (mg/l)	33	42	274.66	108	150
S. Sed. (ml/l)	0.1	0.1	0.23	0.15	2.0
DBO ₅ (mg/l)	48.77	34.6	35.18	122.81	150
DQO. (mg/l)	112	94	138.73	187.66	250
Grasas y Aceites (mg/l)	---	---	---	---	30
Detergentes (SAAM) (mg/l)	---	---	---	---	8

Notas: (*) Características promedio.
(**) Límite máximo permisible, muestra instantánea.

3. Influencia de los cambios de temperatura y lluvias extremas sobre la eficiencia de operación de la planta

- DBO₅ y SS.

En el gráfico No. 2.1 y 2.2, se observa la eficiencia de remoción de SST y DBO₅ respectivamente, en ella se muestran los periodos de lluvias y estiaje, sin que se aprecia alguna diferencia marcada que indique influencias en la remoción por las lluvias, por otro lado, aunque se tienen meses con valores de precipitaciones muy elevados, el influente no recibió cargas hidráulicas considerables.

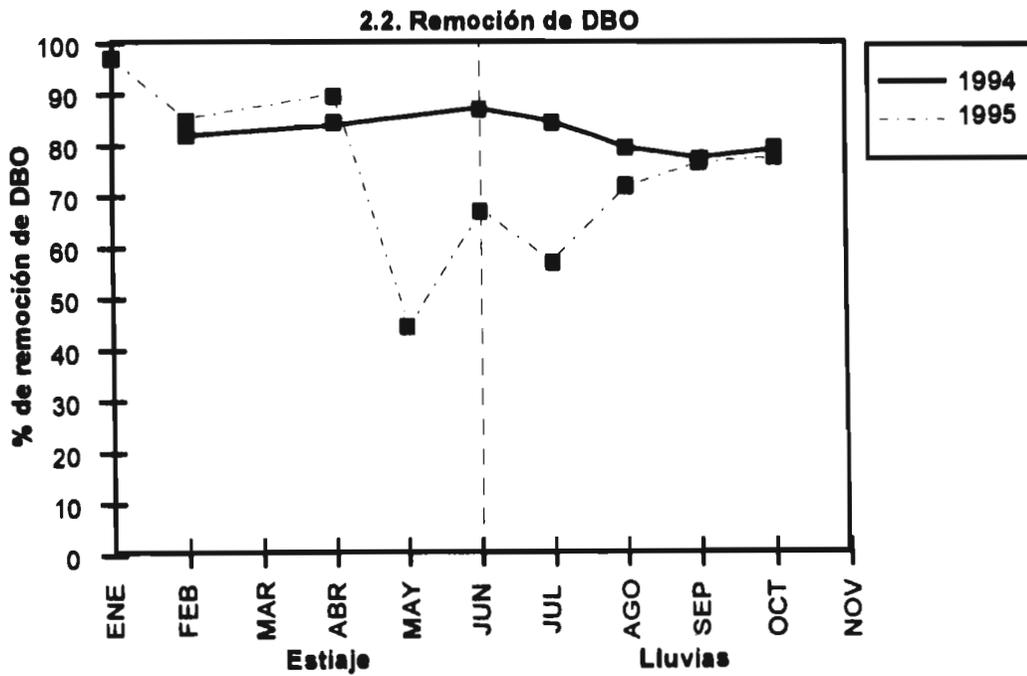
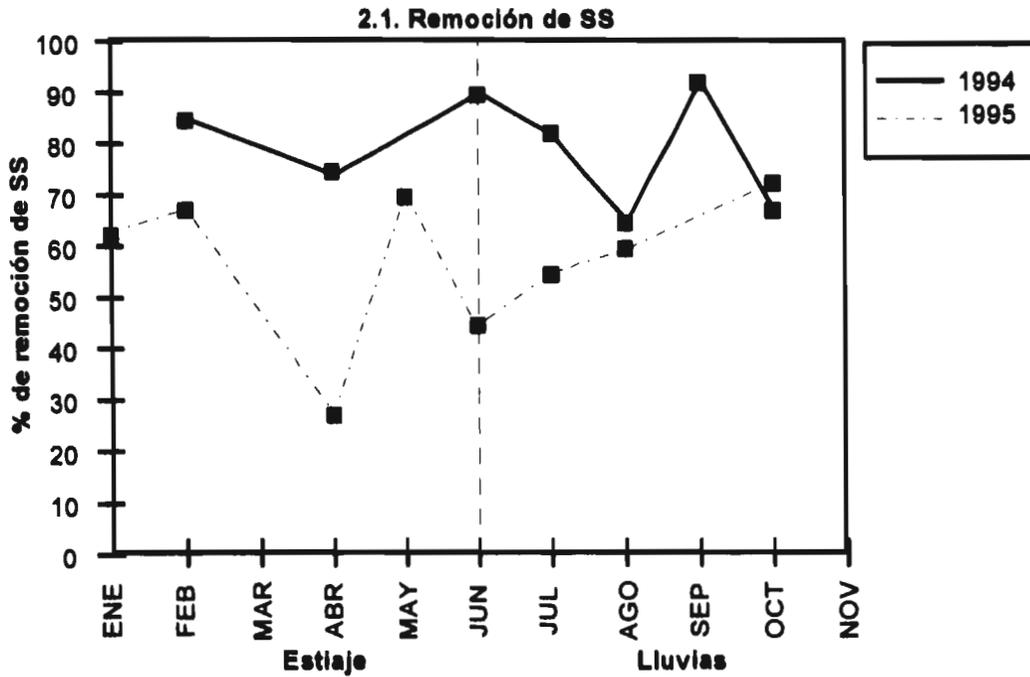
Con respecto a la influencia de la temperatura, se aprecian disminuciones ligeras en los meses de invierno, sin embargo son mínimas, dado que en el estado de Morelos no se tienen temperaturas extremas que puedan afectar el proceso biológico (tabla No. 6).

Tabla No. 6
Valores promedio mensuales de Temperatura y precipitación
calculados a partir de los registros diarios

Mes	Temperatura (°C)		Precipitación (mm)	
	1994	1995	1994	1995
Enero	18.8	19.2	1	6.8
Febrero	20.9	20.6	0	2.8
Marzo	23.0	22.7	0	4.7
Abril	23.8	24.1	3.1	11.4
Mayo	24.8	25.1	38.1	249.6
Junio	22.3	23.8	345.8	309.6
Julio	22.3	22.5	62.2	237.7
Agosto	21.9	22.0	286.2	501.7
Septiembre	21.9	22.2	177.1	208.8
Octubre	22.0	21.6	194.5	78.9
Noviembre	20.6	20.5	1	41.5
Diciembre	18.5	18.1	0	73.3

Fuente: Comisión Nacional del Agua Gerencia Estatal Morelos.

Grafico No. 2 Eficiencia de remoción planta El Paraje



5.5. Identificación del Problema

Como ya se mencionó, el primer paso en la evaluación de la planta es determinar si el rendimiento de ésta cumple con las normas y criterios de diseño. En este caso, la calidad del efluente de la planta cumple con los límites establecidos en las normas vigentes, sin embargo la eficiencia de operación de la planta podría ser mayor, ya que no cumple con la eficiencia de diseño esperada, misma que se vio reducida aun más durante el año 1995.

Para identificar el problema se realizó un nuevo análisis en el área donde pueden presentarse problemas, revisando el área de diseño, de proceso, de mantenimiento, etc.

Los problemas más comúnmente encontrados en un sistema con filtros percoladores, se describen en el anexo 5,

Se realizó un monitoreo adicional, para determinar la eficiencia por proceso unitario de las unidades que forman el sistema y obtener datos adicionales que nos permitan definir el problema.

5.5.1. Programa de muestreo para obtener datos adicionales

- a. Determinar que parámetros se deben analizar
- b. Definir los puntos de muestreo
- c. Número de muestras necesarias

• Parámetros a analizar

Los parámetros que se consideraron para el muestreo adicional, fueron los establecidos en las normas vigentes, dada la necesidad que se tiene de que el efluente de la planta cumpla con los límites establecidos en dicha normatividad, siendo éstos los siguientes: pH, SAMM, Fe, Cr⁶⁺, DQO, DBO₅, G y A, ST, SST, Ssed. y Coliformes fecales y totales.

• Puntos de muestreo

Se propuso tomar una muestra en el efluente de cada proceso unitario, con la finalidad de detectar las áreas donde se está generando el problema, en la figura No. 18 se observan los puntos de muestreo establecidos.

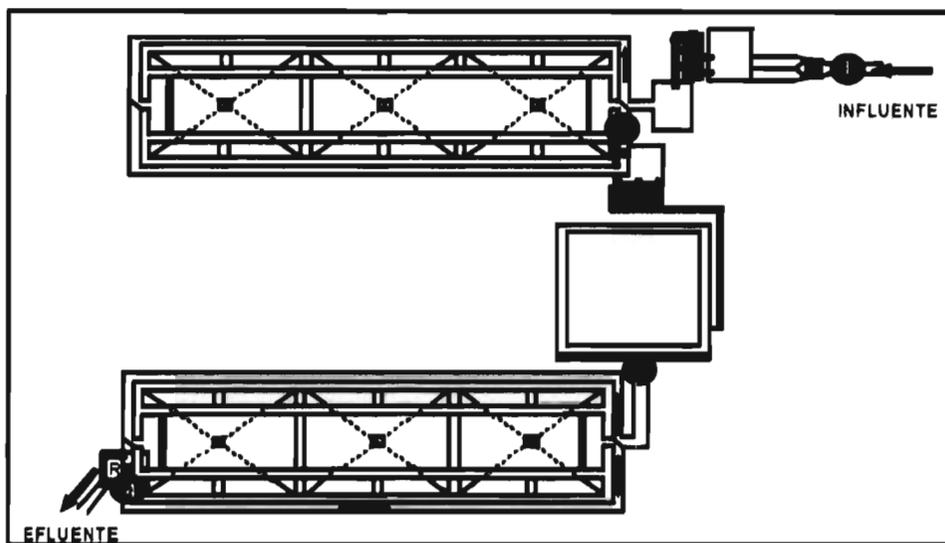
• Número de muestras

Se tomó una muestra en cada punto seleccionado.

• **Resultados analíticos por proceso unitario de la planta de tratamiento el paraje**

En la tabla No. 14 se presentan los resultados analíticos realizados a las muestras del influente y efluente de la planta, así como del efluente de cada proceso unitario.

**FIGURA No. 17
PUNTOS DE MUESTREO
PLANTA DE TRATAMIENTO EL PARAJE**



**Tabla No. 14
Resultados analíticos del efluente de cada operación unitaria**

Parámetro	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
pH	7.46	7.41	7.69	7.68
DBO ₅ (mg/l)	170.89	102.54	71.77	17.09
SST (mg/l)	168	116	95	52
DQO (mg/l)	420	293	245	115
G y A (mg/l)	146	121	39	63
ST (mg/l)	802	610	598	486
SAAM (mg/l)	1.65	0.33	0.33	0.27
Ssed (ml/l)	1.5	< 0.1	0.8	< 0.1
Fe (mg/l)	0.4	0.29	0.26	0.16
Cr ⁺⁶ (mg/l)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Coliformes fecales NMP/100 ml	$\geq 16 \times 10^{21}$	$\geq 17 \times 10^{14}$	$\geq 9 \times 10^{13}$	$\geq 16 \times 10^{11}$
Coliformes Totales NMP/100 ml	$\geq 16 \times 10^{21}$	$\geq 14 \times 10^{14}$	$\geq 5 \times 10^{13}$	$\geq 16 \times 10^{11}$

• **Análisis de los resultados y comparación con criterios de diseño.**

En la tabla No. 15 se hace una comparación de las eficiencias típicamente encontradas en los procesos que conforman este tren de tratamiento.

Tabla No. 15
Eficiencia de remoción por proceso

Muestra	Parámetro	Calidad	Eficiencia esperada (%)	Eficiencia alcanzada (%)
Influente	DBO ₅ SST	170.89 168	---	---
Efluente del sedimentador primario tipo Imhoff.	DBO ₅ SST	102.54 116	25 a 35 40 a 65	40 31
Efluente filtro percolador	DBO ₅ SST	71.77 95	Precedidos de sedimentación *	
Efluente del sedimentador secundario tipo Imhoff.	DBO ₅ SST	17.09 52	50 a 90 65 a 92	83 55
Eficiencia global	DBO ₅ SST	---	50 a 90 65 a 92	90 69

* En los criterios de diseño, no se presentan datos de eficiencia para los efluentes del filtro percolador, ya que en éste no se puede apreciar la remoción, dado que la película biológica es desprendida y arrastrada continuamente por el flujo, por lo tanto la evaluación se hace después de la sedimentación secundaria.

En forma general, se puede observar lo siguiente:

- En el sedimentador primario se alcanzan eficiencias de remoción de DBO₅ mayores a las comúnmente encontradas en este tipo de reactores, sin embargo la remoción de SST es deficiente.
- Filtro percolador; la eficiencia alcanzada comúnmente en este tipo de sistemas de tratamiento *precedida de* sedimentación es de 50 a 90 % de DBO₅, en este caso la planta alcanza eficiencias del orden de 83 % misma que se considera adecuada, sin embargo la remoción de SST (55 %) es deficiente ya que no alcanza la eficiencia mínima que comúnmente se encuentra en estos filtros (65 %).
- A nivel global, la planta de tratamiento alcanza buenas eficiencias de remoción de DBO₅, (90 %) sin embargo presenta problemas para remover los SST (69 %) desde el inicio del tren de tratamiento.

Contando con estos datos adicionales se analizaron los siguientes aspectos para identificar el problema:

5.5.2. Problemas relacionados con el diseño

En el análisis de las características del diseño contra los criterios recomendados, se observó que el tiempo de retención de lodos del digestor, así como la capacidad de almacenamiento del digestor del mismo son menores a las recomendaciones.

5.5.3. Problemas relacionados con sobrecarga hidráulica

Como ya se observó, no existen sobrecargas hidráulicas en el sistema que puedan generar problemas de operación ni en época de lluvias, ya que los valores de flujo máximos encontrados son inferiores a la capacidad máxima de diseño.

5.5.4. Problemas relacionados al proceso

- Se presentan sobrecargas orgánicas en la mayor parte del año, tanto el contenido de DBO₅, como de SS en el influente de la planta, rebasan las cargas para las que fue diseñado el sistema.
- Las características del efluente cumplen con las condiciones de descarga que marca la normatividad, sin embargo la eficiencia de remoción esperada en el diseño de la planta no es alcanzada (se observa un alto contenido de SS en el efluente).
- En el análisis por proceso unitario de la planta, se observa que en el sedimentador primario no se realiza eficientemente la remoción de sólidos, entregando un influente al filtro con alto contenido de sólidos lo cual puede ser la causa por la cual el filtro no opere eficientemente.
- Durante las visitas y el muestreo (por proceso) realizados en el mes de abril de 1995 se observó la presencia de sólidos y natas en el efluente del sedimentador primario, se observó coloración negruzca en algunas partes del filtro, así como la presencia de moscas y olores en el filtro.
- Por otro lado, se observó que la calidad en el efluente disminuyó considerablemente, presentando un alto contenido de SS y DBO.
- El problema presentado en ese momento, fue identificado por el operador, dado que se agregaron sustancias al sedimentador primario con la finalidad de obtener lodos que pudieran aplicarse en forma directa como mejoradores de suelos, sin embargo, el agregar dicha sustancia resultó ser tóxico para los microorganismos, afectando el proceso y provocando la muerte de los mismos lo cual generó malos olores, coloración oscura en la superficie del filtro, crecimiento de moscas, desprendimiento de la capa biológica y taponamientos en el filtro.

5.5.5. Problemas de mantenimiento

El personal que opera la planta está capacitado para realizar el mantenimiento en forma adecuada, realizando un reporte semanal de las actividades de limpieza y mantenimiento diarios que se llevan a cabo en la planta; dentro de las operaciones que reportan en forma semanal sobresalen las siguientes:

1. Operación del equipo de bombeo

Debido a que cuentan con equipo de bombeo de reserva, no se reportan paros en la planta por este problema, los desperfectos son reportados y corregidos oportunamente.

2. Mantenimiento de:

- ⇒ Rejillas
- ⇒ Ventilación del filtro percolador
- ⇒ Tanque de sedimentación primario y secundario
- ⇒ Orificios de los tubos de aspersión

Dentro de este mantenimiento se encuentra la limpieza de canales, compuertas, tanques sedimentadores, extracción de lodos de los sedimentadores, retiro de lodos de los lechos de secado, revisión y limpieza de los aspersores y del filtro, cambio de circulación del flujo en los sedimentadores, pintura donde y cuando se requiera y limpieza general de la planta entre otras cosas.

3. Mediciones diarias de:

- ⇒ pH (influyente y efluente)
- ⇒ Flujo (influyente)

Por otro lado, el operador recibe asesoría y supervisión por personal capacitado.

5.6. Propuestas de solución

Como ya se observó en el presente análisis, la planta de tratamiento El Paraje opera con una eficiencia que le permite entregar un efluente que cumple con las condiciones de descarga máximas permitidas por la normatividad, sin embargo, la eficiencia de diseño es superior a la que la planta alcanza, por lo que se considera que ésta podría mejorar.

- En el año 1995, la eficiencia de remoción de SS de la planta disminuyó aún más rebasando incluso la NOM.
- En el mismo año, se presentó el problema más grave con la entrada de sustancias que resultaron tóxicas para el proceso biológico, sin embargo éste se consideró un

problema "*definido*" ya que tanto el problema como las causas fueron detectado por el operador de la planta, para estos casos, se debe considerar lo siguiente:

- Evitar en lo posible la entrada de sustancias tóxicas al sistema.
- Una vez que ya se ha presentado el problema, limpiar bajo los sistemas de drenes todos los taponamiento del filtro generados por los desprendimiento excesivos de la capa biológica.
- Introducir agua a presión al filtro para eliminar las manchas de la superficie y limpiar el medio filtrante
- Dado que el influente al filtro puede ser séptico a causa de trastornos en el digester, aplicar dosis de cloro a razón de 5 mg/l durante algunas horas.
- Una vez limpio el filtro, forzar la entrada de aire al sistema para incrementar la ventilación al filtro y regularizar la aspersion del agua, para regularizar la formación de la capa biológica nuevamente en el menor tiempo posible.

Para mejorar la eficiencia global de la planta y alcanzar la eficiencia de diseño, se debe considerar lo siguiente:

Dado que el problema se presenta desde el sedimentador primario, entregando éste un efluente con alto contenido de SS al filtro;

- Instalar un tanque de homogeneización para evitar las sobrecargas orgánicas que se presentan en la mayor parte del año.
- Hacer pruebas con colorantes para estimar el tiempo de retención del flujo en el tanque de sedimentación y si es necesario aumentarlo con la instalación de dispositivos como mamparas.

Si es posible, desaguar el tanque de sedimentación para revisar lo siguiente:

- Checar las bombas de lodo y el mecanismo de colección de lodos para verificar que no hayan desgastes taponamientos o fugas que impidan que los lodos sean separados adecuadamente, en caso de que existan desperfectos, deberán repararse y/o sustituirse las partes dañadas.
- Verificar que no haya daños o pérdidas de mamparas en la línea de entrada que puedan ocasionar corto circuito en el tanque o aumento en la velocidad del flujo hacia la salida, lo cual puede generar materia sedimentable en suspensión

Evaluación de la planta de tratamiento El Parale

en el efluente del tanque. En caso de existir daños las mamparas deberán repararse o sustituirse.

- Si el efluente del sedimentador no presenta sólidos que puedan causar taponamientos o crecimientos en el filtro se incrementan las posibilidades de aumentar la eficiencia de operación del sistema.

CONCLUSIONES

El principal objetivo de este trabajo consistió en contar con una metodología para la evaluación de plantas de tratamiento de agua residual (prototipo), éste se cumplió cabalmente. La metodología propuesta consta de los pasos a seguir para: la preparación de la visita al sitio, inspección del mismo, identificación del problema, evaluación total de la planta y reporte final.

Es de gran importancia sistematizar de esta forma la evaluación de las plantas con el fin de tener una guía fácil y segura en la difícil tarea de estimar el rendimiento de una planta, los problemas operacionales que le aquejan, los aspectos relacionados con el personal de operación, las necesidades de muestreo y análisis, los requerimientos del laboratorio y el programa de mantenimiento así como la información y datos acumulados deben ser analizados en las 4 fases de que consta la metodología a saber: preparación de la visita, inspección del sitio, identificación del problema y evaluación total de la planta.

En el capítulo III se describe ampliamente cada fase y las actividades involucradas.

Los principales sistemas instalados en el estado de Morelos para tratar aguas residuales municipales son; filtros percoladores, biodiscos, lodos activados, lagunas de oxidación, y los sistemas prototipo (paquete) usados en unidades habitacionales, siendo los más comunes el filtro percolador de alta taza (antecedido y precedido de sedimentación) y el tratamiento primario mediante un tanque Imhoff.

En el estado de Morelos, existen ocho plantas que utilizan el Tanque Imhoff como único proceso, por otro lado, cinco plantas más cuentan con el sistema de filtros percoladores, de alta taza, por ello se decidió aplicar la metodología propuesta a dichos sistemas.

La aplicación de la metodología propuesta a un sistema con Tanques Imhoff y a un de filtro percolador (antecedido y precedido de sedimentación), arrojó las siguientes conclusiones:

1. Tratamiento primario (sistema tanque Imhoff)

La planta de tratamiento analizada, ha alcanzado eficiencias de remoción de 81% de DBO₅ y 90 % de SS, sin embargo también tiene periodos donde no existe remoción por el contrario, el efluente tiene mayor concentración de SS que el influente.

Por lo anterior, se concluye que la planta analizada puede alcanzar fácilmente las condiciones de calidad de agua esperadas en este tipo de sistemas si es operada adecuadamente.

Los problemas observados en este sistema son los siguientes:

- No hay continuidad en la operación de la planta debido a paros continuos por falta de suministros, por lo tanto, el proceso biológico no se estabiliza.
- Operación y mantenimiento insuficientes, dando lugar a una mala calidad en el efluente de la planta, especialmente en el contenido de SS.
- No existen registros de control de operación y mantenimiento de la planta, que permitan detectar oportunamente cambios en la eficiencia de operación de la misma.

En la página 42, se dan algunas propuestas de solución a los problemas encontrados en este caso.

2. Tratamiento secundario (filtro percolador de alta taza).

La planta de tratamiento evaluada, entrega efluentes con características que cumplen con las condiciones establecidas en la normatividad, sin embargo, el rendimiento de la planta podría ser mayor, dado que no se alcanzan las eficiencias esperadas en este tipo de sistemas.

Conclusiones

La remoción máxima alcanzada por la planta es de 97% de DBO₅ y 85% de SS, sin embargo, también se presentan periodos con remociones de SS muy bajas (24 %).

Los problemas observados en este análisis son los siguientes:

- Se presentan sobrecargas orgánicas en la mayor parte del año en el influente de la planta, mismas que rebasan la capacidad de diseño de las instalaciones, sin embargo estas sobrecargas se presentaron con mayor frecuencia durante el año 1994 y en 1995 se observan los menores rendimientos.
- Alto contenido de SS, problema que se observa desde el sedimentador primario.

En la página 63 se presenta un resumen de los problemas detectados en la planta, y se dan algunas propuestas de solución.

La metodología descrita se aplicó en dos casos especiales, utilizando para ello las guías que se muestran en los anexos, en este trabajo, solamente se describe los criterios de diseño para tanques Imhoff y filtros percoladores, sin embargo, la metodología es aplicable a cualquier sistema, haciendo uso de los manuales de criterios de diseño adecuados para cada caso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Asociación Alemana de Saneamiento, Reglamento de Servicio y Manejo para el Personal de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, San José Costa Rica, Capre/Andesapa, 1992, 58 pp.

CNA, IMTA, Alternativas de tratamiento de aguas residuales, México, IMTA, 1993, 433 pp.

CNA, IMTA, Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, México, IMTA, 76 pp.

Degremont, Manual Técnico del Agua, España, Artes gráficas Grijelmo SA, 1979, 4ª edición, 1217 pp.

Diario Oficial de la Federación, NOM-001-ECOL-1996, México, 6 de enero de 1997.

Diario Oficial de la Federación, NOM-CCA-067- ECOL-1994, México, 6 de enero de 1995.

Dirección General de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación, Manual de Prácticas de Muestreo de Aguas de Desecho, México, SRH, 1974, 142 pp.

EPA, U.S. Environmental Protection Agency , Operation of Wastewater Treatment plants, 1994.

(MD-1) Estudios y proyectos de Ingeniería Ambiental, Memoria Descriptiva y de Cálculo de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para la Unidad Habitacional La Joya, Morelos, México, 70 pp.

(MD-2) Estudios y proyectos de Ingeniería Ambiental, Memoria Descriptiva y de Cálculo de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para la Unidad Habitacional El Paraíso, Morelos, México, 100 pp.

Geyer Hon Charles, Maskew Fair Gordon, Okun Daniel Alexander, Ingeniería Sanitaria de Aguas Residuales, México, Limusa, 1992, 4ª edición, vol. 4, 360 pp.

Referencias bibliográficas

Glen T. Daigger, John A. Butts, Upgrading Wastewater Treatment Plant, USA, 1992, vol. 2, 208 pp.

Howard S. Peavy, Donald R. Rowe, George Tchovanoglous, Environmental Engineering, USA, Mc. Graw Hill, 1988, 3er impresión parte I, 413 pp.

Metcalf - Eddy, Tratamiento y Depuración de las Aguas Residuales, España, Labor, 1977, 1ª edición, 837 pp.

Ramalho , R.S. ; Tratamiento de Aguas Residuales, España, Reverté, 1993, versión española, 705 pp.

Reynolds Tom D. ; Unit Operations and Processes in Environmental Engineering, USA, PWS-Kents, 1982, 576 pp.

SRH, Subsecretaría de Planeación "Sistemas económicos de tratamiento de agua residual adecuado a las condiciones nacionales", México, 1975.

SARH, CNA, IMTA, Manual de diseño de agua potable y saneamiento, libro 2 tercera sección, México, 1994, 95 pp.

SMISA, Ingeniería Ambiental, México, SMISA, 1993, año 6 No. 19, 64 pp.
Subsecretaría de Planeación, Plantas de Tratamiento Primario de Aguas Residuales, México, vol. 2, 286 pp.

Subsecretaría de Planeación, Sistemas Económicos de Tratamiento de Agua Residual Adecuados a Las Condiciones Nacionales, Diseños Hidráulicos y Tecnología Ambiental, SA, México, 1975, 500 pp.

Talavera Martínez Marino, Consideraciones Generales en Relación a los Usos del Agua, Aguas Residuales y su Normatividad, Morelos, México, CNA, 1994, 12 pp.

United States Environmental Protection Agency (USEPA), Operation of Wastewater Treatment Plants, USA, Office of water programs, 1994, 4ª edición, vol. 1, 529 pp.

(UANL) Universidad Autónoma de Nuevo León, Tratamiento de Residuos Líquidos Domésticos e Industriales, México, UANL, 1972, 150 pp.

ANEXOS

ANEXO No. 1

Procesos y operaciones unitarias más comunes usadas en el tratamiento de agua residual.

El propósito del presente anexo, es proporcionar información que nos permita identificar las operaciones unitarias y los procesos más comunes usados en el tratamiento de agua residual.

Se conoce como operaciones unitarias aquellos métodos de tratamiento en los que predominan los fenómenos físicos, mientras que aquellos métodos en los que la eliminación de los contaminantes se realiza por medios químicos biológicos, se conocen como procesos unitarios. En la actualidad, las operaciones y procesos unitarios se agrupan entre sí para formar los llamados tratamiento primario, secundario y terciario (o tratamiento avanzado).

El tratamiento primario contempla el uso de operaciones físicas tales como sedimentación y floculación y el desbaste para la eliminación de los sólidos sedimentables y flotantes presentes en el agua residual. En el tratamiento secundario son procesos biológicos y químicos los que se emplean para eliminar la mayor parte de la materia orgánica. En el tratamiento terciario se emplean combinaciones adicionales a los procesos y operaciones unitarias con el fin de eliminar otros componentes tales como el nitrógeno y el fósforo, cuya reducción con tratamiento secundario no es significativa.

A continuación, se muestra una relación de las unidades más comunes usadas en los tratamientos.

Pretratamiento. Usado para remover o reducir sólidos flotantes y sólidos suspendidos gruesos, para esto se usan:

- Rejillas
- Cribas intermedio
- Cámaras de arena
- Tanque desnatador

Tratamiento primario. Éste es usado para remover sólidos suspendidos finos, para lo cual se usa:

- Cribas finas

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

Procesos y operaciones unitarias más comúnmente usadas en el tratamiento de agua residual

Sedimentación

- a. Tanque de sedimentación con sistema mecánico para remover lodos
- b. Tanque séptico (con acción biológica en el mismo sitio)
- c. Tanque Imhoff (con acción biológica en el mismo sitio)
- d. Tanque de precipitación química

Tratamiento secundario. Usado cuando es necesario remover o reducir los coloides suspendidos y sólidos disueltos oxidados con:

Filtros. Filtros intermitentes de arena
Filtros de contacto
Filtros percoladores

Aireación. Lodos activados
Aireadores de contacto (lagunas de aireación)

Cloración

Tanques de oxidación

Desinfección. Cloración
Ozono

Tratamiento avanzado.

Métodos de tratamiento físico-químicos
Carbón activado
Electrodialisis
Desalinación con ósmosis inversa
Microfiltración.

Disposición final del agua residual.

Descarga a cuerpos receptores
Irrigación o disposición sobre el suelo por:
Aplicación superficial
Irrigación de superficies
Recarga de acuíferos

ANEXO No. 2

Requerimientos de personal en la planta de tratamiento.

En esta sección se presenta la información sobre los requerimientos de personal para la operación efectiva de la planta, se lista un mínimo de habilidades necesarias para las diversas obligaciones que son realizadas en las plantas, se incluye una cédula de trabajo y mano de obra para delimitar el No. de personas y horas necesarias para realizar el trabajo requerido.

Será necesario determinar si está siendo utilizado (en Número y cualidades) el personal adecuado. Esto puede incluirse en la evaluación completa de la planta.

Habilidades generales. Los requerimientos mínimos del perfil que siguen para un exitoso desempeño de las obligaciones específicas requeridas, es solo una guía, para una planta particular deberá definirse requerimientos adicionales de acuerdo a las necesidades.

Supervisores. (el nivel o habilidad de un supervisor depende del tamaño y tipo de la planta). Este deberá reunir las siguientes características.

Educación secundaria o equivalente, deberá mostrar habilidad para:

- Usar y manipular aritmética y geometría básicas.
- Pensar en términos de química general y ciencias físicas
- Comprender acciones biológicas y bioquímicas
- Comprender el significado de la comunicación escrita
- Expresar pensamientos clara y efectivamente, verbal y escrita.

Adicionalmente los supervisores son a menudo responsables de:

- Relaciones públicas
- Tenedor de libros
- Análisis y presentación de datos
- Solicitar presupuestos
- Escribir Reportes
- Responsable de personal
- Programa de seguridad educacional
- Contratos especificaciones y códigos

Requerimientos de personal en la planta de tratamiento

- Costos y estimados
- Uso de bibliografía de la planta

Técnicos de laboratorio.

Requieren entrenamiento en procedimientos de laboratorio y matemáticas

Personal de operación

Requiere entrenamiento en:

- Fundamentos de procesos de tratamiento de agua residual, incluyendo química y biología
- Matemáticas incluyendo geometría

Personal de mantenimiento

Debe estar familiarizado y ser capaz de:

- Reparaciones mecánicas
- Reparaciones eléctricas y electrónicas

Mano de obra y carga de trabajo

Turno diurno de los operadores: éste debe ser de 6 hrs diarias, aunque se propone que para la carga de trabajo diurna el personal de la planta tenga un turno de 5 1/2 hrs, éste es más adecuado porque se atienden visitantes, inspectores y hay incremento de emergencias.

Turno nocturno de los operadores: el horario nocturno debe ser de 7 hrs porque hay pocas interrupciones y no se da el trabajo de rutina.

ANEXO No. 3

Criterios de diseño para tanques Imhoff y Filtros Percoladores.

1. Tanques Imhoff

Un tanque Imhoff como ya se mencionó, es un tanque de dos pisos, uno de sedimentación y uno séptico. Combina la sedimentación en el compartimiento superior y la digestión del lodo en la parte inferior, los dos compartimientos están conectados por medio de una abertura en la separación entre ellos. Un deflector colocado entre ambos compartimientos desvía hacia abajo el paso de las partículas que sedimentan del compartimiento superior al inferior, e impide el paso de los gases al compartimiento de sedimentación, desviándolos a un compartimiento de espumas, desde donde escapan al aire.

Los tres compartimientos del tanque Imhoff son; el superior, llamado de sedimentación o de escurrimiento; el inferior llamado cámara de digestión; y el compartimiento intermedio abierto al aire, llamado cámara de espumas.

Las características peculiares del tanque Imhoff son: la abertura protegida que impide que los gases de digestión pasen a la cámara de sedimentación, y la ausencia de una corriente en movimiento en el compartimiento de digestión.

Los tanques Imhoff son recomendados para poblaciones de hasta 5,000 habitantes, pero son usados, como en el caso de varias poblaciones de México, para comunidades mucho mayores.

En la tabla No. 1 se presentan las bases o parámetros recomendadas por diferentes autores para el diseño y construcción de los tanques Imhoff.

2. Filtro percolador

El funcionamiento del filtro percolador, consiste en hacer caer el agua a tratar, en forma continua, sobre una masa de material de gran superficie específica, que sirve de soporte a los microorganismos depuradores. Se efectúa una aireación, generalmente por tiro natural, y a veces por ventilación forzada.

Criterios de diseño para tanques Imhoff y filtros percoladores

La DBO que se elimina por el paso del agua residual a través de un lecho bacteriano, depende de la naturaleza del agua a tratar, de la carga hidráulica, de la temperatura y del tipo de material de relleno.

Existen dos tipos de relleno utilizados como lechos, y son:

- a). *Relleno tradicional*, que puede ser: coque metalúrgico, o piedras silíceas trituradas.
- b). *Relleno de material plástico*.

Cualquiera que sea el material, todos los lechos bacterianos funcionan bajo el mismo principio, los lechos de material plástico son considerados materiales de alta carga, debido a que son materiales con una gran superficie específica.

La tabla No. 2 muestra las bases de diseño recomendadas por diferentes autores para la proyección de los filtros percoladores de alta tasa.

Tabla No. 1
Criterios de diseño para tanques Imhoff

PARÁMETRO	VALORES RECOMENDADOS				
	SRH, 1975	RABBITT & BAUMANN	SARH, S/FECHA	METCALF, 1979	EPA, 1994
a. Cámara de sedimentación - Carga superficial ($m^3/m^2 \cdot día$) - tiempo de retención (hrs.) . antes de lodo activado . antes de filtración . Como tratamiento único - Relación de pendientes de tolvas - Abertura de tolva (cm) - Relación longitud-ancho - Longitud del compartimiento (m) - Profundidad total del tanque (m) - Bordo libre de la sup. del agua (m)	24.4 1.5 a 4 --- --- --- 5 vertical : 4 horizontal 15	24.4 a 36.6 1.5 a 4 1 a 1.5 2 2 a 3 5 vertical : 4 horizontal 15 5:1 y 3:1 30 (no mayor) 9 a 10.5 0.45 a 0.60	24.4 a 36.6 1.5 a 4 1 a 1.5 2 2 a 3 5 vertical : 4 horizontal 15 5:1 y 3:1 30 (no mayor) 9 a 10.5 0.45 a 0.60	24 3 --- --- --- 5 vertical : 4 horizontal 15	24.4 a 48.9 1 a 4 --- --- ---
b. Cámara de digestión - Periodo de almacenamiento de lodo (meses) - Capacidad de almacenamiento ($l/ha.b.$) - Pendiente del fondo - Pendiente hidráulica %	4 a 6 169 1.4 vert : 2 htal	6 a 12 56 a 184 1 vert : 2 htal 12 a 16	6 a 12 56 a 184 1 vert : 2 htal 12 a 16	1.4 vert : 2 htal	3 a 12 28 a 85
c. Cámara de espumas - Capacidad - Relación largo-ancho	50% cámara digest. 1.5 a 3.1	50% cámara digest.	50% cámara digest.		
d. Extracción del lodo - Extracción por gravedad . Carga hidrostática (m) . Diámetro del tubo (cm) - Extracción por bombeo . Diámetro del tubo (cm)		1.2 a 1.8 mayor que 20 15	1.2 a 1.8 mayor que 20 15		
e. Eficiencia de remoción (%) - Remoción de DBO_5 - Remoción de S.S.	menor que 30 %	25 a 35 % 40 a 60 %	25 a 35 % 40 a 60 %		25 a 35 % 45 a 65 %

Tabla No. 2

Criterios de diseño para Filtros Percoladores.

PARÁMETRO	VALORES RECOMENDADOS					
	DEGREMONT, 1979	UANL, 1972	METCALF, 1979	RAMALHO, 1993	REYNOLDS, 1977	EPA, 1994
Carga orgánica (kg DBO/m ³ día)	1 a 5	mayor de 0.44	3.3 a 16.5		0.74 a 5.52	mayor de 0.6
Carga hidráulica (m ³ /m ² día)	36 a 72	9.3 a 28	12.2 a 45	29.4 a 241.92	37.4 a 187	8 a 35
Profundidad (m)	mayor de 7		0.9 a 2.4	6 a 12	3 a 12	7 a 10
Recirculación	No mejora el rendimiento		1:1 a 4:1	cuando la DBO ₅ > 500 mg/l	incluida	afecta el rendimiento
Remoción - DBO ₅ (%) - precedidos de sedimentación - DBO ₅ (%) - S.S. (%) - Bacterias (%)	30 a 70%	65 a 95 65 a 92 80 a 95		60 a 70	85 a 90	50 a 80
Desprendimiento de la bio-película (arrastre de sólidos)		Continuo	continuo			
Frecuencia de la dosis (seg)		menor de 15	menor de 15			
Efluente		baja nitrificación	baja nitrificación		baja nitrificación	baja nitrificación
Superficie específica m ² /m ³	90 a 300		hasta 220	hasta 220		hasta 330
Porcentaje de vacíos (%)	95			mayor de 55		mayor de 90

ANEXO No. 4

Normatividad sobre descargas de aguas residuales y límites de descarga.

1. Normatividad sobre descargas de aguas residuales

Las características que debe reunir un agua residual de origen municipal, están fijadas en función del cuerpo receptor, y del uso que se da al agua del cuerpo donde éstas son descargadas. Se realizó una búsqueda de la normatividad para el control de estas descargas, encontrando lo siguiente:

a. Condiciones Particulares de Descarga.

Las condiciones particulares de descarga las fija la Comisión Nacional del Agua, en función de las normas correspondientes.

b. Norma Oficial Mexicana NOM-CCA-032-ECOL/1993.

Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las aguas residuales de origen urbano o municipal para su disposición mediante riego agrícola.

c. Norma Oficial Mexicana NOM-CCA-067-ECOL/1994.

Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de los sistemas de alcantarillado o drenaje municipal.

d. Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996.

El 24 de junio de 1996, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el proyecto de norma oficial mexicana NOM-001-ECOL-1996, la cual establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

La NOM-001-ECOL-1996, sustituye entre otras a las normas oficiales antes mencionadas, no obstante, sólo con fines comparativos, en el presente trabajo se consideró como una base para el análisis comparativo de los parámetros de calidad del agua de los efluentes de las plantas en estudio, los límites establecidos en la NOM-CCA-067-ECOL/1994 y en la NOM-001-ECOL-1996,

Por otro lado, quienes cuenten con condiciones particulares de descarga podrán apegarse a ellas o bien acogerse a los límites establecidos en la NOM-001-ECOL-1996 según elijan.

ANEXO No. 4

Normatividad sobre descargas de aguas residuales y límites de descarga.

1. Normatividad sobre descargas de aguas residuales

Las características que debe reunir un agua residual de origen municipal, están fijadas en función del cuerpo receptor, y del uso que se da al agua del cuerpo donde éstas son descargadas. Se realizó una búsqueda de la normatividad para el control de estas descargas, encontrando lo siguiente:

a. Condiciones Particulares de Descarga.

Las condiciones particulares de descarga las fija la Comisión Nacional del Agua, en función de las normas correspondientes.

b. Norma Oficial Mexicana NOM-CCA-032-ECOL/1993.

Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las aguas residuales de origen urbano o municipal para su disposición mediante riego agrícola.

c. Norma Oficial Mexicana NOM-CCA-067-ECOL/1994.

Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de los sistemas de alcantarillado o drenaje municipal.

d. Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996.

El 24 de junio de 1996, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el proyecto de norma oficial mexicana NOM-001-ECOL-1996, la cual establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

La NOM-001-ECOL-1996, sustituye entre otras a las normas oficiales antes mencionadas, no obstante, sólo con fines comparativos, en el presente trabajo se consideró como una base para el análisis comparativo de los parámetros de calidad del agua de los efluentes de las plantas en estudio, los límites establecidos en la NOM-CCA-067-ECOL/1994 y en la NOM-001-ECOL-1996,

Por otro lado, quienes cuenten con condiciones particulares de descarga podrán apegarse a ellas o bien acogerse a los límites establecidos en la NOM-001-ECOL-1996 según elijan.

2. Máximos permisibles de contaminantes

a. NOM-CCA-067-ECOL/1994.

La Norma Oficial Mexicana NOM-CCA-067-ECOL/1994 establece que las descargas de aguas residuales provenientes de los sistemas de alcantarillado o drenaje municipal deben cumplir con las especificaciones que se indican en las tablas No. 1 y 2.

Tabla No. 1
Límites máximos permisibles para centros de poblaciones hasta de 80,000 habitantes.

	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES	
	PROMEDIO DIARIO	INSTANTÁNEO
pH (unidades de pH)	6 - 9	6 - 9
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	100	150
Grasas y aceites (mg/L)	20	30
Sólidos sedimentables (ml/L)	1.0	2.0
Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)	100	150
Demanda química de oxígeno (mg/L)	200	250
Substancias activas al azul de metileno (mg/L)	5	8

Tabla No. 2
Límites máximos permisibles para centros de poblaciones mayores de 80,000 habitantes.

PARÁMETRO	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES	
	PROMEDIO DIARIO	INSTANTÁNEO
pH (unidades de pH)	6 - 9	6 - 9
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	50	80
Grasas y aceites (mg/L)	10	20
Sólidos sedimentables (ml/L)	1.0	1.2
Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)	50	80
Demanda química de oxígeno (mg/L)	100	160
Substancias activas al azul de metileno (mg/L)	5	8

En el caso de que se identifiquen descargas que a pesar del cumplimiento de los límites máximos permisibles establecidos en esta norma causen efectos negativos en el cuerpo receptor, la autoridad competente, fijará condiciones particulares de

descarga, y límites máximos para aquellos parámetros que se consideren aplicables a la descarga, como pueden ser, entre otros:

Coliformes totales	color	Conductividad eléctrica
Fósforo total	Materia flotante	Metales pesados
Nitrógeno total	Turbiedad	Sólidos disueltos totales
Tóxicos	orgánicos	Hidrocarburos.

b. NOM-001-ECOL-1996.

La concentración de contaminantes básicos, metales y cianuros para las descargas de aguas residuales a aguas y bienes nacionales no debe exceder el valor indicado como límite máximo permisible en las tablas 3 y 4. El rango permisible del pH es de 5 a 10 unidades.

Para determinar la contaminación por patógenos, se tomará como indicador a los coliformes fecales, el límite máximo permisible es de 1,000 y 2,000 como número más probable (NMP) de coliformes fecales por cada 100 ml para el promedio mensual y diario, respectivamente.

Para determinar la contaminación por parásitos se tomará como indicador los huevos de helminto. El límite máximo permisible para las descargas vertidas a suelo es de un huevo de helminto para riego restringido y de cinco huevos por litro para riego no restringido.

Tabla No. 3
Límites máximos permisibles para contaminantes básicos

Parámetros mg/l (excepto cuando se especifique)	Ríos						Embalses naturales y artificiales				Suelo uso en riego agrícola		Humedales naturales	
	Uso en riego agrícola		Uso público urbano		Protección de la vida acuática		Uso en riego agrícola		Uso público urbano		Uso en riego agrícola		PM	PD
	PM	PD	PM	PD	PM	PD	PM	PD	PM	PD	PM	PD		
Temperatura °C (1)	NA	NA	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Grasas y aceites (2)	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25
Materia flotante (3)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos sedimentables (ml/l)	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	NA	NA	1	2
Sólidos suspendidos totales	150	200	75	125	40	60	75	125	40	60	NA	NA	75	150
Demanda bioquímica de Oxígeno	150	200	75	150	30	60	75	150	30	60	NA	NA	75	150
Nitrógeno total	40	60	40	60	15	25	40	60	15	25	NA	NA	NA	NA
Fósforo total	20	30	20	30	5	10	20	30	5	10	NA	NA	NA	NA

- (1) Instantáneo
- (2) muestra simple promedio ponderado
- (3) Ausente según el método de prueba definido en la NMX-AA-006
- PD Promedio diario
- PM Promedio mensual
- NA No es aplicable

Tabla No. 4
Límites máximos permisibles para metales pesados y cianuros

Parámetros (*) mg/l (excepto cuando se especifique)	Ríos						Embalses naturales y artificiales				Suelo uso en riego agrícola		Humedales naturales	
	Uso en riego agrícola		Uso público urbano		Protección de la vida acuática		Uso en riego agrícola		Uso público urbano		Uso en riego agrícola		PM	PD
	PM	PD	PM	PD	PM	PD	PM	PD	PM	PD	PM	PD		
Arsénico	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2
Cadmio	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.05	0.1	0.1	0.2
Cianuro	2.0	3.0	1.0	2.0	1.0	2.0	2.0	3.0	1.0	2.0	2.0	3.0	1.0	2.0
Cobre	4.0	6.0	4	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4	6.0	4	6.0	4.0	6.0
Cromo	1	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	1	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	0.5	1.0
Mercurio	0.01	0.02	0.005	0.01	0.005	0.01	0.01	0.02	0.005	0.01	0.005	0.01	0.005	0.01
Níquel	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4
Plomo	0.5	1	0.2	0.4	0.2	0.4	0.5	1	0.2	0.4	5	10	0.2	0.4
Zinc	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20

(*) Medidos de manera total

PD Promedio diario

PM Promedio mensual

NA No es aplicable

Nota: En las tablas 3 y 4, no se incluyeron los valores correspondientes a aguas costeras ya que en el estado de Morelos no se tienen

ANEXO No. 5

Problemas más comunes que se presentan en los sistemas analizados.

a. Problemas que se presentan en el pretratamiento.

Problema	Indicadores	Monitoreo, análisis y/o inspección	Medidas correctivas
Turbulencias en el influente de la planta	<ul style="list-style-type: none"> a. Inundaciones intermitentes de tuberías y estructuras b. Caída de la eficiencia de tratamiento de la planta por periodos cortos c. Registro de medición de flujo intermitente, picos de flujo bajos y altos. 	<ul style="list-style-type: none"> a. Si un drenaje principal disminuye la presión de la estación de bombeo del effluente a la planta, checar la frecuencia de arranque y paro de las bombas o la operación de más de una bomba al mismo tiempo (fuera de fase) en un ciclo de bombeo. b. Si el influente fluye a la planta por gravedad a través de la línea principal, checar la profundidad del flujo en las conexiones si el canal es uniforme, o monitorear el flujo con un medidor portátil de flujo. c. Si la turbulencia ocurre cuando llueve, registrar la relación de la turbulencia a la duración de la lluvia y obtener registros de intensidad de lluvia si es posible. 	<ul style="list-style-type: none"> a. Turbulencias de importancia en la línea del influente indican una mayor descarga de bombeo, en la conexión de alguna alcantarilla verificar la profundidad del agua y/o datos del medidor portátil de flujos para determinar la causa del flujo. b. Arranque o paro intermitente o reciclado de la descarga del bombeo principal del influente es un — indicador de una situación inapropiada, superficies mojadas o derrames, desajustes en el sensor que provocan que la capacidad hidráulica de la estación sea excedida, se deberán ajustar los sensores para un ciclo de bombeo más deseable. Si es posible, instalar bombas de velocidad variable para unidades uniformes de flujo en tratamiento de plantas; o instalar tanque de turbulencia. c. Turbulencia fuerte o carga hidráulica excesiva durante periodos de lluvia, es causado principalmente por inundación de áreas de agua entrando de la calle al sistema de registros, líneas rotas, etc. sellar todos los sistemas de registro y parchar todas las grietas en las estructuras de registro con un componente resistente al agua.
Turbulencias en el influente de la planta	<ul style="list-style-type: none"> a. Inundaciones intermitentes de tuberías y estructuras b. Tratamiento eficiente de la planta de aguas residuales, goteo por un corto periodo de tiempo c. Registro de medición de flujo intermitente, picos de flujo. d. exceso de sólidos suspendidos en el flujo 	<ul style="list-style-type: none"> a. Si la tubería principal incrementa el bombeo del effluente a la planta, checar la frecuencia de arranque y paro de las bombas o la operación de más de una bomba al mismo tiempo (fuera de fase) en un ciclo de bombeo. 	<ul style="list-style-type: none"> a. Si el flujo del influente llega a la planta por gravedad por la línea principal, checar la profundidad del flujo en la conexión de la alcantarillado si el canal es uniforme o monitoreo del flujo con un medidor portátil de agua. b. Si la turbulencia ocurre cuando llueve, registrar la relación de la turbulencia a la duración de la lluvia y obtener registros de intensidad de lluvia si es posible.
acumulación de sólidos o espuma en el vertedor	<ul style="list-style-type: none"> a. Capa de espuma en el vertedor b. Olores 	<ul style="list-style-type: none"> a. Sondar el vertedor con un tubo para determinar el nivel de sólidos b. Medir el vertedor y graficarlo durante el 	<ul style="list-style-type: none"> a. Encender las bombas manualmente, teniendo cuidado de que no se rompa la succión, y bombear los vertedores a la elevación mínima posible mientras la capa de espuma se deshace con agua a presión.

Problemas que más comunes que se presentan en los sistemas analizados

	<p>c. Operación incorrecta de nivel del equipo sensible.</p>	<p>ciclo de bombeo</p> <p>c. Encontrar la relación de la bomba de succión y la tubería del vertedor.</p> <p>d. Determinar la altura de la entrada de los tubos</p> <p>e. Buscar manchas muertas en esquinas y grietas donde se puedan acumular lodos</p>	<p>b. Checar el nivel del bombeo y determinar si se puede extraer para remover materiales flotantes</p> <p>c. Si una o más líneas del influente llegan a una elevación más alta que la entrada del succionador, arreglar el nivel del sensor para que la extracción deje o permita derramamiento de aguas residuales frescas en la capa de espuma, la turbulencia resultante puede ayudar deshaciendo la capa.</p> <p>d. Si este problema persiste, instalar un difusor de aire en los vertedores con compresoras cableadas para operar colocados una tras otra con las bombas. El aire esparcido ayudará a colocar sólidos en suspensión y minimizar el desarrollo de la capa de espuma.</p>
<p>Causas de olores en el vertedor</p>	<p>a. Causa de olores de sulfuro de hidrógeno</p> <p>b. Corrosión de fierro y concreto</p> <p>c. Color negro observado en los líquidos o sólidos</p>	<p>a. Tomar muestra de agua residual del vertedor y analizarla sulfuro total y disuelto</p> <p>c. Checar sólidos flotantes en el vertedor</p> <p>d. Hacer pruebas con colorantes (indicadores) en el influente del canal o determinar la velocidad del flujo de agua en el drenaje y el tiempo del viaje al vertedor</p> <p>e. Checar la bomba en posición y condición inversa</p> <p>f. Checar el tiempo de paso en los interceptores y velocidad del flujo</p>	<p>a. Velocidad baja (menor de 2 ft/seg) es un indicador de que los sólidos se depositen en influentes de drenajes y se forme y libere sulfuro de hidrógeno en el vertedor. La velocidad debe ser incrementada en el drenaje o el influente deberá ser tratado continuamente corriente arriba con cloro para evitar la formación de gases de sulfuro de hidrógeno.</p> <p>b. Si el origen del sulfuro de hidrógeno es en el vertedor y no en el influente del drenaje incrementar el ciclo de bombeo para que los sólidos sean removidos frecuentemente.</p> <p>c. Instalar difusores de aire en los vertedores para mantener el agua residual fresca</p> <p>d. Instalar sopladores y purificador de gas para la oxidación de los gases y que sean enviados a la atmósfera.</p> <p>e. dosificar el vertedor con una sobrecloración en forma periódica para acabar con la formación de H₂S.</p>
<p>Acumulación de basura y desechos por disposición</p> <p>Desechos sólidos y desmenuzados</p>	<p>a. Gran cantidad de basuras y escombros acumulados en el sitio de la planta desprende olores ofensivos y atrae moscos y otros insectos</p>	<p>a. Calcular el volumen en m³ de las basuras y escombros removidas cada día en proporción al flujo.</p> <p>b. Determinar el tiempo de acumulación del material</p> <p>c. Checar método de disposición utilizado</p>	<p>a. Coordinarse con la compañía de basura para que recoja los desechos sólidos diariamente y disponer de ellos en rellenos sanitarios.</p> <p>b. Almacenar basura y escombros en recipientes adecuados cuando sea posible.</p> <p>c. Si las facilidades de incineración son posibles en la planta o en otro lugar, incinerar. Cuidando que la emisión de la incineración este de acuerdo con los controles requeridos</p>

Problemas que más comunes que se presentan en los sistemas analizados

			<p>de contaminación del aire.</p> <p>d. Los escombros y basuras pueden ser dispuestos en el lugar de la plana si hay suficiente terreno para llenar y tapar la operación.</p> <p>e. Si ninguno de los procedimientos son posibles las basuras y escombros pueden ser enterradas instalando el material necesario y recirculando a la planta el flujo, este método deberá usarse solamente como un último recurso.</p>
<p>Arena excesiva en la barrera de las cámaras de las cribas</p>	<p>a. Turbulencia en las cámaras debido al incremento en el nivel de agua.</p> <p>b. Baja remoción de arena por el equipo dañado.</p> <p>c. Sacado de arena con exceso de desechos sólidos.</p>	<p>a. Sondeo de la cámara con una tabla plana para determinar la profundidad de la arena.</p> <p>b. Determinar la velocidad en la cámara por cronometraje, liberando una tintura de un extremo al otro de la cámara.</p> <p>c. Checar los planos y probar la cámara para determinar si existen irregularidades en el fondo de la misma.</p> <p>d. Checar el canal cuando de desagüe para dar mantenimiento regularmente.</p>	<p>a. Si la velocidad en la cámara es menor de 2 ft /seg nivelar regularmente la cámara con mangueras de agua de alta presión.</p> <p>b. Remover irregularidades o restablecer el fondo de la cámara; si es posible incrementar la velocidad.</p> <p>c. Regular la velocidad de la arena en la cámara utilizando diferentes formas de vertederos de desagüe</p>
<p>Fuente de olor en la cámara de arena</p>	<p>a. Olores a sulfuro de hidrógeno</p> <p>b. Corrosión de metal y concreto</p>	<p>a. Checar velocidades a través de la cámara de arena.</p> <p>b. Checar el contenido de SV de la arena.</p> <p>c. Muestrear el agua de desecho en la cámara y analizar sulfuros disueltos y totales.</p> <p>d. Checar los sólidos flotantes en la cámara.</p> <p>e. Medir la profundidad de la arena en la cámara.</p> <p>g. Checar desechos sumergidos y escombros en la barrera de la pantalla.</p>	<p>a. Limpiar la barrera de la pantalla rigurosamente, hasta que no impida el flujo.</p> <p>b. Incrementar la velocidad a 1 ft/seg.</p> <p>c. Lavar la cámara de arena diario con manguera de agua de alta presión para mover el lodo y flotar los sólidos a través de las pantallas de la cámara</p> <p>d. Dosificar la cámara con sobrecloración en forma periódica para evitar la formación de sulfuros. Dosis excesivas de estos químicos pueden ser tóxico para sistemas de tratamiento biológicos y sistemas de digestión anaerobia.</p> <p>e. Instalar sopladores y lavadores de gas para la oxidación de gases y desalojarlos a la atmósfera</p>
<p>Remoción de arena con alto contenido orgánico</p>	<p>a. color oscuro de la arena.</p> <p>b. Olores en la arena.</p>	<p>a. Determinar el contenido de sólidos volátiles en la arena.</p>	<p>a. Mantener la presión en el equipo ciclónico de remoción de arena en un rango aceptable (usualmente entre 4 y 6 psi) para mantener las bombas en buen estado.</p>

Problemas que más comunes que se presentan en los sistemas analizados

	<p>C. Se percibe con excesivos componentes grasos.</p>	<p>b. Checar la presión de descarga en el equipo ciclónico de remoción de arena.</p> <p>c. Checar velocidades con tintura en la cámara de la arena.</p> <p>d. Si la cámara de arena es aireada, checar la taza del flujo de aire en la cámara.</p> <p>e. Examinación visual de la arena e identificación del origen de los materiales en la arena.</p>	<p>b. Incrementar la velocidad en la cámara de arena lo más posible.</p> <p>c. Ajustar las alimentación del aire</p> <p>d. Checar los controles de entrada y salida, mamparas y equipo mecánico; ajustando, reparando y manteniéndolo limpio</p>
--	--	--	--

b. Problemas que se presentan en el tratamiento primario

Problema	Indicadores	Monitoreo, análisis y/o inspección	medidas correctivas
<p>Gases o lodos sépticos flotando en el tanque</p>	<p>a. Natas grasas y sólidos flotando en el tanque de sedimentación.</p> <p>b. Olores de sulfuro de hidrógeno.</p>	<p>a. Correr pruebas de ST o lodo fresco bombeado al tanque de sedimentación primaria tomando muestras al inicio y final del ciclo de bombeo.</p> <p>b. Desaguar el tanque y checar el mecanismo de colección de lodos para detectar desgastes y fugas.</p> <p>c. Observar las condiciones del tanque antes del tratamiento químico o tanque influente.</p>	<p>a. Si los ST del lodo fresco analizado al final del ciclo de bombeo es mayor al 2%, incrementar el ciclo de bombeo.</p> <p>b. Si el mecanismo de colección de lodos muestra signos de descaste durante la inspección, reparar o reemplazar.</p> <p>c. La presencia de productos químicos, tales como el alumbre, usados en el tratamiento causan flotación de lodos si este producto químico es recirculado al tanque de sedimentación primaria. Cambiar el proceso de operación o el uso de productos químicos.</p>
<p>Baja eficiencia de remoción de sólidos.</p>	<p>a. Gases y lodos flotando en el tanque.</p> <p>b. % de remoción de sólidos menor a 95%</p>	<p>a. Analizar Ssed durante tiempos o días, cuando sea necesario, cambiar el flujo de la planta.</p> <p>b. Checar la remoción del lodo fresco en el ciclo de bombeo y durante el periodo de bombeo.</p> <p>c. analizar ST o la remoción de lodo fresco en los tanques tanto al inicio como al final del ciclo de bombeo.</p> <p>d. Desmantelar y/o inspeccionar las bombas de lodo y el mecanismo de colección de lodos para checar desgastes o fugas.</p>	<p>a. Si la eficiencia de remoción cae durante los picos o incrementos del flujo de plantas, probablemente es excedida la capacidad hidráulica del tanque.</p> <p>b. Reparar todas las partes dañadas de la bomba de lodos y las partes mecánicas del colector de lodos.</p> <p>c. Desperfectos o pérdidas de mamparas en la línea de entrada, pueden causar corto circuito en el tanque o incremento en la velocidad de la salida del tanque y causar materia sedimentable remanente en suspensión. Reemplazar o reparar las mamparas.</p>

Problemas que más comunes que se presentan en los sistemas analizados

		<p>e. Checar la entrada del tanque con relación a salida del mismo, si tiene instalados mamparas en la entrada, desaguar el tanque y checar sus condiciones.</p> <p>f. Calcular el tiempo de retención teórico, tasas de flujo en el vertedor, la taza de carga superficial y comparar todos los datos con criterios de diseño.</p> <p>g. Hacer pruebas con colorantes para estimar el tiempo de retención del flujo checar estratificaciones importantes en la densidad debido a la temperatura o densidad diferentes a las máximas de la bomba</p>	
Remoción baja de espuma (grasa)	<p>a. Presencia de partículas visibles de grasa dispersas en el efluente de la planta.</p> <p>2b Agua excesiva en el pozo de espuma.</p>	<p>a. Analizar el contenido de grasa en el influente y efluente de la planta y calcular la eficiencia de remoción de grasa y comparar con criterios de diseño de plantas</p> <p>b. observar si la velocidad mecánica toma un curso de giro en la superficie del tanque, transportando partículas de grasa en el canal final de descarga del tanque.</p> <p>c. Determinar, con una madera, la profundidad de la espuma flotante y agua en el pozo de espuma.</p> <p>d. Checar la capacidad del pozo de espuma.</p> <p>e. Checar desperfectos por espuma picando y tallando con un palo</p>	<p>a. Si es posible, abatir la velocidad del giro mecánico bajo la superficie del agua, de este modo, las partículas de grasa no se adhieren a este. Instalar rociadores de agua directo a las partículas de grasa en la superficie del tanque y en el canal de espumas. El rocío de agua no deberá romper la tensión superficial en la superficie del agua.</p> <p>b. Si la espuma es removida manual e intermitentemente, se deberá instalar un equipo de remoción continua.</p> <p>c. Agua excesiva en el pozo de espuma; primero debe ser removida por bombeo del fondo del pozo a la planta y después la espuma concentrada puede ser bombeada a un digestor o a un incinerador.</p> <p>d. La eficiencia de remoción de espuma y grasas en plantas puede ser incrementada con la adición de flotadores o equipo evacuador.</p>
Contenido en el tanque de sépticos.	<p>a. El contenido del tanque tiene un color obscuro.</p> <p>b. Hay emisiones de olores de sulfuro de hidrógeno en el tanque.</p>	<p>a. Analizar sulfuro total y disuelto en el influente del tanque.</p> <p>b. Checar pH en el influente del tanque.</p> <p>c. Checar la cantidad de ST en todos los influentes; dentro del tanque y de otros procesos tales como sobrenadantes en el digestor, flujos en el percolador,</p>	<p>a. Si el influente del tanque contiene alto contenido de sulfuro total y disuelto, el influente es séptico. Clorar el influente o corregir el origen del problema.</p> <p>b. Si en el influente del tanque hay un pH menor que 6 o mayor que 8, ha entrado agua tóxica a la planta y esto debe ser corregido desde el origen.</p> <p>c. Si la descarga de otros procesos de la planta contienen</p>

Problemas que más comunes que se presentan en los sistemas analizados

		concentraciones centrífugas, etc.	sólidos totales excede el 5% del rezago en el afluente, el tanque de sedimentación está siendo sobrecargado. Si es posible, reducir la tasa del flujo del proceso en el tanque de sedimentación o pretratar el flujo por aireación o por cloración. Si es posible desviar o encontrar otros medios de disposición para los sobrenadantes o concentrados.
--	--	-----------------------------------	--

c. Problemas que se presentan en el Filtro Percolador

Problema	Indicadores	Monitoreo, análisis y/o inspección	Medidas correctivas
Formación de hielo en el filtro.	a. Formación de hielo visible en el medio filtrante.	a. Checar la temperatura del aire. b. Checar el rango de recirculación al filtro. c. Checar el flujo a través de los orificios al filtro. d. Checar la temperatura del flujo de aguas de desecho al filtro. e. Checar la superficie del filtro para verificar una buena distribución del flujo	a. Regular el rango de recirculación, ajustando el flujo al filtro para evitar la formación del hielo. b. Ajustar los flujos de los orificios y platos para reducir efectos de rocío. c. Cubrir el filtro para reducir pérdidas de calor o instalar un cubreviento para reducir el factor de enfriamiento. d. Manualmente romper y remover formaciones de hielo. e. Si es posible adicionar agua caliente o vapor al influente del filtro
Olores del filtro	a. Olores de sulfuro de hidrógeno. b. Coloración oscura visible en la superficie del filtro.	a. Checar el sulfuro total y disuelto de la planta y en los influentes del filtro. b. Checar los drenes del filtro para detectar taponamiento o crecimientos. c. Checar el rendimiento de recirculación al filtro. d. Checar el flujo del filtro o la falta de flujo.	a. Si el flujo a filtrar es séptico, corregir en los sistemas de contracorriente por aireación o controlando la cloración. b. limpiar bajo los sistemas de drenes todos los taponamientos. c. Forzar la entrada del aire al sistema de drenes de filtro para incrementar la ventilación a través del filtro d. Incrementa la tasa de recirculación para filtrar y aumentar OD para eliminar las manchas de la superficie. e. Mantener las áreas alrededor de los filtros limpias de manchas o crecimientos. f. Cubrir el filtro con material inerte y eliminar el aire y controlar el olor.
moscas indeseables en las cercanías del filtro	a. Pequeños jejenes que se convierten en molestias en el área de la planta y áreas vecinas.	a. Inspeccionar los terrenos de pastos altos, llerbajes y otros santuarios para filtrar los insectos.	a. Incrementa el rango de recirculación al filtro para lavar las larvas de moscas y que se salgan del mismo.

Problemas que más comunes que se presentan en los sistemas analizados

			<p>b. Si es posible hacer inundar el filtro durante 24 horas aprox para evitar el ciclo de vida completo de las moscas.</p> <p>c. Aplicar una dosis baja de cloro teniendo cuidado de no esterilizar el filtro.</p> <p>d. Mantener los terrenos de tal forma que no se formen santuarios para moscas.</p>
Obstáculos y enlagonamiento en el filtros	<p>a. Enlagonamiento en la superficie del filtro.</p> <p>b. Fluidos intermitentes del filtro.</p>	<p>a. Checar el tamaño del filtro para uniformizar.</p> <p>b. Checar para asegurar o separar el medio.</p> <p>c. Checar, fibras, crecimiento de manchas, hojarasca, larvas de insectos, caracoles en vacíos del filtro, etc.</p> <p>d. checar cargas orgánicas en el filtro.</p> <p>e. Checar cargas hidráulicas.</p>	<p>a. Si el filtro no es uniforme y las piezas pequeñas llenan el vacío, reemplaza el medio.</p> <p>b. Evitar problemas en las áreas del surtidor del filtro rociando agua a alta presión con un distribuidor estacionario.</p> <p>c. Agitar manualmente el filtro para disminuir o remover cualquier acumulación.</p> <p>d. Dosificar el filtro con cloro a razón de 5 mg/l durante varias hrs, un día durante varios periodos de flujo bajo.</p> <p>e. Inundar el filtro durante aproximadamente 24 hrs para eliminar acumulaciones en las superficie.</p> <p>f. Secar el desarrollo de los filtro durante varias horas si es posible.</p>
Obstáculos de las boquillas del distribuidor causadas por distribución irregular de flujos en las superficie del filtro	<p>a. Rocíos irregulares en las boquillas del distribuidor.</p> <p>b. Estancamiento en ciertas áreas del filtro con concurrentes secados de otras áreas.</p>	<p>a. Intentar identificar tipos u obstáculos sólidos en las boquillas.</p> <p>b. Checar partículas de grasa visibles en desechos que han sido bombeados al filtro.</p> <p>c. Correr pruebas de Ssed que han sido bombeadas al filtro.</p>	<p>a. Remover y limpiar todas las boquillas y nivelar las tuberías del distribuidor.</p> <p>b. Mejorar el clarificador primario para prevenir acarreo de grasa al filtro.</p> <p>c. Incrementar el tiempo de retención en tanques primarios para prevenir el acarreo de sólidos sedimentables y Suspendidos al filtro.</p>

c. Problemas que se presentan en el sedimentador secundario.

Problema	Indicadores	Monitoreo, análisis y/o inspección	medidas correctivas
Lodos o floculos fluyendo a través del vertedor	<p>a. Material o partículas flotando en la superficie dl clarificador.</p> <p>b. Calidad pobre del efluente.</p>	<p>a. Checar la claridad del agua en el clarificador con el disco Sechi.</p> <p>b. Medir la turbiedad de la descarga del efluente con un turbidímetro.</p> <p>c. Intentar determinar el peso del lodo depositado en el clarificador con un muestreador profundo y o un palo de madera.</p> <p>d. Correr pruebas de sólidos suspendidos en el efluente final del clarificador.</p> <p>e. Checar todos los lodos depositados en las tuberías para ver que fluyan libremente y que el 60% del lodo sea removido del interior y 50% del área del clarificador.</p> <p>f. Checar los rendimientos de las bombas y el retiro del lodo.</p> <p>g. Vaciar los clarificadores y checar los daños en los mecanismos rascadores de lodos especialmente en la periferia del tanque.</p> <p>h. Determine si el rendimiento del flujo del vertedor es igual para el vertedor total.</p>	<p>a. Incremente el rendimiento de bombeo para mayor eliminación de lodos del calificador.</p> <p>b. lavar o limpiar todos los lodos depositados en las tuberías.</p> <p>c. Reparar o remplazar todos los daños del mecanismo raspador de lodos.</p> <p>d. Checar el nivel del vertedor.</p> <p>e. Si el % del flujo irregular del vertedor es causado por el viento, instale un rompaviento.</p> <p>La persistencia de esta problema, debe indicar un mal funcionamiento del proceso secundario.</p>

ANEXO No. 6

Guía de evaluación para plantas de tratamiento de agua residual.

Información de evaluación previa a la visita

Identificación de la planta (nombre, dueño, etc.) _____

Localización de la planta. _____

Carga de operación. _____

Datos de evaluación. _____

Evalutados por. _____

Datos de construcción de la planta. _____

Nombre de la firma del diseño. _____

Dependencia regulatoria. _____

Estado de operación permitido _____ si ____ no ____ número _____

=====

Antecedentes información obtenida previo a la visita (si es posible)

1. Tipo de planta _____

2. Ruta del flujo para la unidad.

3. Población contributiva

 Doméstica _____

 Industrial (P.E.) _____

 Otros _____

Guía de evaluación para plantas de tratamiento de agua residual

4. Tipo de sistemas de aguas de desecho

Combinado _____
 Sanitario _____
 Industrial _____

5. Efectos climáticos

Rangos de temperatura (°C) _____ a _____
 Extremos de lluvias (mm) _____ a _____

6. Características del agua residual de la planta

	N (mg/l)	PO ₄ (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	SS (mg/l)	DQO (mg/l)	Gasto m ³ /día	OD (mg/l)
Influente de la planta							
Efluente de la planta							
Rendimiento total (%)							
Diseño y/o valores recomendados del rendimiento por el manual.							
Calidad existente del agua recibida							
Calidad requerida del agua recibida.							

7. Problemas posibles.

- a. Identificados del reporte de operación
- b. Identificación del problema por la inspección previa
- c. Quejas.

Guía de evaluación en el sitio.

1. Flujo

Diseño (actual) _____
 Promedio diario _____
 Picos _____

Notar cualquier variación o patrones de flujo fuera de lo normal.

2. Procesos unitarios empleados y toda la información necesaria

Proceso unitario	Parámetros operacionales		Rangos de carga	
	Existen valores de la planta	diseño y/o valores recomendados en los criterios	Existen valores de la planta	diseño y/o valores recomendados en los criterios

3. Datos históricos de operación

- Organizar los datos y observar lo siguiente:
 - ⇒ Fallas en el equipo: cuando, que tipo de fallas, por cuanto tiempo estuvo fuera de servicio
 - ⇒ Condiciones extremas del agua
- Carga excesiva en la planta:
 - ⇒ Gasto: cuando, cuanto tiempo, resultado de?
 - ⇒ Orgánica: Cuando, cuanto tiempo, resultado de?
- Cambios en la operación del proceso, tales como:
 - ⇒ Disminución en el tiempo de retención
 - ⇒ Que causa provocó los cambios, ¿son cambios causantes de efectos?, ¿porque?

4. Personal de la planta

Personal necesario para el manejo del flujo promedio diario		Cuantificación		Turnos (horas)	
Existente en la planta	Recomendaciones del manual y/o otras fuentes	Personal existente	Recomendaciones del manual y/o otras fuentes	existencia	recomendaciones del manual

5. Evaluación del laboratorio

Tipo de prueba realizada para evaluar el sistema de tratamiento			Procedimiento y equipo usado en la prueba	Tipo de prueba realizada para el sistema de tratamiento como por el manual
Tipo	Frecuencia	localización		

Guía para la evaluación total

Situación	Si	No
I. Problemas de operación <ul style="list-style-type: none"> • ¿Estos problemas afectan el rendimiento de esta planta? • ¿Pueden ser resueltos ampliando más la construcción? • ¿Existen conocimientos suficientes para resolver los problemas existentes? • ¿Que sugerencias de solución da para la evaluación? • ¿Es una solución permanente? 		
II. Programa de muestreo y pruebas <ul style="list-style-type: none"> • ¿Se tienen definidos los sitios de muestreo? • ¿Los procedimientos de prueba usados son métodos estandars? • ¿La frecuencia de pruebas es adecuada para mantener un control del proceso? 		
III. Instalaciones de laboratorio <ul style="list-style-type: none"> • ¿Existe laboratorio en la planta?, si es así ¿ funciona adecuadamente?. • ¿Existe equipo para realizar todas las pruebas necesarias? • ¿El equipo es el apropiado? 		
IV. Personal - Operadores de la planta (incluyendo personal de laboratorio) <ul style="list-style-type: none"> • ¿El personal de la planta es suficiente? • ¿Está calificado? ¿en condición certificada? • ¿Existe un programa de entrenamiento para operadores? • ¿Los turnos están adecuados y balanceados? 		
V. Rendimiento total de la planta. <ul style="list-style-type: none"> • ¿Existen especificaciones de operación según su diseño? • ¿Reúnen los requerimientos de descarga para su disposición? • Aún si es adecuado, ¿el rendimiento de la planta puede mejorarse con cambios simples y/o costosos?. 		

Evaluador: Si cualquiera de las respuestas no se conocen, deben seguirse los siguientes pasos:

1. **Presentar un reporte el cual incluye:**
 - **Resumen de la visita del sitio**
 - **Una lista de problemas encontrados**
 - **Soluciones recomendadas**
 - **Acciones propuestas**
2. **Discutir las recomendaciones con el personal de la planta de tratamiento**
3. **En coordinación con el operador de la planta y (oficiales locales si es necesario), decide una dirección de la acción para resolver el problema**
4. **Después de un periodo de tiempo visitar nuevamente la planta para hacer una reevaluación.**