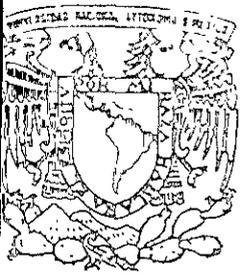


2



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

DIAGNOSTICO Y REHABILITACION PARA LA PLANTA DE  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE  
MANZANILLO, COLIMA, MEXICO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO CIVIL  
P R E S E N T A N :

JAVIER ARMANDO ACEVEDO FLORES  
MANUEL BERNAL ISLAS  
ADRIAN CONTRERAS MONTOYA  
ETZAE PEREZ SANCHEZ



DIRECTOR DE TESIS: ING. NARCISO TALAMANTES CHAVEZ

MEXICO, D.F.,

2001



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 está 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.

## AGRADECIMIENTOS

Antes que nada quiero agradecer a Dios por brindarme la oportunidad de vivir una vida así, de sueños, de metas y de retos como el que alcanzo ahora y por rodearme de las personas más maravillosas para vivirla.

A mis padres fuente inagotable de amor y sabiduría, y a quienes por su apoyo incondicional estoy yo, hoy aquí.

A ellos es a quienes dedico este trabajo y quienes merecen todo mi agradecimiento.

Por haber formado una familia unida y en donde cada una de las etapas de mi vida no pudieron ser mejores; en las que viví sin preocupaciones entregado a cada una de estas etapas sin más compromiso que el de estudiar para superarme, y en donde siempre conte con la compañía y apoyo de mis hermanos

A mi hija Kiara mi más grande regalo e inspiración

*Eres lo que tu más profundo y vigoroso*

*deseo es*

*Como es tu deseo, es tu voluntad*

*Como es tu voluntad, son tus actos*

*Como son tus actos, es tu destino*

Brihadaranayaka Upanishad IV 4 5

Etzao Perez Sanchez

Ing. Jorge Civi

## AGRADECIMIENTOS

Mi más profundo agradecimiento a Dios, a mis Padres, Hermanos y a todos aquellos compañeros y amigos que de alguna forma contribuyeron en mi formación Universitaria, así como a la culminación de ella.

El más sincero y especial agradecimiento a mis Padres, mi admiración y respeto a quienes con su confianza, cariño, comprensión, apoyo incondicional y sin escatimar esfuerzo alguno, han logrado transformarme en una persona de provecho y me han dado la oportunidad de concretar una ilusión más: mi carrera profesional. Por estar a mi lado en alegrías y tristezas, éxitos y fracasos, por los valiosos consejos que me han brindado a lo largo de mi vida como estudiante y por hacer de mi lo que hasta ahora soy, Definitivamente a todos también el muy grande agradecimiento.

Atentamente,

Leandro

19/05/2014

AGRADECIMIENTOS

Gracias por tu apoyo,  
Gracias por ser alguien de lo mas importante y hermoso de la vida.  
Gracias por consagrar tu existencia al cuidado de tu familia,  
Tus enseñanzas son el origen y la esencia de mi mente y de mi ser  
Gracias por hacer todo lo que está a tu alcance, por tu esfuerzo heroico para darle a tus hijos una  
vida mejor  
Gracias por tu tenacidad y por cumplir mas responsabilidades de las que te corresponden  
Se sabe que alguna vez decidi en seguir adelante solo pensando en no defraudarte. porque si hay  
alguien por quien vale la pena dedicar todo el esfuerzo. eres tú  
Gracias mama!

Armando Acevedo Flores  
Ing. Civil

AGRADECIMIENTOS

DIOS:

Por darme la oportunidad de vivir cada día y hacerme ver cada momento, que el futuro se construye con trabajo. Gracias

A MI MAMA ROSY:

Por el apoyo incondicional que me has brindado siempre, Gracias por todas esas noches de desvelo que dedicaste a cuidar y sanar mis sufrimientos, Gracias por estar junto a mi, cuando creí que se acababa la vida,

Gracias por todo, ya ves, valió la pena

Nunca olvides que Te Quiero Mucho

A ALEX:

Gracias hermano, porque a tu corta edad me has dado buenas lecciones y me has enseñado a madurar. Gracias por ser mi Sancho Panza y por aguantarme, yo se que a veces soy terrible, pero tu sabes que Te Quiero Mucho

Recuerda que cualquier cosa que hagas, lucha por ser el #1, es difícil, yo lo se, pero es mas difícil vivir en la mediocridad

III.5.3.1	Calidad de las aguas crudas o sin tratamiento	III-12
III 5.3.2	Condiciones particulares de descarga	III-12
III.5.3.3	Calidad del agua tratada	III-13

**CAPITULO IV IMPACTO AMBIENTAL**

	<b>IV.1 Normatividad</b>	<b>IV-1</b>
IV 1 1	Conceptos fundamentales	IV-1
IV.1.2	Normatividad actual para la disposición de aguas residuales	IV-1
IV.1.2.1	Leyes referentes a la disposición de aguas residuales	IV-3
IV 1 2.2	Reglamentos referentes a la disposición de aguas residuales	IV-4
IV 1.2.3	Normas Oficiales Mexicanas (NOM) referentes a la disposición de aguas residuales	IV-4
IV.2	Impacto ambiental ocasionado por el efluente en cuerpos receptores	IV-4
IV 2 1	Características físicas y funcionales de las lagunas costeras y estuarios	IV-5
IV 2 2	La contaminación en estuarios y lagunas costeras	IV-6
IV 2 3	Efectos de la contaminación en lagunas costera y estuarios	IV-12
IV 3	Análisis de Corrosividad, Reactividad, Explosividad, Toxicidad, Inflamabilidad y Biológico - Infeccioso (CRETIB) en los lodos generados por la planta	IV-15

**CAPITULO V DIAGNOSTICO FISICO Y DE OPERACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO**

V 1	Aforo y monitoreo de la calidad del agua de la planta de tratamiento y diagnóstico de la eficiencia del tratamiento	V-1
V 1 1	Aforo	V-2
V 1 2	Muestreo	V-10
V 1 3	Análisis de campo	V-10
V 1 4	Muestreo compuesto	V-11
V 1.4 1	Almacenamiento	V-11
V 1 4 2	Preservación de las muestras	V-11
V 1 5	Parámetros a determinar de muestras compuestas	V-12
V 1 6	Muestreo en filtros biológicos	V-19
V 1 6 1	Muestreo del agua del efluente de los filtros	V-19
V 1 6 2	Reporte microbiológico del medio soporte	V-19
V 1 7	Muestreo en red de captación de lodos	V-24
V 1 8	Análisis y procesamiento de datos	V-26
V 1 8 1	Linea de distribución de agua	V-26

Página

## INDICE

	Página
<b>INTRODUCCION</b>	Introducción-1
<b>CAPITULO I GENERALIDADES</b>	I-1
I.1 Conceptos Básicos	I-1
I.1.1 Antecedentes	I-4
I.1.2 Alcances	I-8
<b>CAPITULO II RECOPIACION ANALISIS Y ACTUALIZACION DE LA INFORMACION EXISTENTE</b>	II-1
II.1 Red de distribución de agua potable	II-5
II.1.1 Captación	II-5
II.1.2 Regularización	II-9
II.1.3 Distribución	II-11
II.1.4 Cobertura de servicios de agua potable	II-13
II.2 Alcantarillado	II-13
II.3 Generación de aguas residuales	II-18
II.3.1 Volúmenes de agua entregados en bloque a la ciudad de Manzanillo, Colima, México.	II-18
II.3.2 Población actual	II-19
II.3.3 Proyección de población	II-19
II.3.4 Generación de aguas residuales	II-21
II.4 Descarga de aguas residuales industriales	II-22
II.4.1 Ubicación de las industrias contaminantes	II-29
II.4.2 Características de las industrias	II-30
II.4.3 Problemática generada por las industrias	II-30
<b>CAPITULO III DESCRIPCION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO</b>	III-1
III.1 Localización de la planta de tratamiento	III-1
III.2 Tipo de planta de tratamiento	III-1
III.3 Gastos de diseño y modulación	III-3
III.4 Unidades que componen el sistema de tratamiento	III-3
III.4.1 Línea de distribución de aguas residuales	III-3
III.4.2 Línea de captación de lodos	III-6
III.5 Descripción y secuencia del proceso de tratamiento	III-7
III.5.1 Red de distribución de aguas residuales	III-7
III.5.2 Red de captación de lodos	III-9
III.5.3 Edificaciones y obras complementarias de la planta de tratamiento	III-11
	<b>Página</b>

---

V.1.8.2 Línea de captación lodos	V-40
V.2 Levantamiento físico de los componentes de la planta de tratamiento	V-41
V.2.1 Línea de distribución de agua	V-41
V.3 Diagnóstico de la eficiencia del tratamiento	V-50
V.3.1 Recopilación y análisis de datos de operación de la planta de tratamiento	V-51
V.3.2 Evaluación de parámetros de operación de la planta de tratamiento	V-56
V.3.3 Evaluación del personal de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento	V-66
V.4 Diagnóstico topográfico y geotécnico de la planta de tratamiento	V-70
V.4.1 Diagnóstico topográfico	V-70
V.4.2 Diagnóstico geotécnico	V-71
V.4.2.1 Exploración del sitio	V-71
V.4.2.2 Ensayes de laboratorio	V-71
V.4.2.3 Estratigrafía y propiedades del subsuelo	V-71
V.4.2.4 Análisis y revisión, diseño geotécnica de cimentaciones	V-73
V.5 Diagnóstico general del diseño funcional e hidráulico de la planta de tratamiento	V-74
V.5.1 Diagnóstico general	V-77
V.5.2 Pretratamiento	V-79
V.5.3 Sedimentadores primarios	V-82
V.5.4 Filtros biológicos (primer y segundo paso)	V-84
V.5.5 Sedimentador secundario	V-90
V.5.6 Canal parshall	V-91
V.5.7 Diagnóstico hidráulico	V-92
V.5.8 Línea de lodos	V-99
V.6 Diagnostico eléctrico del equipo	V-104
V.6.1 Subestación eléctrica	V-104
V.6.2 Transformador	V-104
V.6.3 Celda de interruptor general en baja tensión	V-104
V.6.4 Centro de Control de Motores (CCM)	V-105
V.6.5 Alumbrado exterior e interior	V-106
V.6.6 Registro eléctrico, canalización y cableado	V-106
V.7 Diagnostico mecánico del equipo	V-107
V.7.1 Sedimentador primario	V-107
V.7.2 Filtros Rociadores	V-109
V.7.3 Carcamos de recirculación	V-111

V.7.4	Torres de carga	V-111
V.7.5	Sistema de cloración	V-112
V.7.6	Red de captación de lodos	V-113
V.7.6.1	Espesador de lodos	V-113
V.7.6.2	Cárcamo de lodos secundarios o de humus	V-115
V.7.6.3	Tanques de estabilización de lodos	V-115
V.7.6.4	Tanques de preparación de cal	V-116
V.8	Diagnóstico arquitectónico	V-117
V.9	Diagnóstico estructural	V-126

## **CAPITULO VI REHABILITACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO Y DISEÑO DE LAS UNIDADES FALTANTES**

		VI-1
VI.1	Determinación y descripción de las unidades faltantes	VI-1
VI.1.1	Línea de distribución de agua	VI-3
VI.1.1.1	Pretratamiento	VI-4
VI.1.1.2	Desinfección	VI-5
VI.1.2	Línea de captación lodos	VI-6
VI.1.2.1	Digestor de lodos	VI-7
VI.1.2.2	Lechos de secado	VI-8
VI.1.3	Proyecto de rehabilitación	VI-9
VI.2	Datos de proyecto actuales	VI-17
VI.3	Diseño de las unidades faltantes	VI-18
VI.3.1	Pretratamiento	VI-18
VI.3.2	Tanque de contacto de cloro	VI-22
VI.3.3	Canal aforador o medidor de caudal	VI-25
VI.3.4	Producción de lodos	VI-27
VI.3.4.1	Lodos primarios	VI-28
VI.3.4.2	Lodos secundarios	VI-28
VI.3.5	Digestor aeróbico	VI-29
VI.3.6	Lecho de secado	VI-30

## **CAPITULO VII PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION**

VII.1	Especificaciones generales de construcción	VII-1
VII.2	Metodología de construcción para las unidades faltantes de la planta de tratamiento	VII-11
VII.3	Programa de obras de unidades faltantes	VII-15
VII.4	Catálogo de conceptos	VII-16

## **CAPITULO VIII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **ANEXOS**

### **BIBLIOGRAFIA**

## INTRODUCCION

## INTRODUCCION

El crecimiento de la población trae consigo una serie de problemas que la tecnología debe ir resolviendo, algunos de estos principales problemas son: la cada vez menor cantidad de áreas dedicadas a la agricultura, la deforestación, la extinción de especies animales y vegetales, la producción de grandes cantidades de desechos, tales como la basura y las aguas residuales.

En los últimos años la contaminación del agua se ha agudizado, debido a la incorporación cada vez mayor de materiales sólidos, líquidos y gaseosos a los cuerpos de escurrimiento de agua tanto superficiales como subterráneos. Esta práctica, además de ocasionar problemas ecológicos, económicos y de salud pública, limita cada vez más los usos posteriores del agua y frena el desarrollo de las ciudades y regiones del país.

Puede decirse que alrededor de 1960, términos tales como: contaminación del aire y del agua, protección del medio ambiente, ecología, pasaron a ser palabras de uso común. Antes de éstas fechas estos términos o bien pasaron desapercibidos para el ciudadano medio, o, a lo más; eran base para ideas confusas

La contaminación es un problema serio y por supuesto es deseable que el ciudadano este consciente de ello. El instinto de conservación de las especies es una motivación básica para la humanidad, y el hombre esta equipado para corregir el deterioro del medio ambiente antes de que sea demasiado tarde.

Entiéndase por contaminación como la alteración nociva de las condiciones normales de cualquier medio por agentes físicos, químicos o biológicos ajenos al mismo

La contaminación ambiental es la contaminación de los medios naturales en grado tal que puede resultar perjudicial para las personas, animales, plantas u objetos, produciendo un deterioro en la salud o de sus

## DIAGNOSTICO Y REHABILITACION PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MANZANILLO, COLIMA, MEXICO

El problema de la contaminación del agua no es técnicamente un problema fácil, el campo es de gran amplitud, y de suficiente complejidad como para justificar el que diferentes disciplinas deben conjuntarse para conseguir óptimos resultados con un costo mínimo. Una aproximación sistemática a la reducción de la contaminación de las aguas exige la participación de disciplinas distintas como: ciencias aplicadas e ingeniería (ingeniería sanitaria, de obras públicas, ciencias básicas como la química, física, así como otros campos de la ingeniería, como la mecánica, eléctrica); ciencias biológicas (biología acuática, microbiología, bacteriología); ciencias de la tierra (geología, hidrología, oceanografía); y ciencias sociales y económicas (sociología, derecho, ciencias políticas, relaciones públicas, economía, administración).

El ingeniero sanitario, hasta ahora generalmente con una base en el desarrollo de obras públicas, históricamente ha sido la base para las actividades de ingeniería en lo que se refiere a corrección de la contaminación de la agua. Los métodos de tratamiento están relativamente normalizados, siendo limitado el número de procesos unitarios y operaciones que integran las líneas de tratamiento.

Las fuentes fundamentales de aguas residuales son: aguas domésticas o urbanas, aguas residuales industriales, escurrimiento de usos agrícolas y pluviales. Normalmente las aguas residuales, tratadas o no, se descargan finalmente a un receptor de aguas superficiales (mar, río, lago, etc.), que se considera medio receptor.

Esencialmente, la reducción de la contaminación de las aguas residuales en origen lleva consigo tres fases distintas:

Primeramente se lleva a cabo una campaña de revisión de todos los efluentes de la planta. Esto significa hacer un inventario de todas las fuentes, así como, para cada corriente de aguas residuales, determinar los caudales y las cargas contaminantes.

Enseguida se efectúa una revisión de los datos obtenidos para establecer los objetivos de reducción de la contaminación posible.

Finalmente se realiza el diseño de la planta de tratamiento para conseguir hacer frente a esta reducción de contaminación.

---

Por lo anterior, autoridades como la Comisión Nacional del Agua (CNA) construyen en el país diversas plantas para el tratamiento de aguas residuales. Entre éstas, la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de Manzanillo, Colima, México, la cual será el enfoque del presente estudio.

Las estaciones de tratamiento de aguas residuales mas pequeñas son las que sirven a una población de 5000 habitantes a lo máximo, éstas son de tipo muy sencillo; donde quiera que sea posible, deben funcionar casi por sí mismas debido a la falta de operadores de tiempo completo. En cuanto a las plantas de tratamiento de aguas residuales mas grandes, pueden regir otros factores como la falta de espacio y de inversión inicial, así como la falta de mantenimiento, tal como ocurre en la Planta de Tratamiento de aguas residuales de la Ciudad de Manzanillo, Colima, México. Lo anterior pueden indicar que tal vez los tipos de plantas compactas y mecanizadas sean las más indicadas.

La Planta de Tratamiento de la Ciudad de Manzanillo, Colima, México, proyectada alrededor de 1985 y puesta en operación en 1990, aún no esta concluida, quedando hasta la fecha sin construir algunas estructuras, las cuales serán parte de la rehabilitación propuesta en el capítulo *VI Rehabilitación de la Planta de Tratamiento y Diseño de las Unidades Faltantes*. El caudal de agua tratada de salida (efluente) de la planta de tratamiento, en la mayoría de las ocasiones, no cumple con todos los parámetros fijados en las condiciones particulares de descarga. Es por lo anterior, que la Comisión Nacional del Agua (CNA) decidió efectuar la evaluación y diagnostico de la Planta de Tratamiento de la Ciudad de Manzanillo, Colima, México, con el propósito de establecer e implementar las acciones requeridas para obtener agua residual tratada que cumpla con la normatividad vigente y pueda ser utilizada en el riego, o bien descargada a cuerpos receptores (en este caso la laguna de "Las Garzas"), sin ocasionar problemas de contaminación y salud pública.

El presente trabajo tiene el objetivo de llevar a cabo los estudios y actividades de campo, laboratorio y gabinete para realizar el diagnostico físico, mecánico, eléctrico y funcional, así como la evaluación de la ingeniería de proceso para obtener los requerimientos de obra, equipamiento e instalaciones. En como se complementará en estudios de las diferentes etapas de la obra de rehabilitación.

correctivas en la operación del sistema, para alcanzar el óptimo funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de Manzanillo, Colima, México.

En los tres primeros capítulos se ubica al lector en el entorno del problema a tratar; primeramente, definir toda la información general que distingue el problema de otros debido a sus características particulares; una vez delimitada el área del tema a tratar se ubica en tiempo y espacio de acuerdo a un nombre que lo distingue. En este orden de ideas la información de carácter general es importante, ya que proporciona antecedentes del problema y da los elementos suficientes para su comprensión inmediata generalizada.

De manera detallada se describen los diferentes aspectos que componen la Planta de Tratamiento de aguas residuales, tales como: su ubicación, el tipo de planta de tratamiento, los datos de diseño que la conforman (caudales de agua a tratar y modulación), así como la descripción del proceso de tratamiento; en otras palabras, se mencionan de manera detallada los aspectos físicos y secuencia del proceso que se utiliza.

Uno de los temas centrales de la tesis es describir la forma en que se realizó el monitoreo o estudio de la calidad del agua entrante (influyente), saliente (efluente) y, de los lodos generados; estado o levantamiento físico de las unidades o estructuras y equipos que conforman la planta, así como el funcionamiento de la misma; de esta forma, a través de los diversos diagnósticos en conjunto, evalúan el estado general de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de Manzanillo, Colima, México.

También se mencionan las especificaciones de construcción más relevantes para las estructuras faltantes, es decir, en las especificaciones se describen los pasos a seguir y los conceptos de obra que se ocuparan para la reparación de las unidades existentes y la construcción de las unidades faltantes en el proceso o sistema de tratamiento de las aguas negras, todo conforme a la rehabilitación propuesta. Así mismo se generará la programación de las obras requeridas y sus catálogos de conceptos a utilizar.

# CAPITULO I

## GENERALIDADES

## CAPITULO I

### GENERALIDADES

#### I.1 CONCEPTOS BASICOS

##### **DESARROLLO DE LOS METODOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS**

Los métodos para el tratamiento de las aguas negras se han desarrollado, y siguen desarrollándose por lo general con dos propósitos, el primero, es la captación de sólidos sedimentables y el segundo, es la estabilización biológica de los sólidos restantes, hasta el punto que sea necesario en cada caso. Con el tratamiento adecuado se podría conseguir cualquier fin que se propusiera, desde la extracción de las basuras, hasta la conversión de las aguas negras en agua potable; además de los resultados intermedios. Pero las inversiones en obras semejantes son tan grandes que requieren largos y detallados estudios a fin de ampliar y mejorar aquellos conocimientos que pueden ser aportados a este aspecto. El ingeniero y el científico siempre han sido hombres de lógica, pero sus metas han sido y son distintas. El científico orienta sus esfuerzos hacia la obtención de un conocimiento bien ordenado y en su búsqueda de la verdad, no toma en cuenta limitaciones extras cualesquiera. El ingeniero tiene siempre como meta la realización de obras que puedan funcionar de manera económica para beneficio de la población y para ello aprovecha todo el conocimiento, bien científico o práctico, por imperfecto que sea, ya que no puede detenerse a perfeccionar mientras están aguardando necesidades apremiantes. A su manera, cada profesional se esfuerza en desempeñar su papel cabalmente. Así tanto en la ingeniería sanitaria, como en otras actividades técnicas, se observa el desarrollo de muchos métodos prácticos en el tratamiento de las aguas, a base de experimentación o ensayo; con el tiempo, se consiguen técnicas cada vez más eficientes y con mejores criterios científicos.

En otras palabras, se ha imitado el proceso de la naturaleza poniéndolo bajo control y acelerándolo por medio de construcciones de nuestra propia cosecha. Tales construcciones han servido bastante bien, aunque el horizonte de los descubrimientos este siempre adelante.

No es menos importante el acondicionamiento y la disposición de los subproductos del tratamiento, tales como basuras y lodos.

### ***CLASIFICACION DE LOS METODOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES***

Cualquier clasificación de los métodos de tratamiento es arbitraria, la siguiente bastaría para nuestros propósitos:

#### ***TRATAMIENTO PREVIO***

Bajo este título se indica a aquellas medidas que por lo común se emplean para la remoción de los desechos que impedirían la realización de los procesos y mecanismos mayores. Aquí están comprendidas las rejillas de separación ancha. Las cuales retienen materia voluminosa como animales muertos, latas, basura, trapos, grandes fragmentos de bazofia, etc., que pudieran estorbar o dañar la tubería o la maquinaria.

#### ***TRATAMIENTO PRIMARIO***

Se le da el nombre de tratamiento primario a todos los dispositivos por medios físicos y mecánicos diseñados para la remoción de la materia sobrenadante o sedimentable. Por lo tanto, esta clasificación arbitraria debe incluir todo aquello que se ha descrito anteriormente, pero en un sentido algo distinto; es decir, el tratamiento primario es capaz de remover no solamente materia incómoda, sino también mucha que exige una porción apreciable de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO). Un tratamiento primario es el resultado incidente de la clarificación del líquido tratado solo por sedimentación, sin ninguna acción bioquímica, pudiendo ser un tratamiento suficiente por sí mismo en algunos sitios, o la primera etapa económica en el tratamiento total.

#### ***TRATAMIENTO PARCIAL***

El término tratamiento parcial ha sido adoptado para aquellos procesos primarios en los cuales se mejoran sus resultados por medio de coagulantes químicos, tales como las sales de aluminio o hierro y cal. Como procedimiento auxiliar, el tratamiento parcial cumple un fin en aquellos casos en que se requiera obtener efluentes de calidad bastante superior a la que resulta de procesos primarios, aunque no para justificar un tratamiento completo.

#### ***TRATAMIENTO SECUNDARIO Y COMPLETO***

El tratamiento secundario consta de unidades en las cuales se efectúa la acción bioquímica, de modo que en alto grado sea satisfecha la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de la materia orgánica resultante después de haberse clarificado el líquido en los procesos primarios. Los sólidos así tratados son a la vez coagulados, haciendo sedimentable de éste modo mucha materia que no lo

era en el tratamiento secundario. Las unidades más convenientes para el tratamiento secundario son los filtros precoladores y las del tipo de lodos activados. En cada caso se usa la sedimentación final.

### **DESINFECCION Y POTABILIZACION DE LOS EFLUENTES DE UN TRATAMIENTO COMPLETO**

Del tratamiento completo salen efluentes bastantes clarificados y estabilizados, pero aun cargados de varios sólidos, por pocos que sean, y de muchas bacterias. Con la utilización de pequeñas cantidades de cloro es fácil matar a las bacterias, bien sea para la protección de playas o para otros propósitos; además es fácil filtrar los efluentes del tratamiento completo a través de lechos de arena y colarlos a fin de asegurar los efluentes potables, aunque son muy contadas las instalaciones semejantes.

**CUADRO I.1**  
**EFICACIA DE LOS PRINCIPALES TIPOS DE PLANTAS**  
**DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

TIPOS	SOLIDOS EN SUSPENSION (% de remoción)	DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO DBO (% de remoción)
Sedimentación + Filtros de arena	90-98	85-95
Sedimentación + Filtros precoladores	75-90	80-95
Lodos activados	85-95	85-95
Tratamiento primario con aditivos químicos	65-90	45-80
Tratamiento primario	40-70	25-40

El bosquejo mostrado en el cuadro I.1 *Eficacia de los principales tipos de plantas de tratamiento de aguas residuales*, de los varios métodos de tratamiento de las aguas negras, indica claramente que todos apoyan su funcionamiento en ciclos controlados en plantas de depuración cuyos elementos son sencillos. Estas constan de subestructuras y superestructuras fácilmente ejecutables, además de una disposición adecuada de tubería y maquinaria disponibles en el mercado, que pueden ser suministradas por varias firmas comerciales, o bien ser fabricadas o hechas por encargo. No es necesario comprar procesos patentados ni depender de dispositivos de una sola fuente para proveer todo lo que sea necesario en cualquier sitio para resolver el problema planteado, dado que se haya hecho un anteproyecto cabal. En cambio, es importante que el ingeniero sanitario comprenda los parámetros no solamente apropiados en el diseño sino su razón de ser, haciéndose así capaz de aprovechar la experiencia y seguir caminos nuevos más indicados hacia el mejoramiento de la

### **I.1.1 ANTECEDENTES**

Aproximadamente en el año de 1985 se elaboró el proyecto para la planta de tratamiento de aguas residuales generadas por la población de Manzanillo, Colima, México, para lo cual se seleccionó el proceso con base en filtros rociadores con medio filtrante de piedra en dos pasos y con recirculación, para tratar los efluentes de la ciudad, que por ser una ciudad turística localizada en la costa del pacífico, resulta primordial cumplir con las condiciones particulares de descarga, para impedir la contaminación de sus Playas, esto es con el objeto de evitar enfermedades provocadas por contacto primario con sus habitantes.

La planta de tratamiento se construyó en 1989 y fue puesta en operación en 1990. A pesar de haber sido inaugurada en éste año, la planta aún no estaba concluida, quedando hasta 1997 sin construir las unidades de digestión y deshidratación de lodos y la unidad de contacto con cloro, para completar la desinfección del efluente. Esta planta continúa en servicio, obteniéndose un efluente que, en la mayoría de las ocasiones, no cumple con todos los parámetros fijados en las condiciones particulares de descarga, en particular la carga orgánica evaluada como Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO<sub>5</sub>), Sólidos Suspendedos Totales (SST), y Coliformes Fecales.

La Comisión de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado de Manzanillo, (CAPTDAM), es un organismo dependiente de la Comisión Nacional de Aguas (CNA). Tal organismo es el encargado de la operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la ciudad de Manzanillo, Colima, México.

De acuerdo con la información proporcionada por el organismo operador Comisión de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado de Manzanillo (CAPTDAM), el proyecto se planteó desde un inicio del tipo de filtros biológicos en dos etapas, cada etapa con una capacidad 230 lps (litros por segundo) y una capacidad total de 460 lps (litros por segundo) una vez completada la segunda etapa.

En la información recopilada se incluyen diferentes arreglos del conjunto de elementos, mediante los cuales se observa que el proyecto sufrió varias modificaciones y adecuaciones, ya que la última versión de los planos data del año de 1988. Cabe mencionar que la última versión de los planos encontrados difieren de las unidades que están constituidas.

Durante la etapa de proyecto y construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, la ciudad de Manzanillo, Colima, México aun no contaba con el sistema de alcantarillado. La determinación de las características del agua residual se hizo tomando muestras en tres puntos representativos de descarga. Tales puntos son los siguientes:

- 1) El cárcamo de bombeo (donde se captan las aguas negras de la ciudad de Manzanillo, Colima, México, para ser enviadas a la planta de tratamiento local. (Sin referencia)).
- 2) En la salida de aguas residuales del hotel Las Brisas, que son aguas tipo domésticas.
- 3) En la salida de aguas residuales del hotel Las Hadas, que son aguas tipo domésticas.

Dentro de la información obtenida no se cuenta con un informe en el cual se mencionen las etapas en las cuales que se planeó el proyecto, aunque se apunta que la primera etapa estaba programada para dar servicio hasta el año de 1990, a partir de tal año se requería la entrada en operación de la segunda etapa.

Se encontraron diferencias entre lo proyectado y la infraestructura existente construida para la planta, como las que se describen mas adelante.

Inicialmente dentro del proyecto se tenía considerado un tanque de contacto de cloro que finalmente no se construyó. En su lugar se tiene un canal Parshall, que es un canal en el cual se estrecha la sección transversal creando una especie de garganta en un tramo longitudinal relativamente corto, el cual es empleado para aforar o medir el gasto o caudal hidráulico, y por la turbulencia del flujo que resulta, también es un punto apropiado para agregar al flujo alguna sustancia que necesite ser mezclada o disuelta, en este caso se trata de cloro.

Para la línea de lodos, tanto la memoria de cálculo como la memoria descriptiva, difieren del proyecto construido, debido a que se contempla un espesador y un digestor de lodos sin incluir deshidratado de lodos. En algunos planos se observó el planteamiento para deshidratación de lodos a base de lechos de secado, e incluso existe un plano en donde se muestra el proyecto de esta unidad; sin embargo, ni el digestor ni los lechos de secado fueron construidos.

Por último, se debe tener presente que el proyecto original contemplaba la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales, que se iba a construir en un terreno que se encuentra en la zona de Manzanillo, Colima, México.

---

suficiente, por ésta razón se modificó el proceso de estabilización de lodos. El cambio se atribuyó a que la construcción de una unidad digestora sería más costosa que la construcción de un sistema a base de estabilización con cal. Con ésta obra se propuso que los lodos estabilizados se transportarían hacia algún relleno sanitario cerca de la planta de tratamiento.

También, durante ésta etapa, se observaron deficiencias en la construcción que la supervisión del organismo operador Comisión de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado de Manzanillo (CAPTDAM) detectó, y a pesar de que estas fueron reportadas en su oportunidad, fueron pasadas por alto. La deficiencia más clara fue que el material empleado para el medio filtrante no cumplía con la granulometría especificada en el proyecto, ya que como puede observarse en fotografías proporcionadas por la persona responsable de la planta, y en ese entonces supervisora de la construcción, el medio filtrante contiene un gran porcentaje de material fino (limos), que hasta la fecha del monitoreo no se había cribado para separar y retirar el material inadecuado, excepto para el filtro 1.

Otra anomalía detectada durante la construcción, fue que algunos equipos, de acuerdo a las especificaciones mencionadas en la memoria descriptiva, son de patente y finalmente se construyeron en campo. En éste caso se incluyen los distribuidores de los filtros biológicos y las rastras del espesador de lodos, que incluso no cuentan con desnatador, tolva y tuberías para la concentración de natas. Durante la etapa de construcción, la supervisión de la Comisión de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado de Manzanillo (CAPTDAM) reportó estas deficiencias a la compañía constructora, que aseguró que funcionarían así sin ningún problema, lo que no se mencionó es durante cuanto tiempo.

Al término de la etapa de construcción se entregó la planta de tratamiento de la ciudad de Manzanillo, Colima, México, al organismo operador para ser inaugurada por orden presidencial, por ser el último año del sexenio. A pesar de que la planta de tratamiento recibió un gasto o caudal hidráulico mucho menor al gasto hidráulico de diseño se procedió a la operación y puesta en marcha.

Con el arranque y operación de la planta de tratamiento, desde su etapa inicial se detectaron otra serie de problemas con origen en el proyecto de diseño y en combinación con el proyecto de

construcción. Durante éste periodo se reportó que en los filtros se formaban lagunas sobre la superficie del medio filtrante. Este problema se resolvió parcialmente al extraer el medio filtrante para cribarlo con el fin de cumplir con la granulometría especificada, aunque solo se realizo para el filtro biológico 1. La formación de lagunas se sigue presentando, en el momento del monitoreo, en los filtros 2, 3, y 4. Evaluando la calidad del agua en el efluente y la eficiencia de estas unidades se *observó que no funcionaban adecuadamente.*

Desde su inicio la planta ha tenido serias deficiencias en la calidad del agua resultante del proceso de tratamiento, principalmente por la baja remoción de Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO<sub>5</sub>) y Sólidos Suspendidos Totales (SST), debido al mal funcionamiento de los filtros. Aunado a esto, se presenta también baja remoción de sólidos suspendidos en el sedimentador secundario. Estos problemas detectados por el personal de operación han repercutido en todo el proceso. Otra *práctica que afecta a la eficiencia del proceso es la recirculación de los lodos secundarios al inicio de éste proceso*, que producen disturbios, ya que estos lodos no tienen las características físicas apropiadas para que sedimenten con facilidad en el sedimentador primario, lo que ocasiona que estén en constante recirculación dentro del proceso.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO<sub>5</sub>), se usa como una medida de la cantidad de oxígeno requiendo para oxidación de la materia organica biodegradable presente en la muestra de agua y como resultado de la oxidación bioquímica anaerobia.

Por otro lado, el sistema construido para la estabilización de lodos no ha sido muy eficiente. La cantidad de lodos extraídos del sedimentador primario son excesivos debido a que se extrae una gran cantidad de agua, el problema se origina principalmente por la extraccion desmedida de lodo por falta de un control en las válvulas de salida de los sedimentadores primarios, y por la forma y configuración que tienen las tolvas del tanque de sedimentación que permiten que salga agua excesiva cuando se realizan extracciones a cada una de estas

Esta forma de extracción de lodos, de una le cantidad de agua que se extrae provoca que se presente una serie de problemas en el espesador tales como resuspensión de lodos por turbulencia

desnatador, tolva y tubería de extracción y mamparas de natas. La descarga de estas natas y grasas en conjunto con el sobrenadante, son conducidas hasta el cárcamo de bombeo de lodos secundarios desde donde son recirculados al inicio del proceso, en la caja de llegada.

Otro de los problemas que se presenta en la planta, es la disposición de los lodos generados, debido a que no se cuenta con el área apropiada para realizar esta actividad. En un principio, el lodo después de estabilizado con cal, se transportaba en camiones pipa hasta un lugar fuera de la planta, que, posteriormente, fue cancelado por el difícil acceso hacia el sitio y porque las condiciones del lodo contaminarían el subsuelo del sitio. Hasta el momento del monitoreo, se disponían dentro de la planta en zonas acondicionadas que no tienen la capacidad suficiente para almacenar los lodos generados. En épocas de lluvias el problema se agudiza debido a que estos almacenamientos se desbordan ocasionando problemas en las zonas aledañas y en la misma planta de tratamiento.

## **1.12 ALCANCES**

- Evaluar el sistema de tratamiento desde los puntos de vista funcional (incluyendo calidad del agua), hidráulico, eléctrico, mecánico, estructural, instrumental, de arreglo de conjunto y operativo para diagnosticar el funcionamiento integral de la planta de tratamiento.
  
- Determinar los requerimientos de equipamiento para la rehabilitación de cada uno de los elementos o componentes de la planta de tratamiento para el funcionamiento óptimo de la misma.
  
- Determinar requerimientos humanos y materiales para la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento.
  
- Obtener el levantamiento físico detallado de las unidades de proceso y del equipamiento eléctrico, mecánico e instrumentación de la planta de tratamiento.
  
- Recabar e incluir los requerimientos de equipos, accesorios y materiales para la rehabilitación. Particularmente en lo referente a equipo electromecánico y obtener los catálogos de conceptos y especificaciones para la rehabilitación, además del presupuesto base.

- Puesto que el proyecto del Diagnóstico y Rehabilitación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de Manzanillo, Colima, México, se llevó a cabo durante 1997, los trabajos presentados y el desarrollo de la presente tesis se han hecho cubriendo una actualización hasta el año de 1997.
  
- En el presente trabajo solo se incluyen los planos que a nuestro juicio son los más representativos y que forman parte del informe que tiene en su poder la Comisión Nacional del Agua (CNA).

## CAPITULO II

### RECOPILACION, ANALISIS Y ACTUALIZACION DE LA INFORMACION EXISTENTE

La recopilación de información se efectuó en Instituciones como: La Comisión de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado de la Ciudad de Manzanillo (CAPDAM), que es el Organismo Operador de la planta de tratamiento en estudio, en La Comisión Nacional del Agua (CNA); en el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI); en el Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México (IG-UNAM); y en la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), entre las más importantes. Esta información fue validada en campo mediante recorridos e inspecciones de los principales componentes de los sistemas.

#### **RELACION DE DOCUMENTOS RECOPILADOS**

Relación de documentos recopilados en La Comisión de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado de la Ciudad de Manzanillo (CAPDAM):

- 72 planos de la planta de tratamiento, entre funcionales, estructurales eléctricos y arquitectónicos.
- Registro mensual de la calidad del influente y efluente de los años 1994 y 1997.
- Registro de la calidad del agua del Consorcio Industrial Pesquero de Colima para diferentes muestras desde el año 1994.
- Reportes trimestrales y anuales del influente y efluente de la Planta de Tratamiento de aguas residuales de la Ciudad de Manzanillo, Colima, México
- Memoria descriptiva del proceso de tratamiento de agua residual.
- Manual de operación y mantenimiento
- Organigrama de la planta de tratamiento.
- Registro de la calidad del agua potable que se suministra a la Ciudad de Manzanillo, Colima, México
- Fotografías del medio filtrante en el momento de ser instalado
- Plan Maestro del Sistema de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Manzanillo Colima, México
- Programa calendarizado de mantenimiento a equipos
- Programa de actualización de personal

**DIAGNOSTICO Y REHABILITACION PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO  
DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MANZANILLO, COLIMA, MEXICO**

---

- Relación de características de los pozos de suministro de agua potable a la ciudad, incluyendo el acueducto.
- Relación de gasto económico para la conservación y mantenimiento a equipos, incluyendo sueldos y reactivos, entre otros.
- Documentos relativos al contrato establecido entre el Consorcio Industrial Pesquero de Colima y La Comisión de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado de Manzanillo (CAPDAM) y cronología de las actividades y consumos de éste consorcio.
- Hojas de registro de las estaciones meteorológicas, de temperaturas, precipitaciones, evaporación, viento dominante y velocidad media de las Ciudades de Manzanillo y Venustiano Carranza, Colima, México.
- Perfil histórico cultural de la Ciudad de Manzanillo, Colima, México.
- Estudio realizado al Consorcio Industrial Pesquero de Colima, por el Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México (IG-UNAM)
- Plano del Sistema de Alcantarillado - Zona Urbana en el año de 1990 de la Ciudad de Manzanillo, Colima, México, Escala 1:5 000 .
- Desarrollo general de Alcantarillado en el año 1994 – Ciudad de Manzanillo, Colima, México Escala 1:25 000.
- Plano del Sistema de Alcantarillado - Red existente y Planeación futura.
- Proyecto general de Agua Potable.

**RELACION DE CARTOGRAFIA CONSULTADA**

- 1) Carta Hidrológica de Aguas Superficiales de la Ciudad de Manzanillo, plano E-13-2-5, Escala 1:250 000.
- 2) Carta Geológica de la Ciudad de Manzanillo, Colima, México, plano E-13-2-5, Escala 1:250 000.
- 3) Carta Hidrológica de Aguas Subterráneas de la Ciudad de Manzanillo, Colima, México, plano E-13-2-5, Escala 1:250 000.
- 4) Carta Topográfica de la Ciudad de Manzanillo, Colima, México, plano E-13-2-5, Escala 1:250 000.
- 5) Carta Topográfica Cihuatlán, Colima, México, plano E-13-B-42, Escala 1:50 000.
- 6) Carta Topográfica de la Ciudad de Manzanillo, Colima, México, plano E-13-B-43, Escala 1:50 000.

La Ciudad de Manzanillo, pertenece al Municipio del mismo nombre en el estado de Colima. Este Municipio se ubica al oeste de Colima, México; y es, por su extensión, el más grande del estado, con un 23.56 % de la superficie estatal.

### GEOGRAFIA

Las colindancias del Municipio de Manzanillo, Colima, México, son al norte con el Estado de Jalisco y el Municipio de Minatitlán; al este con los Municipios de Coquimatlán y Armería México; al sur con el Océano Pacífico y al oeste con el Océano Pacífico y el Estado de Jalisco, ver figura II.1

*Localización Geográfica del Municipio de Manzanillo, Colima, México.*

**FIGURA II.1**  
**LOCALIZACION GEOGRAFICA DEL MUNICIPIO**  
**DE MANZANILLO, COLIMA, MEXICO**



**DIAGNOSTICO Y REHABILITACION PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO  
DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MANZANILLO, COLIMA, MEXICO**

---

Las coordenadas geográficas extremas del Municipio de Manzanillo son: al norte 19° 19', al sur 18° 57' de latitud norte; al este a los 104° 02' y al oeste a 104° 42' de longitud oeste.

Por su parte, las coordenadas de la Ciudad de Manzanillo, son 19° 03' de latitud norte y 104° 19' de longitud oeste, a una altitud de 20 metros sobre el nivel del mar, (msnm).

La población del Municipio de Manzanillo se asienta en 84 localidades de las cuales las más importantes son: Camotlán de Miraflores, el Colomo, Santiago, Salahua, Campos, Venustiano Carranza, Jalipa y la Ciudad de Manzanillo, Colima, México.

El clima de la Ciudad de Manzanillo es subhúmedo con lluvias en verano. La temperatura media mensual es de 26.6°C con una máxima de 34.1°C y mínima de 19.7°C. Presenta una precipitación anual de 1036.7 mm.

El área ocupada por el Municipio de Manzanillo, Colima México pertenece a la región hidrológica 15, denominada Costa de Jalisco, en particular a la cuenca del río Chacala-Purificación, subcuenca de la laguna de Cuyutlán. La corriente más importante del municipio es el río Marabasco, que tiene como afluentes a los ríos del Cacao y Carrizo o San José y a los arroyos de la Lima y Don Tomás. Otros arroyos importantes son: Chandiablo, Punta de Agua de Camotlán, el Limoncito, Las Juntas. El Salto y Agua Blanca.

La laguna de Cuyutlán es el principal vaso de aguas interiores, abarcando desde la Boca de Pascuales, en el Municipio de Armería, hasta el puerto de la Ciudad de Manzanillo, Colima México, siendo por tanto la de mayor extensión en el Estado. Otros vasos interiores del municipio son las lagunas de: Miramar, Potrero Grande, Achiotos y la de Las Garzas. En este sistema hidráulico ocupa un lugar preponderante la termoeléctrica Manuel Alvarez, que suministra energía eléctrica a los Estados de la región occidente del país, como Colima y Jalisco, México.

El Municipio de la ciudad de Manzanillo, Colima, México es montañoso, sin embargo, cerca de la costa se localizan algunas planicies o pequeños valles que son: el de Santa Rita, Las Juntas y en los alrededores de la bahía de la ciudad de Manzanillo, Colima México, que incluyen Jalipa, Punta de

Agua de Camotlán y Chandiablo. Adicionalmente a los anteriores se pueden mencionar los valles de Camotlán de Miraflores, situado al norte del Municipio en los límites con Jalisco y la región del Centinela, en la depresión del Marabasco. Los cerros con mayor altitud son: El Escalatlán, El Cayocal, el Tepejilote, el Espinazo del Diablo, El Zacate, San Buenaventura y El Escorpión.

## **II.1 RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE**

La principal fuente de abastecimiento de agua potable corresponde al acuífero del valle Armería-Tecomán, donde se perforaron diez pozos, de los cuales uno resultó fallido por lo que se tienen nueve en operación. Estos nueve pozos se localizan en la margen derecha del río Armería y tienen una capacidad nominal de 500 litros por segundo (lps); aunque actualmente tienen una producción de 286 lps. El agua extraída es conducida a presión, por medio de un acueducto costero a lo largo de 41 kilómetros, hasta la localidad de Campos, Colima, México en donde se ubica una planta de rebombeo desde donde se envía el agua hasta el tanque superficial localizado en la colonia Las Joyas de la Ciudad de Manzanillo, Colima, México. La capacidad de éste tanque es de 3,000 m<sup>3</sup>, ver plano *1 Infraestructura Existente de Agua Potable*.

### **II.1.1 CAPTACION**

El agua que proviene del sistema de Armería descarga en un tanque de regulación con capacidad para 7500 m<sup>3</sup>, localizado en la localidad de Campos, Colima, México. Desde este tanque se rebombee el agua hacia el tanque La Joya, en un caudal promedio de 280 lps a través de un acueducto que atraviesa la laguna de Cuyutlán.

Desde la planta de bombeo de Campos se deriva también una línea de conducción hacia las localidades de Campos y Villa Florida donde se descarga a un tanque de 500 m<sup>3</sup> de capacidad. El gasto hidráulico medio que se envía hacia este tanque es de alrededor de 6 lps. En el plano *1 Infraestructura Existente de Agua Potable* se muestran los detalles de la red de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Manzanillo, Colima, México. En el cuadro *II.1 Características de los pozos de la fuente Armería*, se presentan las características de los pozos del sistema Armería-Manzanillo, mientras que en los cuadros *II.2A y II.2B Datos de producción de agua potable de la fuente de abastecimiento durante 1996* en 6 meses, se muestran sus datos de producción.

CUADRO II.1

CARACTERISTICAS DE LOS POZOS DE LA FUENTE ARMERIA

POZO	SUBESTACION (KVA)	POTENCIA MOTOR (HP)	POTENCIA BOMBA (HP)	GASTO DE DISEÑO (lps)	CARGA DINAMICA (m)
1	75	50	18	80.5	25.17
2	30	25	14	30.5	22.90
3	30	25	19	49.0	28.52
4	30	25	17	50.5	28.42
5	30	25	18	39.0	27.90
6	75	75	22	40.5	30.68
8	150	30	24	30.5	40.93
9	75	50	34	45.0	39.81
10	112	75	37	55.5	43.80

CUADRO II.2A

PRODUCCION DE AGUA POTABLE DE LA FUENTE DE ARMERIA  
DURANTE 1996 EN m<sup>3</sup>/mes

ZONA URBANA	MESES DE 1996						
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Acumulado
POZO No. 1	17,372	62,178	66,467	64,322	0,00	0,00	210,339
POZO No. 2	70,115	60,131	64,278	62,116	64,278	69,401	390,320
POZO No. 3	86,759	100,924	107,884	104,404	107,884	72,220	580,075
POZO No. 4	121,814	113,063	120,860	116,961	120,860	97,200	690,758
POZO No. 5	91,906	74,247	79,367	76,806	79,367	106,812	508,506
POZO No. 6	111,400	107,741	115,171	111,456	115,171	99,360	660,299
POZO No. 8	77,544	67,868	72,549	70,177	72,549	79,834	440,521
POZO No. 9	7,815	56,285	60,168	58,226	60,168	98,928	341,590
POZO No. 10	146,504	137,808	147,312	142,560	147,312	138,105	859,601
TOTALES	731,229	780,245	834,056	807,030	767,589	761,859	4,682,009
Qmed (l/s)	273	323	311	311	287	294	148

CUADRO II.2B

**PRODUCCION DE AGUA POTABLE DE LA FUENTE DE ARMERIA  
DURANTE 1996 EN m<sup>3</sup>/mes**

ZONA	MESES DE 1996						
	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ACUM
URBANA							
POZO No. 1	0,00	23,377	55,760	13,147	58,266	130,405	491,294
POZO No. 2	72,698	65,128	54,606	26,273	65,637	60,201	734,863
POZO No. 3	92,485	85,609	43,956	74,367	107,057	99,693	1,083,241
POZO No. 4	71,394	125,950	118,440	108,052	111,863	82,366	1,308,822
POZO No. 5	86,275	85,032	63,911	76,207	87,044	71,757	978,732
POZO No. 6	98,788	100,183	101,801	51,921	92,272	90,982	1,198,247
POZO No. 8	69,939	27,621	64,171	79,125	74,488	66,186	822,051
POZO No. 9	93,164	98,347	84,807	82,069	26,862	2,955	729,793
POZO No. 10	139,391	141,086	134,991	147,312	132,563	117,206	1,672,150
TOTALES	724,133	752,331	722,443	658,475	756,051	721,752	9,017,193
Qmed (l/s)	270	281	279	246	292	269	286

El abastecimiento de la ciudad de Manzanillo, Colima, México, es complementado con el aprovechamiento de diversos pozos profundos localizados en el área urbana de la ciudad de Manzanillo. Se tienen un total de seis pozos profundos en operación, cuyas características principales se presentan en el cuadro II.3 *Características de los pozos de las fuentes de área urbana*; y sus caudales de producción se muestran en los cuadros II.4A y II.4B *Producción de agua potable de las fuentes del área urbana, durante 1996 en m<sup>3</sup>/mes*.

Estos pozos son: el Jalipa "1", Tapeixtles "3" y "6", Salahua "10", Santiago y el pozo "C" de Salahua

CUADRO II.3

**CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS DE LAS FUENTES DEL AREA URBANA**

POZO	SUBESTACION (KVA)	POTENCIA MOTOR (HP)	POTENCIA BOMBA (HP)	GASTO NOMINAL (lps)	CARGA DINÁMICA (m)
JALIPA 1	150	150	142.38	70	105
TAPEIXTLES 3	150	150	92.13	42	74
TAPEIXTLES 6	150	125	100.50	70	75
SALAHUA 10	150	100	104.69	57	136
SANTIAGO	150	5	129.82	42	110
C. de S. de A.	150	150	150.00	20	70

CUADRO II.4A

PRODUCCION DE AGUA POTABLE DE LAS FUENTES DEL AREA URBANA  
DURANTE 1996 EN m<sup>3</sup>/mes

MESES DE 1996							
ZONA URBANA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	ACUM
POZO 1 URBANO	187,488	175,392	187,488	181,440	187,488	187,488	1,106,784
POZO 3 URBANO	59,246	52,618	56,246	54,432	56,246	56,246	332,035
POZO 6 URBANO	117,180	109,620	117,180	113,400	117,180	117,180	691,740
POZO C URBANO	53,568	50,112	53,568	51,840	53,568	53,568	316,224
POZO 10 URBANO	152,669	142,819	152,669	147,744	152,669	152,669	901,238
POZO SANTIAGO	70,308	65,772	70,308	68,040	70,308	70,308	415,044
TOTALES	637,459	596,333	637,459	616,896	637,459	637,459	3,763,066
Qmed (l/s)	238	247	238	238	238	246	119

CUADRO II.4B

PRODUCCION DE AGUA POTABLE DE LAS FUENTES DEL AREA URBANA  
DURANTE 1996 EN m<sup>3</sup>/mes

MESES DE 1996							
ZONA URBANA	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ACUM
POZO 1 URBANO	138,799	172,116	119,952	101,304	163,548	163,548	1,966,051
POZO 3 URBANO	90,020	77,414	45,360	81,043	70,762	70,762	767,396
POZO 6 URBANO	114,017	195,560	117,180	159,768	113,148	113,148	1,505,561
POZO C URBANO	45,504	26,244	33,631	12,312	45,554	45,554	525,024
POZO 10 URBANO	124,351	116,759	97,880	128,660	143,435	143,435	1,655,759
POZO SANTIAGO	73,937	48,384	61,387	68,342	89,057	89,057	845,208
TOTALES	586,628	637,477	475,391	551,430	625,504	625,504	7,264,999
Qmed (l/s)	219	238	183	206	241	234	230

**II.12 REGULARIZACION**

La capacidad de regularización de agua potable con que cuenta la ciudad de Manzanillo, Colima, México, según el Plan Maestro del Sistema de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Manzanillo, Colima, México, es de 20 500 m<sup>3</sup>, distribuidos en nueve tanques localizados en diferentes puntos de la ciudad. En el cuadro *II.5 Capacidad de regulación del sistema de abastecimiento de agua potable* de la ciudad de Manzanillo, Colima, México se muestran las características de los principales tanques existentes.

**CUADRO II.5  
 CAPACIDAD DE REGULACION DEL SISTEMA DE  
 ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE**

TANQUE	CAPACIDAD (m <sup>3</sup> )	ELEVACION (msnm)*
LA JOYA	3000	83.0
SAN PEDRITO	1400	44.0
LAS GARZAS	3000	36.0
LAS BRISAS	2500	62.0
SANTIAGO	3000	93.6
SAN MARTIN	300	60.4
LA CRUZ	300	90.5
CAMPOS	7500	-----

\* msnm, metros sobre el nivel del mar

**CALIDAD DEL AGUA**

La calidad del agua de las fuentes de abastecimiento de la ciudad de Manzanillo, Colima, México, se muestra en el cuadro *II.6 Calidad del Agua en las Fuentes de Abastecimiento*, en este cuadro se puede observar que, en términos generales, el agua presenta buena calidad con excepción de los sulfatos y la alcalinidad, que en algunos casos, rebasan la Norma Oficial Mexicana "NOM". El promedio de los sulfatos es de 711 microgramos con un máximo de 1320 microgramos.

DIAGNOSTICO Y REHABILITACION PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO  
DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MANZANILLO, COLIMA, MEXICO

CUADRO II.6  
CALIDAD DEL AGUA EN LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO

PARAMETRO	UNIDAD	ZONA DE CAPTACION											
		AMERIYA			COLOMO			ZONA URBANA			JALAPA		
		P-1	P-3	P-4	P-8	P-9	P-2	P-3	P-5	P-6	JALAPA		
FECHA DE LA MUESTRA		1/03/94	13/09/94	1/03/94	1/03/94	1/03/94	15/02/94	6/12/94	0/12/94	25/04/95	25/04/95		
TURBIDEDAD	UNIDAD	0.8	3	0.58	0.25	0.25	0.65	0.55	2	1.5	1.4		
CLOMO RESIDUAL	PPM	1.32	0	1.76	1.76	2.02	0.85	0	0	0	3.75		
HALCALINIDAD A LA FENOLTALEINA	PPM	15.65	24.68	0	0	0	0	0	0	0	0		
	UNIDAD	8.42	7.5	7.61	7.84	7.92	7.05	6.7(*)	7.26	7.28	7.74		
ALCALINIDAD TOTAL	PPM	395.81	525.0(*)	416.91(*)	313.76	293.28	157.96	136.67	136.67	130.09	148.95		
DUREZA TOTAL	PPM	452.39	494.71	310.25	180.3	210.77	172.09	320.58	282.45	228.12	226.96		
DUREZA CALCICA	PPM	146.03	287.92	149.25	151.93	169.44	109.23	211.44	174.34	105.69	105.96		
DUREZA MAGNESICA	PPM	306.36(*)	136.79	191	28.37	21.33	62.85	118.12	106.11	120.43	124		
SULFATOS	PPM	292(*)	280(*)	264(*)	200	184	42	186	50	80	90		
CLORUROS	PPM	109.33	49.47	53.17	48.08	42.54	21.33	70.68	45.91	46.18	49.74		
FLUOR	PPM	0.048	0.23	0.52	0.51	0.51	0.33	0.23	0.184	0.08	0.106		
OXIGENO CONSUMIDO EN MEDIO ACIDO	PPM	0.4	0.6	0.8	1.2	0.4	0.9	0.2	1.91	0.9	1.83		
NITRATOS	PPM	0	0.13	0	0	0.05	1.5	0.12	0	24	0.3		
CONDUCTIVIDAD	PPM	1030	850	970	780	740	420	720	640	490	470		
HIERRO	PPM	0	0	0	0	0	0	0	0.6	0	0		
ZINC	PPM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
PLOMO	PPM	negativo	negativo	negativo	negativo	negativo	negativo	negativo	negativo	negativo	negativo		
MERCURIO	PPM	negativo	negativo	negativo	negativo	negativo	negativo	negativo	negativo	negativo	negativo		
ORTOFOSFATOS	PPM	negativo	negativo	negativo	negativo	negativo	negativo	negativo	negativo	negativo	negativo		
CARBONATOS	PPM	0	49.36	0	0	0	0.03	0.15	0	0	0		
BICARBONATOS	PPM		476.44				25.39						

\* REBASA LA NORMA OFICIAL MEXICANA PARA AGUA DESTINADA A CONSUMO HUMANO

Fuente: Plan Maestro del Sistema de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Manzanillo, Col.  
Diseñador y Escritor: S. A. 1996

### II.1.3 DISTRIBUCION

La red de distribución de la ciudad de Manzanillo, Colima México, está integrada por cuatro principales zonas de influencia determinadas por los tanques: San Pedrito, Las Garzas, Colonia Pacífico y Santiago. A partir de éstos tanques se distribuye el agua mediante la red formada con tuberías que van desde 6" (150 mm) hasta 16" (405 mm) de diámetro.

El acueducto Armería-Manzanillo descarga en el tanque de regulación de Campos. De este tanque el agua es rebombada hacia el tanque La Joya a través de una línea a presión, de acero de 36" (910 mm) de diámetro. Como ya se menciono, el gasto o caudal hidráulico medio que llega al tanque La Joya es de 280 lps.

A partir del tanque de la colonia Las Joyas, son alimentados dos tanques de regularización localizados; el primero en la colonia San Pedrito, desde donde se distribuye a la zona centro de la ciudad de Manzanillo y el segundo, denominado Tanque Las Garzas, en La Palma Real, desde donde se distribuye el agua a la zona de Saiahua. Este último tanque tiene una capacidad de 3 000 m<sup>3</sup>

De las líneas anteriores, la más importante tiene un diámetro de 16" (405 mm) y alimenta al tanque Las Garzas después de recorrer a lo largo de 7 km. La segunda línea también tiene un diámetro de 16" (405 mm) y alimenta al tanque San Pedrito. El desarrollo de esta línea es de 10 km, por último, del tanque La Joya también sale una línea de 4" (100 mm) de diámetro que distribuye el agua en las colonias situadas al sur de dicho tanque.

Al tanque San Pedrito llegan tres líneas de alimentación, de las cuales es probable que, solo la que proviene del tanque La Joya este en operación, ya que de las otras dos una proviene del pozo 2 que se reporta fuera de operación y la otra tiene como fuente los pozos 3 y 6 de Tapexiles y el pozo Jalipa 1, que alimentan al tanque Las Brisas. Estas dos líneas de alimentación tienen 12" (305 mm) de diámetro.

Del tanque San Pedrito se distribuye el agua hacia el Centro Vecinal de Guadalupe Manzanillo que tiene una población de 11 500 habitantes. El desarrollo de esta línea es de 10 km.

**DIAGNOSTICO Y REHABILITACION PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO  
DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MANZANILLO, COLIMA, MEXICO**

---

dos circuitos principales que cubren la mayor parte de la zona centro de la ciudad de Manzanillo, Colima, México. Los anteriores circuitos se complementan con tubería de 10" (250 mm) de diámetro.

Del tanque San Pedrito se tiene también una línea, en desuso, que interconecta con el tanque de Jalipa y con el pozo Jalipa 1. El funcionamiento en particular de esta línea y en general de todo el sistema no está lo suficientemente claro en la información recopilada, incluyendo el Plan Maestro del Sistema de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Manzanillo, Colima, México, elaborado en 1996.

El tanque Las Brisas, con capacidad de 2 500 m<sup>3</sup>, es alimentado por los pozos Tapeixtles 3 y 6, y el Jalipa 1. Se considera que dadas las circunstancias, la interconexión con el tanque de Jalipa opera en menor escala.

A partir del tanque Las Brisas, se alimenta al tanque elevado que se localiza en la colonia Pacífico y al tanque de Fondepport, mediante una línea de 16" (405 mm), que posteriormente se reduce a 12" (305 mm) antes de bifurcarse en dos líneas, una hacia el tanque Pacífico y otra hacia el Fondepport. La línea de alimentación al tanque Pacífico tiene un diámetro de 10" (250 mm), mientras que la de alimentación al Fondepport tiene un diámetro de 4" (100 mm).

El área de influencia del tanque Pacífico corresponde a la franja costera de la bahía de la ciudad de Manzanillo, Colima México, comprendida desde la entrada a la laguna de San Pedrito hasta Salahuá. Esta zona incluye las colonias: Condominio las Garzas, Fovissste, Conjunto las Palmas, Colonia Pacífico, Morelos y las Brisas.

El pozo Jalipa 1, con un gasto hidráulico de 70 lps (litros por segundo), además de alimentar al tanque Las Brisas, también alimenta al tanque de Jalipa, que regulariza el agua que se suministra a los poblados de Jalipa y Francisco Villa. El gasto hidráulico estimado para éstas dos poblaciones, que en 1990 reponieron una población conjunta de 2 133 habitantes y que hasta 1997 se estima sea de 2 460 habitantes, es de 6 lps.

El tanque Las Garzas es alimentado desde el tanque de regulación La Joya, mediante una línea de 16" (405 mm) de diámetro y 7 km de desarrollo. A partir de éste tanque se realiza la distribución de agua hacia la zona de influencia que está integrada por las colonias situadas al noreste de la Laguna de Las Garzas. Esta zona se ha planeado cubrirla mediante siete circuitos principales formados con tuberías de diámetros de 6" (150 mm), 8" (200 mm) y 10" (250 mm).

El tanque Santiago es alimentado por el pozo "C" mediante una tubería de 14" (355 mm) de diámetro. Este tanque, en conjunto con los tanques La Cruz y San Martín, permiten realizar la distribución de agua en las colonias La Cruz, Santiago y Salahua, principalmente. Los tanques La Cruz y San Martín son alimentados por el pozo Santiago mediante líneas de 8" (200 mm) y 6" (150 mm) respectivamente.

La red de distribución de esta zona forma cinco circuitos principales con tuberías de 6" (150 mm) y 8" (200 mm) de diámetro. En el plano *1 Infraestructura Existente de Agua Potable*, se presenta la infraestructura existente para agua potable

#### II.1.4 COBERTURA DE SERVICIOS DE AGUA POTABLE

En el censo de 1990 se registraron un total de 14 971 viviendas habitadas de las cuales, 12 931 contaban con agua entubada. Tomando en cuenta los datos anteriores se obtiene una cobertura de agua potable del 86.4 %.

Por otra parte, en el Plan Maestro del Sistema de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de la Ciudad de Manzanillo, Colima, México, se menciona una cobertura de agua potable del 83 %, sin justificar dicho dato. Por lo anterior, en éste estudio se tomará como válido el dato obtenido a partir del censo de 1990, considerando que la Comisión de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado de Manzanillo (CAPDAM), organismo operador de la planta de tratamiento, ha realizado las obras necesarias para mantener dicha cobertura, ver plano *1 Infraestructura Existente de Agua Potable*

#### II.2 ALCANTARILLADO

Dado a que el asentamiento natural de la Ciudad de Manzanillo, Colima, México es una adaptación a la zona, el sistema de alcantarillado existente en esta zona es un sistema de alcantarillado

---

desarrollan a lo largo de las vialidades costeras y una serie de cárcamos y estaciones de bombeo que traspalean y bombean el agua para conducirla hasta la planta de tratamiento de Manzanillo, también conocida como la planta de Salahua.

El desarrollo de éste sistema ha sido complementado a partir de la construcción de la planta de tratamiento, ya que originalmente las descargas se realizaban en su mayoría a las lagunas costeras o directamente al mar.

Es difícil establecer si existen todavía descargas directas a los cuerpos de agua, pero en caso de ser así, éstas son de poca importancia, en función de los gastos hidráulicos aforados o medidos en la planta de tratamiento.

De la cobertura del sistema de alcantarillado, reportada por el censo de 1990, se deducen las 12 086 viviendas con drenaje, de un total de 14 971 viviendas censadas, con lo que se determina una cobertura del 80.7%.

Este valor contrasta con el reportado por el Plan Maestro del Sistema de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de la Ciudad de Manzanillo, Colima, México, donde se anota una cobertura del 53%, también, como en el caso del agua potable, sin justificarla. Sin embargo, si se toman en cuenta los resultados de los aforos practicados en el influente de la planta de tratamiento, se encuentra que el dato derivado del censo de 1990 es más congruente que el del Plan Maestro.

El sistema de alcantarillado dispone de nueve estaciones de bombeo y seis cárcamos de aguas negras. Dicho sistema da inicio en la estación de bombeo 1 que recibe las descargas de dos cárcamos de la zona centro de la Ciudad de Manzanillo Colima, México, que incluyen la descarga del colector Bonanza.

El agua es bombeada desde la estación 1 hacia la estación de bombeo 2 a través de un emisor a presión de 700 metros de desarrollo y 14" (355 mm) de diámetro. En la estación de bombeo 2, se reciben además, las aguas residuales del cárcamo al que descarga el colector Punta Chica, que

tiene un diámetro de 38 cm y del subcolector Libertad, también con diámetro de 38 cm, así como del cárcamo de la colonia Cuauhtemoc.

El agua que se recibe en la estación de bombeo 2 es traspaleada hacia el colector San Pedrito. A este colector también descarga la línea a presión de 12" (305 mm) del cárcamo que recolecta el agua del colector Alvaro Obregón, que tiene un diámetro de 61 cm y la línea del cárcamo de la colonia Burócratas. El colector San Pedrito, con diámetro de 76 cm y una longitud de 1 022 metros, conduce el agua hasta la estación de bombeo 3.

A partir de la estación de bombeo 3, el agua es bombeada hacia la estación de bombeo 4 que se localiza en la colonia Tapeixtlis. La línea a presión es de 18" (455 mm) de diámetro y una longitud de 1700 metros. El colector Tapeixtlis tiene un diámetro de 91 cm y una longitud de 1 138 metros hasta llegar a la estación de bombeo 5.

La estación de bombeo 5 tiene un emisor a presión de 840 metros y 20" (508 mm) de diámetro. Este emisor descarga al colector Fondepport que tiene una longitud de 1 000 metros y un diámetro de 91 cm. Posteriormente, el colector Fondepport entronca con el colector Las Garzas que tiene una longitud de 1 300 metros y un diámetro de 107 cm. Este colector descarga en la estación de bombeo 9 desde donde el agua, finalmente, es bombeada hacia la planta de tratamiento. El emisor que conduce el agua hacia la planta de tratamiento esta formado por dos tramos el primero de 24' (610 mm) de diámetro y una longitud de 1 500 metros, y, el segundo, con diámetro de 36" (910 mm) y una longitud de 1 750 metros.

La otra parte del sistema se localiza en la colonia Morelos de la estación de bombeo 6, que recibe el agua de la red de las colonias Las Brisas y Morelos, y la traspalea hacia el colector Brisas Sur a través de una línea de 60 metros de largo y 10" (250 mm) de diámetro. El colector Brisas Sur esta formado por dos tramos el primero tiene un diámetro de 45 cm y una longitud de 738 metros y el segundo tiene un diámetro de 61 cm y una longitud de 1084 metros para llegar hasta la estación de bombeo 7 localizada en la colonia Pacífico

La estación de bombeo 7, a su vez, traspalea el agua hacia el colector Brisas Norte-Sur mediante una línea a presión de 340 metros y 10" (250 mm) de diámetro. El colector Brisas Norte-Sur tiene tres tramos en su desarrollo: el primer tramo tiene un diámetro de 76 cm y una longitud de 770 metros, el segundo tiene un diámetro de 91 cm y 1 545 metros, y el tercero, tiene un diámetro de 107 cm y una longitud de 1 511 metros hasta llegar a la estación de bombeo 8 ubicada en Salahua.

En la estación de bombeo 8 se recibe también, por la parte noroeste, las descargas que se generan en esta zona iniciando en Olas Altas y se recolecta en el colector Miramar. Este colector tiene un diámetro de 25 cm y una longitud de 2 850 metros. Las aguas del colector Miramar son descargadas al colector Santiago que esta formado por dos tramos. El primero con un diámetro de 45 cm y una longitud de 100 metros y el segundo con diámetro de 61 cm y una longitud de 861 metros hasta descargar en el cárcamo "C". A este cárcamo también descarga el subcolector Playas de Santiago que tiene un diámetro de 30 cm y un desarrollo de 970 metros.

A partir del cárcamo "C" el agua es rebombada hacia el colector Salahua por medio de un emisor a presión de 10" (250 mm) y longitud de 345 metros. El colector Salahua tiene dos tramos: el primero cuenta con un diámetro de 91 cm y una longitud de 712 metros y el segundo tiene un diámetro de 107 cm y un desarrollo de 1 300 metros. Este colector descarga finalmente en la estación de bombeo 8, desde donde se bombea el agua residual recolectada para enviarla a presión a través de una línea de 30" (750 mm) de diámetro y un desarrollo de 1 840 metros hasta el entronque con la línea a presión de la estación de bombeo 9. En el plano 2 *Infraestructura Existente de Alcantarillado*, se presenta la infraestructura de alcantarillado de la ciudad de Manzanillo, Colima México, mientras que en el cuadro *II.7 Características Principales de los Equipos de Bombeo de Aguas Negras*, se muestran las características principales del equipamiento electromecánico de los cárcamos y estaciones de bombeo que conforman el sistema de desalojo del agua residual de la Ciudad de Manzanillo. Los detalles de la red de alcantarillado de la Ciudad de Manzanillo se presentan en el plano 2 *Infraestructura Existente de Alcantarillado*.

**CUADRO II.7**  
**CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO DE AGUAS NEGRAS**

ESTACION	BOMBA	SUB ESTACION KVA	VOLTAJE	POTENCIA H P	POTENCIA KW	TARIFA DE ENERGIA	GASTOS LPS
1	A	112.5	440	30	22.38	O6	100
	B		440	30	22.38		100
	C		440	30	22.38		100
2	A	75	440	30	22.38	OM	100
	B		440	30	22.38		100
	C		440	30	22.38		100
3	A	150	440	40	29.84	O6	115
	B		440	40	29.84		115
	C		440	30	22.38		100
4	A	150	440	40	29.84	O6	115
	B		440	40	29.84		115
	C		440	30	22.38		100
5	A	250	440	75	55.95	O6	220
	B		440	75	55.95		220
	C		440	30	22.38		100
6	A	75	440	30	22.30	O6	100
	B		440	30	22.30		100
	C		440	30	22.30		100
7	A	75	440	15	11.19	OM	70
	B		440	15	11.19		70
	C		440	15	11.19		70
8	A	500	440	150	111.90	OM	240
	B		440	150	111.90		240
	C		440	150	111.90		240
	D		440	150	111.90		240
9	A	300	440	150	111.90	OM	240
	B		440	150	111.90		240
	C		440	150	111.90		240
C	A	150	440	75	55.95	O6	160
	B		440	75	55.95		160
	C		440	75	55.95		160
PUNIA	A	30	440	10	7.46	O6	40
	B		440	10	7.46		40
CHICA	A		440	10	7.46		40
	C		440	10	7.46		40
HIDALGO	A	C F E	220	3	2.23	O6	10
	B		220	3	2.23		10
	C		220	3	3.73		10
QUAHUEHOC	A	C F E	220	7.5	5.58	O6	10
	B		220	7.5	5.58		10
PESCAÑO	A	C F E	220	7.5	5.58	O6	10
	B		220	7.5	5.58		10
CONCHA	A		440	10	7.46		40
	B		440	10	7.46		40

### II.3 GENERACION DE AGUAS RESIDUALES

Para determinar la generación de aguas residuales, es necesario conocer algunos aspectos de la localidad, entre ellos, la proyección de población, las coberturas de los servicios de agua potable y alcantarillado, la capacidad de las fuentes actuales de agua potable y las dotaciones.

#### II.3.1 VOLUMENES DE AGUA ENTREGADOS EN BLOQUE A LA CIUDAD DE MANZANILLO, COLIMA, MEXICO

Para establecer la dotación actual de la Ciudad de Manzanillo Colima, México, es necesario establecer, tanto la población servida, como los volúmenes de agua que se suministran actualmente. En cuanto a los volúmenes de agua, en el subcapítulo *II.1.4 Cobertura de Servicios de Agua Potable*, del presente capítulo se presentó la información existente de la producción de agua potable, proporcionada por la Comisión de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado de Manzanillo (CAPDAM). De ésta información se determinó que, aún cuando la capacidad de la principal fuente, que corresponde al sistema de pozos de Armería, es de 500 litros por segundo (lps), en los registros de producción mensuales a lo largo del año de 1996 se observa una capacidad de 430 lps solamente. De la capacidad anterior, únicamente se explota un caudal medio de 286 lps de los cuales se envían al sistema de regularización de la ciudad de Manzanillo, Colima, México 280 lps en promedio.

Por otra parte, la capacidad potencial actual de los pozos del área urbana corresponde a 356 lps del caudal anterior, solamente se explotan en promedio un total de 230 lps.

Haciendo un resumen de lo anterior, la capacidad potencial de las fuentes corresponde a 786 lps, que como ya se mencionó, es estimada a partir de los reportes de producción de las fuentes. La capacidad potencial anterior podría disminuir con el tiempo, en función del balance hidráulico de los acuíferos que se explotan. El gasto o caudal hidráulico medio que se suministra a la localidad corresponde a 510 lps. Del caudal anterior se suministra agua a las localidades de Jalipa y Francisco Villa, y se excluyen las de Campos, La Florida y Colomo, Colima, México.

Para determinar el gasto o caudal hidráulico que se entrega al tanque de Jalipa, desde donde se alimenta también Francisco Villa, se tomó en cuenta la población en 1997 estimada a partir de los datos del censo de 1990, y se proyectó hasta 1996 utilizando la tasa media del Municipio del 2.4 % y

considerando una dotación de 200 litros por habitante por día (l/h/d), con los datos anteriores se obtuvo un gasto hidráulico de 5.7 lps.

Si se resta el gasto hidráulico estimado para Jalipa y Francisco Villa del caudal producido, se obtiene un gasto hidráulico de 504.3 lps, que son los que se distribuyen en el área urbana de la ciudad de Manzanillo Colima, México.

### II.3.2 POBLACION ACTUAL

Para caracterizar la población de la ciudad de Manzanillo, Colima, México, se recopilaron los datos censales que se presentan en resumen en el cuadro II.8 *Datos Censales de la ciudad de Manzanillo, Colima, México.*

**CUADRO II.8**  
**DATOS CENSALES DE LA CIUDAD DE MANZANILLO,**  
**COLIMA, MÉXICO**

AÑO	POBLACION (habitantes)	TASA PARCIAL DE POBLACION (%)	TASA GLOBAL (%)
1940	7842	-----	-----
1950	14767	6.53	6.53
1960	20896	3.53	5.02
1970	20777	-0.06	3.30
1980	39088	6.52	4.10
1990	67697	5.65	4.41

### II.3.3 PROYECCION DE LA POBLACION

A partir de los datos censales de las últimas seis décadas se observa que el crecimiento poblacional de Manzanillo ha sido explosivo, con tasas de crecimiento muy altas, de alrededor del 4.5 %. Tomando en cuenta esta tendencia, se realizó la proyección de población utilizando el método geométrico que es el que mejor refleja este comportamiento en la ciudad de Manzanillo, Colima, México y cuyos resultados se presentan en el cuadro II.10 *Proyecciones de Población de la ciudad de Manzanillo, Colima, México.*

DIAGNOSTICO Y REHABILITACION PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO  
DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MANZANILLO, COLIMA, MEXICO

CUADRO II.9

PROYECCION POBLACIONAL POR LOS DIFERENTES METODOS

AÑO	ARITMETICO	GEOMETRICO	MINIMOS CUADRADOS	TASA DE CRECIMIENTO ADOPTADA	PROMEDIO
1996	74.100	90.609	58.421	81.543	76.168
1997	75.167	95.120	59.366	84.111	78.441
1998	76.234	99.856	60.310	86.761	80.790
1999	77.301	104.827	61.254	89.494	83.219
2000	78.368	110.046	62.198	92.313	85.731
2001	79.435	115.524	63.142	95.221	88.331
2002	80.503	121.276	64.086	98.220	91.021
2003	81.570	127.313	65.031	101.314	93.807
2004	82.637	133.652	65.975	104.505	96.692
2005	83.704	140.306	66.919	107.797	99.681
2006	84.771	147.291	67.863	111.193	102.779
2007	85.838	154.624	68.807	114.695	105.991
2008	86.905	162.321	69.752	118.308	109.322
2009	87.973	170.403	70.696	122.035	112.777
2010	89.040	178.886	71.640	125.879	116.361
2011	90.107	187.792	72.584	129.844	120.082
2012	91.174	197.141	73.528	133.935	123.944
2013	92.241	206.956	74.472	138.153	127.956
2014	93.308	217.259	75.417	142.505	132.122
2015	94.375	228.075	76.361	146.994	136.451
2016	95.442	239.430	77.305	151.625	140.951
2017	96.510	251.350	78.249	156.401	145.627

CUADRO II.10

PROYECCIONES DE POBLACION DE LA CIUDAD DE MANZANILLO, COLIMA, MEXICO

AÑO	POBLACION (HAB)
1996	90609
1997	95120
2000	110046
2005	140306
2010	178886
2015	228075
2017	251350

**II.34 GENERACION DE AGUAS RESIDUALES**

Con los datos del agua potable que se entrega a la ciudad de Manzanillo, Colima, México, y con los resultados de población obtenidos, se determinó la dotación media bruta. Utilizando los datos de población y cobertura de agua potable se determinó para 1996 una población servida de 78,377 habitantes. Tomando en cuenta la población servida y el volumen de agua entregado en bloque a la Ciudad de Manzanillo, se obtuvo una dotación media bruta de 556 l/h/d.

De esta forma, tomando en cuenta los datos de población obtenidos y los caudales suministrados, se determinó la generación de aguas residuales, cuyos resultados se presentan en el cuadro II.11 *Generación de Aguas Residuales de la Ciudad de Manzanillo, Colima México.*

Como se puede observar en éste cuadro y tomando en cuenta los gastos aforados en la planta de tratamiento de aguas residuales de 290 lps en promedio, los caudales que se están enviando hacia la planta de tratamiento superan ya la capacidad instalada, por lo que se hace urgente plantear la construcción de la segunda etapa de la planta de tratamiento

En dicho cuadro también se puede observar que la capacidad de las actuales fuentes de agua potable serán insuficientes a partir del año 2 005, por lo que también se recomienda realizar el estudio de nuevas fuentes que garanticen el suministro de agua a la localidad.

**CUADRO II.11  
 GENERACION DE AGUAS RESIDUALES DE LA  
 CIUDAD DE MANZANILLO, COLIMA, MEXICO**

AÑO	POBLACION (habitantes)	COBERTURA (%)	POBLACION SERVIDA (habitantes)	DOTACION BRUTA (L/HAB/D)	PERDIDAS FISICAS	CONSUMO (L/HAB/D)	COBERTURA ALCANTARIL- LLADO (%)	POBLACION SERVIDA (habitantes)	COEFICIENTE DE RETORNO	GASTO AGUAS RESIDUA- LES (lps)
1996	90600	0.857	78377	556	0.35	361.4	0.80	75705	0.83	221.9
1997	95120	0.873	82764	556	0.35	361.4	0.85	80352	0.85	241.5
2000	110046	0.910	99041	556	0.35	362.8	0.95	94640	0.85	295.0
2005	130033	0.950	123481	556	0.35	362.8	0.90	106720	0.65	310.8
2011	143226	0.950	136075	556	0.35	362.8	0.90	119354	0.65	349.9
2015	155226	0.950	147475	556	0.35	362.8	0.90	130754	0.65	389.0
2020	167226	0.950	158875	556	0.35	362.8	0.90	142154	0.65	428.1

## DIAGNOSTICO Y REHABILITACION PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MANZANILLO, COLIMA, MEXICO

Con los datos del agua potable que se entrega a la Ciudad de Manzanillo Colima, México, y con los resultados de población obtenidos se determinó la dotación media bruta para 1996.

Utilizando los datos de población y cobertura de agua potable determinados para 1996 se obtiene la población servida para ese año mediante :

$$\text{Población servida} = \% \text{ Cobertura} \times \text{Población 1996} = 0.865 \times 90609$$

$$\text{Población servida} = 78,377 \text{ Habitantes}$$

Tomando en cuenta la población servida y el volumen de agua entregado en bloque a la ciudad de Manzanillo, se obtiene la dotación media bruta mediante :

$$\text{Dotación media} = (Q_{\text{med}} \times 86,400) / \text{Población servida} = 504.3 \times 86,400 / 78,377$$

$$\text{Dotación media} = 556 \text{ l/h/d}$$

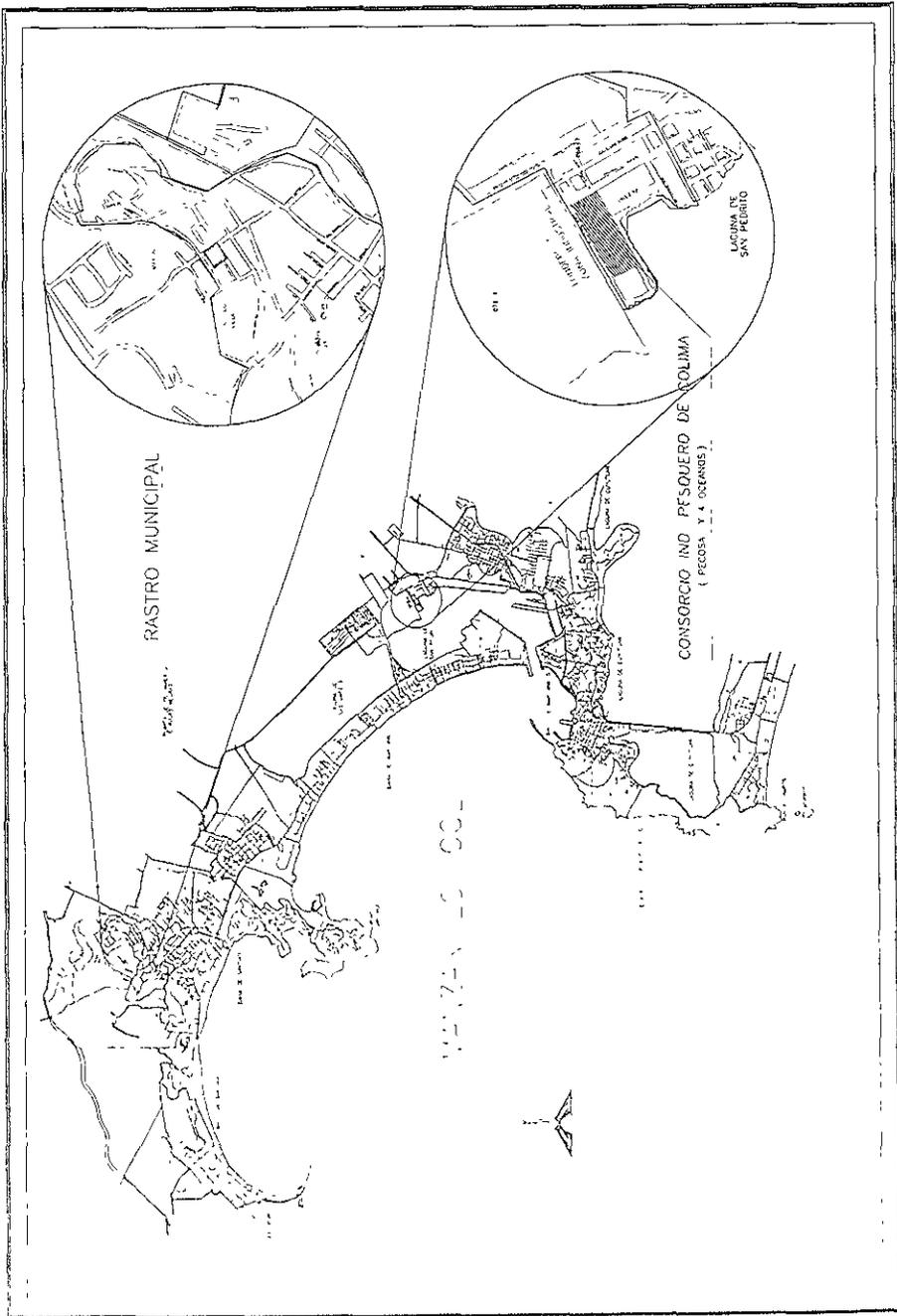
Debido a que la población se mantiene en aumento y a que las fuentes de suministro actuales tienen una capacidad fija, en tanto no se incremente la oferta abriendo nuevas fuentes, la dotación media bruta decrecerá en forma gradual.

Para obtener los consumos de agua de la población se requiere conocer la pérdida física por fugas de agua que tiene el sistema. Este dato no se conoce, ya que los valores obtenidos en el Plan maestro son incongruentes y vagos, por lo que se tomará un valor de 25 %, que se considera conservador para el caso de la generación de aguas residuales.

### **II.4 DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES**

Las descargas de aguas residuales industriales más importantes de Manzanillo, Colima, México, son dos: la que corresponde al Consorcio Industrial Pesquero de Colima y la del Rastro Municipal. En la figura II.2 *Localización de Industrias Contaminantes*, se presenta la ubicación de dichas industrias.

FIGURA II.2  
LOCALIZACION DE INDUSTRIAS CONTAMINANTES



El Consorcio Industrial Pesquero de Colima se localiza en el muelle pesquero de la ciudad de Manzanillo Colima, México, frente a la laguna de San Pedrito. Este consorcio está integrado por dos empresas: Pescado de Colima (PECOSA) y 4 Océanos. A Pescado de Colima pertenece la enlatadora de atún y la fábrica de harina mientras que 4 Océanos procesa productos congelados sin cocinar, en especial calamar y pulpo y precocidos como empanadillas de atún.

Como resultado de los procesos de producción, los principales componentes de los efluentes son: proteínas, albúmina, aceites, grasas y deshechos de pescado, así como sustancias inorgánicas u orgánicas no biodegradables como sales, desinfectantes, detergentes y otros.

La problemática de la empresa con respecto a la contaminación que produce su efluente y que es descargado al alcantarillado municipal para ser tratado posteriormente en la planta de tratamiento municipal, se describe a continuación.

A nivel general, el consorcio consume energía eléctrica, diesel y agua. Las materias primas son básicamente: pescado, marisco, aceites, proteínas, sal, harina, verduras y otros condimentos. Para la limpieza, se utilizan: detergentes, desinfectantes y suavizadores.

Como resultado de los procesos industriales se utiliza agua potable y se genera agua residual en los volúmenes que se indican en los cuadros *II.12 Balance de Consumo de Agua en el Consorcio Industrial* y *II.13. Balance de Aguas Residuales Generadas por el Consumo Industrial*.

En el cuadro siguiente se presenta:

Estimación del consumo de agua en metros cúbicos (m<sup>3</sup>)/Tiempo base de la producción

Donde:

1 000 Toneladas/mes para Pescado de Colima (PECOSA)

300 Toneladas/mes para 4 Océanos

**CUADRO II.12**

**BALANCE DE CONSUMO DE AGUA EN EL CONSORCIO INDUSTRIAL**

DEPARTAMENTO	m <sup>3</sup> / día	m <sup>3</sup> /semana	m <sup>3</sup> /mes
DESCONGELADO	35	210	840
VISCERADO	85	510	2040
COCIDO	0	0	0
CALDERA	70	420	1680
MAQUINAS	15	90	360
PRODUCCION	20	120	480
ESTERILIZADO	0	0	0
FABRICA DE HARINAS	40	240	960
4 OCEANOS	85	510	2040
AGUA TOTAL PROCESO	350	2100	8400
BAÑOS Y VESTIDORES	25	150	600
TOTAL	375	2250	9000

**CUADRO II.13**

**BALANCE DE AGUAS RESIDUALES GENERADAS  
 POR EL CONSORCIO INDUSTRIAL**

DEPARTAMENTO	m <sup>3</sup> / día	m <sup>3</sup> /semana	m <sup>3</sup> /mes
DESCONGELADO	35	210	840
VISCERADO	85	510	2040
COCIDO	30	180	720
CALDERA	0	0	0
MAQUINAS	25	150	600
PRODUCCION	20	120	480
ESTERILIZADO	30	180	720
FABRICA DE HIELO	40	240	960
4 OCEANOS	85	510	2040
AFLUENTE PLANTA DE AERACION	295	1770	7080
BAÑOS Y VESTIDORES	25	150	600
AGUAS NEGRAS	25	150	600
PERDIDAS	25	150	600
TOTA.	700	4200	16800

**DIAGNOSTICO Y REHABILITACION PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO  
DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MANZANILLO, COLIMA, MEXICO**

El Consorcio Industrial Pesquero cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales, con base en el proceso de aireación, que consta de un separador de grasas de banda, un tanque de aireación (1 flotante) y dos separadores de sólidos. El proceso fue diseñado para un gasto hidráulico de 3 lps, sin embargo, el Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México (IG-UNAM) estima que actualmente recibe un caudal pico del orden de 8 lps, aunque de los gastos del cuadro se deriva un gasto hidráulico del efluente de la planta de tratamiento de 2.7 lps. Lo anterior origina que el efluente de la planta no cumpla con las Condiciones Particulares de descarga establecidas por la Comisión de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado de Manzanillo (CAPDAM), cuyos valores se presentan en el cuadro II.14 *Condiciones Particulares, Establecidas por la Comisión de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado de la Ciudad de Manzanillo, Colima, México, para el caudal de Agua de Salida Consorcio Pesquero de Colima, S.A. de C.V.*

**CUADRO II.14**

**CONDICIONES PARTICULARES, ESTABLECIDAS POR LA COMISION DE AGUA POTABLE,  
DRENAJE Y ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE MANZANILLO, COLIMA, MEXICO, PARA EL  
CAUDAL DE AGUA DE SALIDA CONSORCIO PESQUERO DE COLIMA, S.A. DE C.V.**

PARAMETROS	UNIDAD	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES	
		PROMEDIO	PROMEDIO
		DIARIO	INSTANTANEO
Potencial de Hidrogeno	----	6-9	6-9
DQO	mg/l	240	240
DBO	mg/l	240	240
Grasas y aceites	mg/l	<50	-
Sólidos sedimentables	mg/l	3	-
Sólidos suspendidos totales	mg/l	200	-
Conductividad	mhos/cm	<1000	<1000
Nitrógeno orgánico	mg/l	<50	-
Nitrógeno amoniacal	mg/l	4	-

A partir de los resultados obtenidos por el Instituto de Geografía, de los muestreos efectuados, este instituto determinó la calidad del efluente del Consorcio Industrial Pesquero cuyos valores se presentan en el cuadro II.15 *Análisis del Muestreo en el Consorcio Industrial.*

**CAPITULO II**  
**RECOPIACION, ANALISIS Y ACTUALIZACION DE LA INFORMACION EXISTENTE**

**CUADRO II.15**  
**ANALISIS DEL MUESTRO EN EL CONSORCIO INDUSTRIAL**

ETAPA DEL PROCESO	GRUPO	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	N-NH3 (mg/L)	LAFQA pH	LAFQA Cond Elec micromhmo	Cond electrica micromhmo	N-org (mg/L)	Grasas y Aceite (mg/L)	Fosfatos (mg/L)	SS (mg/L)	SST (mg/L)
Descongelado No se tomo	1	1150	1290	32 0	6 6	5230	5430	156	25	0 09	0 0	420
	2											
Eviscerado	3	2496	5011	55 7	5 5	6883	7500	270	311	1 10	15 0	1150
	4	7214	10845	65 3	6 6	4405	5590	1175	359	0 39	36 0	1920
	promedio	4855	7928	60 5	6 0	5544	6545	722	335	0 74	25 5	1535
Cocido	5	13740	13990	57 7	5 9	7495	8500	1867	748	0 28	124 0	2500
	6	905	908	4 5	12 6	5404	15830	74	373	15 93	83 0	1867
	promedio	7323	7449	31 1	9 2	6449	12165	971	561	8 10	103 5	2183
Esperado No se tomo	7	1476	2435	14 7	5 8	2048	2150	358	130	0 15	0 5	350
	8											
M. de limpieza No se tomo	9	508	1278	4 5	11 3	2200	2090	79	186	0 47	6 0	1500
	10											
Enlatado	11	2490	3250	2 6	6 1	934	800	99	4028	0 46	3 5	1080
	12	6307	43400	3 8	7 0	808	1090	322	6635	7 77	20 0	4228
	promedio	4399	23325	3 2	6 5	871	945	211	5331	4 11	11 8	2654
Esterilizado No se tomo	13	20	23	1921 0	6 0	689	640	3	17	0 29	0 2	40
	14											
F H Lavado humo No se tomo	15	140	304	42 9	5 8	1550	1580	76	8	0 55	0 1	500
	16											
F H Lavado proc No se tomo	17	10500	11070	213 3	5 8	3593	4630	1373	3170	16 87	46 0	630
	18											
Descong 4 Oc No se tomo	19	468	1436	92 0	5 3	4035	4430	415	5	0 41	0 4	110
	20											
Corte 4 Oc No se tomo	21	2015	2017	71 8			3390	338	27	8 92	100 0	250
	22											
Limpieza 4 Oc Drenaje 4 Oc	23	3887	4348	157 0			9620	690	246	9 97	28 0	500
	24	2565	2734	96 1			4820	472	145	7 55	52 0	400
	25	2244	5172	173 0	6 2	3720	4	483	144	2 79	24 0	550
	26	1373	2112	73 7	6 6	3486	2640	395	86	0 39	81 0	300
	**	2061	3339	114 3	6 5	3304	2921	450	125	3 58	52 3	417
	**	617	1617	52 1	6 5	164	2310	48	34	3 64	28 5	126
Drenaje Pecososa	27	1686	5870	47 0	5 8	5080	5720	295	223	2 65	8 0	600
	28	2040	2488	17 3	6 7	1740	1980	201	212	11 44	2 0	900
	**	1601	3329	57 7	4 9	2647	3258	249	217	5 33	22 7	511
	**	250	2391	21 0	6 7	2362	2645	67	7 9	6 21	4 2	212
Drenaje de Pecososa y 4 Océanos	29	1745	4183	72 0	5 9	4315	4850	1290	247	2 97	8 0	487
	30	1458	3172	75 0	6	2760	2770	278	353	7 92	5 0	380
Drenaje de Pecososa y 4 Océanos	35	1848	2439	87 1	7 0	4090	4200	333	125	10 79	0 8	580
	**	1717	3265	78 0	3 3	3698	3873	634	242	7 23	4 6	476
	**	243	876	8 0	6 5	826	1108	569	114	3 96	3 6	100
Salida PTAR	31	1672	3973	127 0	6 2	4818	5400	259	339	0 18	54 0	1100
	32	2540	3014	82 6	5 5	4393	4670	996	332	16 43	39 0	1367
	33	1550	2789	109 5	7 5	3940	4050	211	966	8 71	60 0	290
	**	1937	3259	106 4	6 7	4384	4710	463	319	6 44	51 0	1239
	**	505	629	22 3	6 7	439	671	440	18 1	6 13	10 6	34
Caldera	34											
	promedio desviacion estandar	2784 2244	3516 7946	117 9 317 7	6 5 6 4	4373 3693	4207 3216	109 4 2	753 1564	3 09 5 01	30 2 33 9	547 94 5

**NOTAS**

1. La Condición DBO/DQO:  $\frac{DBO}{DQO} = \frac{100 - 100e^{-0.207(DBO)}(1 + 2.71e^{-0.054(DBO)})}{100 - 100e^{-0.207(DBO)}} - 1.054(DBO)$

2. El índice de contaminación por nitrógeno (N-NH3) se calcula como:  $N-NH3 = \frac{DQO - DBO}{100} \times 100$

3. El índice de contaminación por fosfatos (P) se calcula como:  $P = \frac{DQO - DBO}{100} \times 100$

4. El índice de contaminación por sólidos (SS) se calcula como:  $SS = \frac{DQO - DBO}{100} \times 100$

5. El índice de contaminación por materia orgánica (M.O.) se calcula como:  $M.O. = \frac{DQO - DBO}{100} \times 100$

**DIAGNOSTICO Y REHABILITACION PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO  
DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MANZANILLO, COLIMA, MEXICO**

---

De acuerdo con la información obtenida se menciona que la problemática existente en la planta de tratamiento de la ciudad de Manzanillo, Colima, México, por la descarga del Consorcio Industrial de Colima, se debe a que en la planta de tratamiento se generan cantidades muy grandes de grasas y aceites, cuando dicha industria incrementa su producción al máximo. Esto también ocasiona que se produzcan olores fuertes dentro de las unidades de la planta y en el efluente.

Tomando en cuenta la calidad y cantidad de agua de entrada a la planta y las características de calidad y cantidad del agua residual del Consorcio Industrial de Colima, S. A., se observa mediante un balance de masa que el incremento para la Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días ( $DBO_5$ ), la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y los Sólidos Suspendidos Totales (SST) es del 17%, 31% y 28% respectivamente. Con éste análisis se llega a la conclusión que estos contaminantes, que son las más importantes, pueden ser recibidos en la planta de tratamiento de la ciudad de Manzanillo, Colima, México. Sin embargo dada la cantidad de grasas y olores generados por esa industria, estos no pueden ser removidos con facilidad por el sistema.

Por otro lado, en los resultados de laboratorio de las muestras compuestas tomadas durante el programa de aforo y muestreo, no se detectaron concentraciones elevadas de contaminantes en el influente de la planta de tratamiento. Cabe mencionar que a pesar de que el programa de muestreo abarcó diferentes estaciones, sería difícil detectar concentraciones altas debido al universo que se tiene en comparación con los 5 días de aforo y muestreo realizado. Por éste motivo no se emite ninguna observación con respecto a cargas pico y sus efectos dentro de las unidades de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Sin embargo, los efectos que tiene esta industria en la red de alcantarillado deben ser examinado cuidadosamente debido a que el exceso de grasas pueden disminuir el diámetro de tuberías, y, a su vez, ésto provocaría diferentes problemas hidráulicos, como la disminución de velocidad en las tuberías. Este efecto ocasiona que la materia orgánica se sedimente y genere malos olores e incluso se produzca corrosión en el concreto por la formación de ácido sulfhídrico.

Debido a que éste problema afecta de alguna manera a la planta de tratamiento municipal, desde 1990, año en que entró en operación la planta de tratamiento de aguas residuales, se han llevado a

cabo varias reuniones técnicas con el fin establecer las medidas que permitan resolver el problema planteado. Sin embargo, hasta la fecha no se ha podido llegar a la solución del problema por diversas razones, aún cuando es evidente que existe buena voluntad por ambas partes. Tomando en cuenta lo anterior, se espera que a la brevedad se apliquen las medidas propuestas en los estudios realizados con lo que se espera se resuelva definitivamente la problemática mencionada.

La segunda descarga industrial es la que corresponde al rastro que se ubica en la zona de Santiago. De ésta industria no se cuenta con la información para realizar un análisis y de esta forma determinar los efectos que se tendrían en la planta de tratamiento. La falta de información se debe principalmente a que en la planta no se han tenido problemas por causa de ésta descarga. Hasta la fecha no se tiene caracterizaciones de estas aguas porque además no permiten el acceso a las instalaciones de dicha industria.

Por lo tanto, se recomienda realizar un estudio a ésta industria con el objetivo de verificar el proceso de sacrificio de animales y caracterizar en calidad y cantidad su efluente o caudal de salida. Lo anterior permitirá evaluar los efectos que ésta descarga provoca a la planta de tratamiento y al alcantarillado sanitario de la Ciudad de Manzanillo Colima, México

El resto de las industrias asentadas en Manzanillo, tales como fabricas de hielo, purificadoras de agua, talleres, etc., son de menor importancia y no tienen un impacto notable en el comportamiento y operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de Manzanillo Colima, Mexico

#### **II.4.1 UBICACION DE LAS INDUSTRIAS CONTAMINANTES**

El Consorcio Industrial Pesquero de Colima se localiza en el muelle pesquero de la ciudad de Manzanillo frente a la Laguna de San Pedrito. Este consorcio esta integrado por dos empresas: Pescado de Colima (PECOSA) y Cuatro Océanos. Como resultado de los procesos industriales se utiliza agua potable y se genera agua residual en un caudal medio del orden de 40 lps.

La segunda descarga industrial es la que corresponde al Rastro que se ubica en la zona de Santiago. De esta industria no se cuenta con la información para realizar un análisis y de esta forma determinar los efectos que se tendrían en la planta.

#### **II.4.2 CARACTERISTICAS DE LAS INDUSTRIAS**

Tomando en cuenta la calidad y cantidad de agua de entrada (influyente) a la planta de tratamiento y las características de calidad y cantidad del agua residual del Consorcio Industrial Pesquero de Colima, se observa mediante un balance de masa que el incremento para Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días ( $DBO_5$ ), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Sólidos Suspendedos Totales (SST) es del 17%, 31% y 28% respectivamente.

#### **II.4.3 PROBLEMATICA GENERADA POR LAS INDUSTRIAS**

Con el análisis anterior se llega a la conclusión de que estos contaminantes, que son los más importantes, pueden ser recibidos en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de Manzanillo, Colima, México. Sin embargo dada la cantidad de grasas y olores generados por esa industria, estos no pueden ser removidos con facilidad por el sistema.

## CAPITULO III

### DESCRIPCION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

En el año de 1985 se iniciaron los estudios para realizar la construcción de un sistema de tratamiento para procesar las aguas residuales generadas por la población de la Ciudad de Manzanillo Colima, México, en donde, de acuerdo al proyecto realizado, se seleccionó el proceso que incluye filtros rociadores con medio filtrante de piedra con recirculación, para efectuar el tratamiento de las aguas residuales.

#### III.1 LOCALIZACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

La planta de tratamiento se localiza dentro de la localidad de Santiago, al noroeste de la ciudad de Manzanillo, Colima, México; en la zona denominada Salahua, ocupando un terreno de forma rectangular que cubre una superficie de 8.17 hectareas, como se puede apreciar de manera gráfica en la figura *III.1 Localización de la planta de tratamiento* que se presenta más adelante.

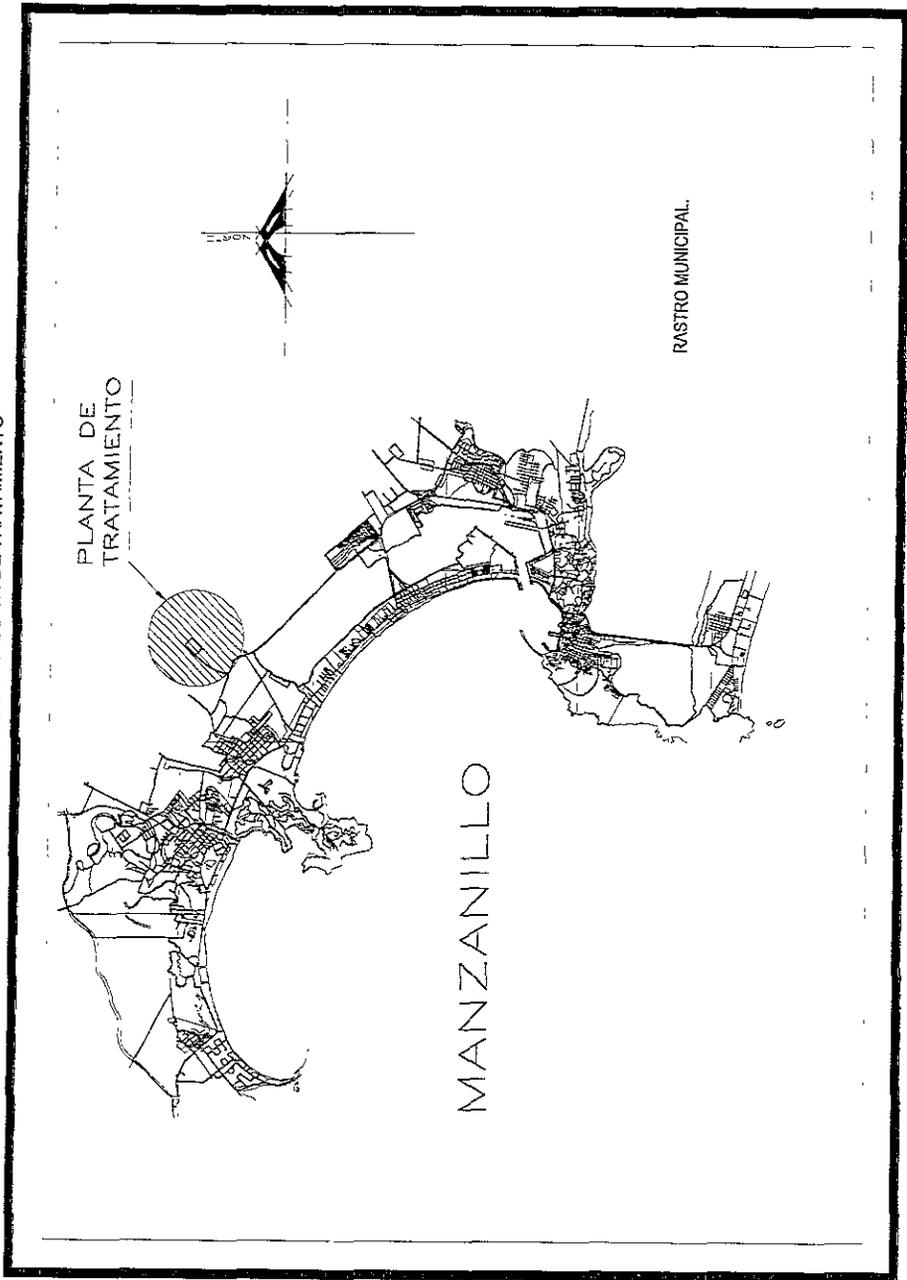
#### III.2 TIPO DE PLANTA DE TRATAMIENTO

La planta cuenta con un proceso de tratamiento biológico a base de filtros rociadores de alta tasa con medio filtrante de piedra, en dos pasos con recirculación y desinfección terminal empleando gas cloro.

El tratamiento de lodos se lleva a cabo en un espesador del tipo gravedad y se estabilizan con cal en dos tanques, de donde se retiran para su disposición final, que por no contar con una forma de disposición definida, para el organismo operador de la planta, Comisión de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado de Manzanillo (CAPDAM), representan diversos problemas para llevar a efecto ésta etapa del tratamiento.

Con este tipo de proceso en el tratamiento, se cuenta con un equipamiento apropiado y en buen estado, y una buena operación, por consiguiente se garantizan las eficiencias requeridas para el uso de agua en irrigación y/o vertido a cuerpos receptores

FIGURA III.1  
LOCALIZACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO



### **III.3 GASTOS DE DISEÑO Y MODULACION**

La planta de tratamiento de aguas residuales de la Ciudad de Manzanillo Colima, México, se diseñó para una capacidad total de 520 litros por segundo (lps). Dividida en dos etapas de construcción de 260 lps cada una; la primera etapa se divide a su vez en dos trenes (sistema de distribución de agua y lodo en las estructuras que componen el sistema de tratamiento) de 130 lps. Con la construcción de la primera etapa, se tiene una cobertura para dar el servicio a alrededor de a 72,600 habitantes. Si se toman en cuenta las condiciones en 1997 de suministro de agua potable y la generación de aguas residuales, estas representan aproximadamente el 76 % de la población.

### **III.4 UNIDADES QUE COMPONEN EL SISTEMA DE TRATAMIENTO**

El sistema de tratamiento de aguas residuales consta de varias unidades en las cuales se lleva a cabo una etapa determinada, cada unidad también hace las veces de un tanque con la función de mantener un volumen de diseño, dándole al agua el tiempo necesario para que ocurra el proceso correspondiente.

#### **III.4.1 LINEA DE DISTRIBUCION DE AGUAS RESIDUALES**

La planta de tratamiento de aguas residuales de la Ciudad de Manzanillo Colima, México, cuenta paralelamente con dos trenes de tratamiento; cada uno de los trenes consta de las siguientes unidades:

a ) Caja de llegada o de distribución

b ) Sedimentador primario

Equipos de concentración de lodos por medios mecánicos, a través de sistema de rastras

Número de unidades: 2

c ) Filtro rociador primario

d ) Circuito de recirculación y torre de carga 1

Bombas de recirculación

Número de unidades: 3

---

**DIAGNOSTICO Y REHABILITACION PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO  
DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MANZANILLO, COLIMA, MEXICO**

---

Potencia 25 HP (caballos de fuerza).

Gastos de Proyecto:

Gasto de recirculación: 650 lps

Gasto a filtros secundarios: 260 lps

e ) Filtro rociador secundario

Distribuidores rotatorios de 35, 30 y 25 cm de diámetro

Número de unidades: 2

f ) Cárcamo de recirculación y torre de carga 2

Bombas de recirculación

Numero de unidades 3

Potencia:

2 equipos de 25 HP

1 equipo de 60 HP

Gastos de Proyecto:

Gasto de recirculación : 455 lps

Gasto a sedimentadores secundarios : 260 lps

g ) Sedimentador secundario

Equipos de concentración de lodos por medio de sistemas mecánicos, a través de rastras.

Número de unidades: 2

Torre de carga 2

Compuertas de control

Número de unidades: 2

h) Medidor Parshall

Ancho de la garganta 0.457 m

Capacidad máxima 695 lps

Número de unidades: 1

i) Cloración

Clorador con capacidad máxima de 908 kg/día de operación semiautomática

Número de unidades: 1

**PARAMETROS DE DISEÑO DE LA LINEA DE DISTRIBUCION DE AGUA**

**a) Caja de llegada o distribuidora**

Tipo:	Tanque de Amortiguamiento y de distribución
Gasto o caudal de agua:	520 lps
Gasto / vertedor:	260 lps
Carga superficial para gasto medio:	24 a 48 m <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> x día
Tiempo de retención para gasto medio:	30 a 90 minutos
Tirante de agua:	2.10 a 2.50 m
Carga sobre el vertedor:	125 a 500 m <sup>3</sup> / m x día
Bordo libre	Mínimo 0.30 m

**b) Torre de Carga**

Tipo	flujo vertical y de control
Gasto:	260 lps + recirculación

**c) Cárcamo de Recirculación 1**

Tipo	Humedo
Gasto de proyecto	650 lps
Equipamiento:	No. de equipos 3

**d) Cárcamo de Recirculación 2**

Tipo	Humedo
Gasto	460 lps

**e) Filtro Rotador**

Tipo de filtro	Atalaya en dos etapas con recirculación
Medio filtrante	Fibra con tamaño de 0.45 mm

---

**DIAGNOSTICO Y REHABILITACION PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO  
DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MANZANILLO, COLIMA, MEXICO**

---

Fórmula empleada:	Eckenfelder
Número de etapas:	2 (dos)
Carga hidráulica:	15.84 m <sup>3</sup> x m <sup>2</sup> / día
Altura del medio filtrante:	2.25 m

**f) Sedimentador Secundario**

Carga superficial para gasto medio:	16 a 24 m <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> x día
Tiempo de retención para gasto medio:	2 a 3 horas
Tirante de agua:	2.10 a 2.50 m
Carga sobre el vertedor:	190 m <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> x día
Bordo libre:	Mínimo 30 cm

**III.42 LINEA DE CAPTACION DE LODOS**

a ) Cárcamo de bombeo de lodos secundarios.

Bomba tipo sumergible de 15 HP

Número de unidades: 1

b ) Espesador de lodos.

El equipo de concentración de lodos trabaja por medios mecánicos, a través del sistema de rastras, con una unidad motriz periférica y motoreductor con capacidad de ¾ de HP.

Número de unidades: 1

c ) Tanques de estabilización de lodos.

Motor eléctrico de 15 HP

Turbinas de mezclado mecánico de 15 HP montado en un puente fijo.

Número de unidades: 2

d) Tanques de suspensión de cal

Mezcladores mecánicos de 0.5 HP montado en puente fijo

Número de unidades: 2

e) Extracción de lodos y carga a camiones pipas  
Bomba tipo sumergible de 15 HP

### **PARAMETROS DE DISEÑO DE LA LINEA DE CAPTACION DE LODOS**

#### **a) Espesador**

Carga superficial:	0.163 - 0.366 m <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> día
Carga de sólidos:	2.4 - 4 kg / m <sup>2</sup> hr
Concentración	5 - 6 %

#### **b) Tanque de Estabilización**

Tipo:	Mecánica con adición de cal
Volumen:	49.4 m <sup>3</sup> /día

#### **c) Producción de lodos**

Lodos primarios:	150 kg / 1000 m <sup>3</sup>
Humus de filtro rociador:	70 kg / 1000 m <sup>3</sup>
Total:	220 kg / 1000m <sup>3</sup>
Sólidos volátiles	
Producción de lodos.	2,471 kg / día
Lodos primarios	65 %
Humus de filtro rociador	75 %

## **III.5 DESCRIPCION Y SECUENCIA DEL PROCESO DE TRATAMIENTO**

A continuación se describen cada uno de los diferentes procesos que se efectúan en el tratamiento de las aguas residuales en la Planta de Tratamiento de la Ciudad de Manzanillo, Colima, Mexico

### **III.5.1 RED DE DISTRIBUCION DE AGUAS RESIDUALES**

Las aguas negras generadas en la Ciudad de Manzanillo, Colima, Mexico, y la zona conurbada de San Mateo, son recolectadas por el sistema de alcantarillado y conducidas hasta las estaciones de bombeo y desde ahí se bombea en la planta de tratamiento. El flujo promedio de las

---

estaciones de bombeo 8 y 9 se recibe dentro de la planta, en una caja distribuidora diseñada para repartir el gasto a los dos módulos que contempla el proyecto de la planta de tratamiento, de los cuales, solamente está construido uno. (primer etapa).

En la caja de llegada o distribuidora se reciben también las extracciones de lodos secundarios provenientes de los sedimentadores secundarios, los cuales son bombeados a través de una tubería de 6" (150 mm) de diámetro.

De la caja distribuidora, el agua fluye por gravedad a los sedimentadores primarios, que son de tipo rectangular, de flujo horizontal con recolección y concentración de lodos por medios mecánicos y extracción por carga hidráulica. Cada sedimentador cuenta con cuatro tolvas de donde por medio de válvulas y tuberías se extraen los lodos combinados y se conducen al espesador de lodos.

El agua de los sedimentadores primarios se recolecta a través de canaletas y posteriormente escurre por gravedad a través de una tubería hasta la torre de carga 1, que alimenta los filtros rociadores primarios.

Es práctica común enviar los lodos secundarios nuevamente al inicio del sistema, sobre todo cuando el proceso de tratamiento se realiza por medio de filtros rociadores, en donde los lodos secundarios tienen prácticamente las mismas características que los lodos primarios y más aún, cuando se pretende estabilizar los lodos combinados por medio de digestores aerobios.

Esta consideración es aceptable debido a que, la extracción de lodos que alimentan al espesador sólo se realiza de los sedimentadores primarios, lo que facilita la operación del sistema.

El agua de los sedimentadores primarios se recolecta a través de canaletas y posteriormente escurre por gravedad a través de una tubería hasta la torre de carga 1, que alimenta los filtros rociadores primarios, cada uno diseñado para un gasto medio de 130 litros por segundo (lps).

Los filtros rociadores son de alta tasa, con medio filtrante de roca, operando en dos etapas, con recirculación y equipados con distribuidores rotatorios de reacción hidráulica.

El efluente de los filtros primarios es captado por un canal principal de recolección situado en la losa de fondo y es conducido al cárcamo de recirculación 1, que permite, por una parte, alimentar por gravedad a la torre de carga 2, y por la otra, efectuar el bombeo de recirculación del efluente de los filtros primarios.

A partir de la torre de carga 2, se alimentan los filtros rociadores secundarios. El efluente de los filtros secundarios es captado por canales de recolección que descargan al cárcamo de recirculación 2, desde donde se recircula el agua hacia la torre de carga 2, y el gasto excedente es conducido por gravedad hacia los sedimentadores secundarios.

Los sedimentadores secundarios son de configuración y operación similar a los primarios, y los lodos secundarios, son extraídos y enviados al cárcamo de lodos o de humus desde donde, en conjunto con el sobrenadante del espesador, se bombean a la caja distribuidora, al inicio de la línea de agua

Después del sedimentador secundario, el agua se conduce por gravedad al canal aforador o medidor tipo Parshall, donde se inyecta la solución de cloro, y posteriormente, es conducida para su disposición final, por medio de canales naturales revestidos para su uso en irrigación, y los excedentes se descargan a la laguna de las Garzas.

La aplicación de la solución de cloro para desinfectar el agua tratada se efectúa a través de un difusor instalado en la garganta del medidor Parshall. Se cuenta con un equipo de dosificación de cloro, de la marca Wallace & Tiernan, para 908 kg/día de capacidad y las dosis empleadas son de 75 a 100 kg/día.

### III.5.2 RED DE CAPTACION DE LODOS

En la mayoría de los procesos primarios, así como secundarios, se producen lodos de los que hay que deshacerse en forma adecuada. Los lodos que resultan solamente de la separación sólido-líquido (decantación, flotación) se conocen como lodos primarios, y los provenientes de procesos biológicos, se designan lodos secundarios, los primarios consisten en partículas sólidas básicamente de naturaleza orgánica, los secundarios son básicamente biomasa en exceso producida en los procesos biológicos.

---

Obviamente los lodos no deben evacuarse sin un tratamiento adecuado previo, ya que estarían en contradicción con los objetivos de los procesos de tratamiento considerados.

Una posibilidad en la secuencia de procesos considerados, es la reducción de las cantidades de los compuestos orgánicos y volátiles contenidos, sometiendo los lodos a una digestión. El lodo resultante de la digestión, con un contenido considerablemente menor de materia orgánica, se considera como lodo estabilizado. Los objetivos principales de la estabilización son: 1) Reducción o eliminación de olores molestos; 2) Reducción del volumen del líquido o peso de sólidos a tratar en operaciones sucesivas; 3) Reducción de los organismos patógenos en los lodos.

Otro planteamiento en el tratamiento de lodos consiste en aumentar el contenido de sólidos, antes de su evacuación final, por medio de una serie de procesos que se incluyen en el grupo de procesos de espesamiento y desecado.

La forma como ha venido operando la planta de tratamiento, en lo referente a la línea de lodos, se describe a continuación: El proceso de lodos inicia, propiamente, en los sedimentadores primarios, en los cuales, los lodos primarios y secundarios recirculados son sedimentados, recolectados en tolvas mediante un sistema de rastras, y extraídos a través de tuberías y válvulas para ser conducidos hacia el espesador.

Los lodos combinados (primarios y secundarios sedimentables), son extraídos del sedimentador primario por carga hidráulica y enviados al espesador de lodos, en donde se concentran y reducen su volumen. Una vez espesados, se conducen por gravedad a los tanques de estabilización, en donde se les adiciona cal para elevar el pH de los lodos a un valor de 12 durante 30 minutos. La aplicación de cal se realiza en forma seca, debido a que el sistema de dosificación de cal en solución se encuentra fuera de servicio.

Estos lodos son vertidos al drenaje pluvial que descarga a unas lagunas de secado, localizadas en la parte baja del predio de la planta. Es importante aclarar que no se tiene definida la forma en como se hará la disposición de lodos, esto representa un problema muy serio para su eliminación.

La extracción de lodos primarios se realiza dos veces al día, descargando las tolvas una por una. Cada tanque sedimentador cuenta con cuatro válvulas que se abren, una a la vez, y se deja escurrir el flujo hasta que por inspección se observa que la concentración de lodo ha disminuido radicalmente. Entonces se cierra la válvula y se procede a abrir la segunda, realizando las mismas actividades. El procedimiento continúa de esta manera, hasta completar las ocho válvulas de los dos sedimentadores, con una duración de alrededor de una hora y media.

Los lodos secundarios se extraen en la misma forma que los primarios, pero, el efluente de los sedimentadores secundarios, es conducido por gravedad hasta el cárcamo de lodos o de humus, desde donde se bombean, en conjunto con el agua excedente del espesador y del efluente del drenaje de los servicios de la planta, hacia la caja de distribución que alimenta a los sedimentadores primarios.

Los lodos primarios son enviados, como ya se mencionó, al espesador, en donde son concentrados para, posteriormente, ser conducidos a dos tanques de estabilización donde se les aplica una lechada de cal. Los lodos una vez que se les aplica la cal, tienen que ser extraídos mediante bombas sumergibles, debido a que los tanques de estabilización están enterrados y no cuentan con un sistema de drenado, ya que no existe ninguna estructura posterior. Una vez extraídos los lodos, son cargados en camiones pipa o bien se descargan a una laguna de secado, o al drenaje pluvial, para ser conducidos, a través de éste, hasta la parte baja del predio de la planta en donde se localizan dos lagunas más, y ahí se dejan secar.

### III.5.3 EDIFICACIONES Y OBRAS COMPLEMENTARIAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

La planta de tratamiento cuenta con una serie de servicios y obras de urbanización tales como:

#### EDIFICACIONES

Edificio de control  
Edificio de operación  
Edificio de cloración  
Almacén de cal  
Casetta de vigilancia

#### OBRAS DE URBANIZACION

Vialidades y banquetas  
Jardinera y ornato  
Alumbrado exterior  
Limitación perimetral

**DIAGNOSTICO Y REHABILITACION PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO  
DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MANZANILLO, COLIMA, MEXICO**

En el plano 3 *Levantamiento Físico de la Planta de Tratamiento*, se presenta un arreglo de conjunto en el que se incluyen coordenadas, datos técnicos de la planta de tratamiento y características generales de ésta.

**1.5.3.1 CALIDAD DE LAS AGUAS CRUDAS O SIN TRATAMIENTO**

La calidad de las aguas con la que se diseñó la planta de tratamiento de la Ciudad de Manzanillo, Colima, México, corresponde al tipo doméstico de concentración media. A continuación se presenta el Cuadro III.1 *Parámetros de la calidad del agua*; que muestra los parámetros considerados durante el proyecto de la planta de tratamiento de aguas residuales.

**CUADRO III.1  
PARAMETROS DE LA CALIDAD DEL AGUA**

PARAMETRO	VALOR PROMEDIO	
Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO <sub>5</sub> )	240	mg / l
Sólidos Suspendidos Totales	250	mg / l
Sólidos Suspendidos Volátiles	180	mg / l
Temperatura	220	°C

**1.5.3.2 CONDICIONES PARTICULARES DE DESCARGA**

La calidad de las aguas tratadas, consideradas en el diseño original, indica que éstas podrán disponerse en un canal de riego con eventuales descargas a la Laguna de las Garzas, y posteriormente al mar sin originar problemas de contaminación. Los parámetros considerados en el diseño original son las mostradas en el Cuadro III.2 *Parámetros de la calidad del agua*.

**CUADRO III.2  
PARAMETROS DE LA CALIDAD DEL AGUA**

PARAMETRO	VALOR PROMEDIO	
Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO <sub>5</sub> )	Menos de 20	Mg / l
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	Menos de 30	Mg / l
Oxígeno disuelto	Mínimo 2	Mg / l
Coliformes fecales	Menos de 2.2	Coliformes / 100 ml

Sin embargo, las condiciones particulares de descarga dictadas por la Comisión Nacional de Agua (CNA), presentan un número más completo de parámetros tal como se muestran en el Cuadro III.3 *Condiciones Particulares de Descarga para la Planta de Tratamiento, Salahua.*

**CUADRO III.3  
CONDICIONES PARTICULARES DE DESCARGA  
PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO, SALAHUA**

PARAMETROS	CONCENTRACION	CONCENTRACION	CARGA	UNIDADES
	PROMEDIO	MAXIMA INSTANTANEA		
DBO	30	45	318	mg/l
DBO SOLUBLE	20	25	--	mg/l
DQO	100	140	1061	mg/l
SST	30	40	318	mg/l
pH	--	NO SERA MENOR DE 6.5 NI MAYOR DE 8.5	--	--
TEMPERATURA	--	32	--	°C
SOLIDOS SEDIMENTABLES	1	1.2	--	ml/l
GRASAS Y ACEITES	10	15	106	mg/l
MATERIA FLOTANTE	--	AUSENTE	--	mm
NITROGENO AMONIACAL	10	15	--	ml/l
NITROGENO TOTAL KJELDAHL	20	25	212	mg/l
FOSFORO INORGANICO	6	8	--	mg/l
SAAM	5	8	--	mg/l
ARSENICO	0.5	0.75	--	mg/l
BARIO	10	15	--	mg/l
CADMIO	0.1	0.15	--	mg/l
CROMO HEXVALENTE	0.5	0.75	--	mg/l
CROMO TOTAL	1.5	1.5	--	mg/l
MERCURIO	0.01	0.015	--	mg/l
NIQUEL	0.1	0.15	--	mg/l
PLOMO	0.5	0.75	--	mg/l
COLIFORMES TOTALES	--	1000	--	NMP/100 ml
COLIFORMES FECALES	--	200	--	NMP/100 ml
HUEVOS HELMINTO	--	2	--	org/l

### II.5.3.3 CALIDAD DEL AGUA TRATADA

Como se puede observar en el Cuadro III.4 *Características de calidad que presenta el efluente de la planta de tratamiento para los parámetros más importantes*, el caudal de agua de salida o efluente de la planta de tratamiento, no cumple actualmente con las condiciones particulares de descarga, por lo que se requiere realizar importantes obras de rehabilitación con el fin de cumplir, en plazo

de tiempo, con las condiciones de

CUADRO III.4

CARACTERISTICAS DE CALIDAD QUE PRESENTA EL EFLUENTE  
DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LOS PARAMETROS MAS IMPORTANTES

PARAMETRO	CONCENTRACION PROMEDIO	
Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO <sub>5</sub> )	60	mg / l
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	50	mg / l
Oxígeno disuelto	0 ( cero )	mg / l
Coliformes fecales	1x10 <sup>6</sup>	Coliformes / 100 ml

Para evaluar las eficiencias entre estructuras se recomienda realizar los muestreos en el influente y efluente de cada unidad, tomando en cuenta el tiempo de retraso del agua al pasar por la unidad.

Los parámetros de calidad del efluente de la planta de tratamiento que se tienen son:

Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO <sub>5</sub> )	60 mg / l
Sólidos Suspendidos Totales SST	50 mg / l
Oxígeno disuelto	0 ( cero ) mg / l
Coliformes fecales	1 x 10 <sup>6</sup> Colif. / 100 ml

De acuerdo con el proyecto original, la planta podría producir un efluente con calidad suficiente para usarla en riego e incluso disponer en la laguna de Las Garzas. Debido a la problemática generada en la planta de tratamiento, ésta no ha producido tal efluente, lo que ha ocasionado que el organismo operador tenga conflictos con las instituciones que norman las descargas de aguas residuales.

Por lo anterior y con el propósito de garantizar las eficiencias requeridas en las unidades de tratamiento, en la presente tesis se realizará una evaluación de las condiciones, así como la forma de operación de la planta, para obtener una calidad del agua tratada que deberá tener características cualitativas aceptables, es decir, clara, estable y sin olor; además de cumplir con los parámetros establecidos en las condiciones particulares de descarga.

## CAPITULO IV

# IMPACTO AMBIENTAL



## CAPITULO IV

### IMPACTO AMBIENTAL

#### IV.1 NORMATIVIDAD

Toda actividad necesita ser regulada para un seguimiento adecuado de la misma, mediante leyes y/o reglamentos que tengan una aplicación práctica dentro de cualquier área en que se desarrolle. Es por esto, y debido al factor humano, que se hace necesaria la aplicación de leyes que se encarguen de determinar los requisitos mínimos indispensables que debe cumplir un proyecto u obra de Ingeniería, como es el caso del área que desarrolla esta tesis, Ingeniería Sanitaria.

##### IV.1.1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES

Debido a que la normatividad puede ser un campo extenso, es importante mencionar que el desarrollo del presente trabajo, en este subcapítulo, será enfocado de acuerdo a la normatividad vigente aplicable a la disposición de aguas residuales

A continuación, se menciona la normatividad de mayor importancia vigente con relación a la disposición de aguas residuales en México

##### IV.1.2 NORMATIVIDAD ACTUAL PARA LA DISPOSICION DE AGUAS RESIDUALES

En México, el Código Sanitario de los Estados Unidos Mexicanos del año de 1955, ya contemplaba el problema de la contaminación de las aguas, e indicaba acciones para proteger la salud de los habitantes de nuestro país

Posteriormente, la Secretaría de Salubridad y Asistencia, logro en 1972 que se promulgara la Ley Federal para prevenir y controlar la contaminación, basado en esta Ley se expidió el Reglamento para prevenir y controlar la contaminación de las aguas, el que sigue vigente, con algunas modificaciones como parte de la actual Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección del

ambiente, que junto con la Ley de Aguas Nacionales, son las que actualmente rigen la política ambiental.

En nuestro país, la normatividad tiene su mayor jerarquía, en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, que en sus artículos 4<sup>º</sup> (*Protección de la salud*); 27 (*Propiedad, cuidado y conservación de las aguas y recursos nacionales*); y 73, fracción XVI (*Consejo de Salubridad General*) norma la política ambiental a seguir para proteger la salud y el ambiente; además, en su Artículo 115, da la responsabilidad a los Municipios del manejo de las aguas residuales en las poblaciones, ya que según los juristas, las aguas que maneja el Municipio (agua potable en los sistemas y las aguas residuales en el alcantarillado) son las únicas que no son de jurisdicción Federal.

De los anteriores Artículos de la Constitución, se deriva la Ley Federal de Aguas Nacionales, por ser propiedad de la nación, y las Leyes Generales en lo que respecta a la salud y al ambiente, donde además de la federación, participan los Estados y los Municipios.

De las leyes se derivan los reglamentos, así tenemos el Reglamento de las Aguas Nacionales; el Reglamento para Prevenir y Controlar la Contaminación de las Aguas donde se establecen las características de los cuerpos de agua, y el Reglamento de la Ley General de Salud en relación a productos, establecimientos y servicios.

De los reglamentos se derivan las Normas Oficiales Mexicanas, que proporcionan especificaciones de carácter particular y concisas. En el tema del tratamiento de las aguas residuales, son las que establecen las características que deben reunir las descargas a los cuerpos receptores, y otras que especifican las características físicas, químicas y bacteriológicas que debe cumplir el agua para ser considerada como potable.

En el cuadro *IV.1 Jerarquía de la Normatividad Aplicable a las Aguas Residuales*, se muestra la normatividad vigente de mayor importancia aplicable a la disposición de aguas residuales en México.

**CUADRO IV.1**

**JERARQUIA DE LA NORMATIVIDAD FEDERAL MEXICANA  
APLICABLE A LAS AGUAS RESIDUALES**

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos	- Artículo 4º Protección de la salud	
	- Artículo 27 Aguas Propiedad Nacional	
	- Artículo 73 Consejo de salubridad	
	- Artículo 115 Municipios	
Leyes:	Federales	Aguas Nacionales Artículos 85 al 96
		Ley de Derechos en Materia de Agua
		Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente Artículos 117 al 133
	Generales	Salud Artículos 116,118 y 122
Reglamentos		Aguas Nacionales Artículos 133 al 156
		Prevención y control de la contaminación del agua Artículos 5 al 29
		Establecimientos y Servicios Artículos 1335 al 1346
		Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Impacto Ambiental.
- Criterios		
- Normas Oficiales Mexicanas (NOM)	- Calidad del agua	Artículos 1, 2 y 3
	- Descargas, muestreo agua potable	Artículos 4 y 5
- Normas Mexicanas (NMX)		

**IV.1.2.1 LEYES REFERENTES A LA DISPOSICION DE AGUAS RESIDUALES**

A continuación se presentan las diferentes leyes que regulan la disposición de aguas residuales. De éstas se mencionan sólo la parte correspondiente a aguas residuales.

**LEY DE AGUAS NACIONALES**

1º de diciembre de 1992

Título séptimo Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas

Capítulo único

**LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y PROTECCION AL AMBIENTE**

28 de enero de 1988

Título quinto Protección al Ambiente

Capítulo III Prevención y control de la contaminación del agua y en los ecosistemas acuáticos

## **LEY GENERAL DE SALUD**

7 febrero, 1984

Título séptimo: Promoción de la Salud

Capítulo IV: Efectos del Ambiente en la Salud.

### **IV.1.2.2 REGLAMENTOS REFERENTES A LA DISPOSICION DE AGUAS RESIDUALES**

Estos reglamentos se mencionan en el cuadro *IV.1 Jerarquía de la normatividad aplicable a las aguas residuales*, y no se transcriben debido a lo extenso de su desarrollo.

### **IV.1.2.3 NORMAS OFICIALES MEXICANAS (NOM), REFERENTES A LA DISPOSICION DE AGUAS RESIDUALES**

La Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, expide la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes Nacionales.

Presentan el siguiente contenido:

- |                        |   |
|------------------------|---|
| 1) Objetivo            | 7) Método de prueba                         |
| 2) Campo de aplicación | 8) Vigilancia                               |
| 3) Referencias         | 9) Sanciones                                |
| 4) Definiciones        | 10) Bibliografía                            |
| 5) Especificaciones    | 11) Concordancia con normas internacionales |
| 6) Muestreo            |   |

## **IV.2 IMPACTO AMBIENTAL OCASIONADO POR EL EFLUENTE EN CUERPOS RECEPTORES**

El efluente de la planta de tratamiento descarga a un canal que desemboca en la laguna de "Las Garzas". Parte del efluente es tomado del canal para riego agrícola y el resto del efluente es descargado en la laguna.

El Impacto Ambiental ocasionado por el efluente, queda fuera del alcance de este trabajo de tesis. Ya que además de no contar con los elementos suficientes para su desarrollo, el tema es tan extenso que bien podría ser motivo de otro trabajo de tesis. Por lo cual, sólo se describirán los

aspectos a considerar en el empleo de estuarios y lagunas como cuerpos receptores, tal es el caso de la laguna de "Las Garzas".

#### **IV.2.1 CARACTERISTICAS FISICAS Y FUNCIONALES DE LAS LAGUNAS COSTERAS Y ESTUARIOS**

Las lagunas costeras y los estuarios son depósitos de agua naturales semicerrados, en conexión con el mar y protegidos por algún tipo de barrera. Su forma de almacenamiento de naturaleza semicerrada, es importante, ya que los efectos oceánicos son minimizados permitiendo el desarrollo de un medio ambiente con características únicas.

##### ***CARACTERISTICAS FISICAS***

A fin de considerar la naturaleza de los ecosistemas lagunares y estuarios, es necesario describir las características físicas que los hacen posibles: existe un aporte de agua dulce que transporta materiales disueltos y suspendidos; éstos son el mayor subsidio de energía para el sistema, así la mayor fuente de nutrientes y sedimentos proviene de los ríos

Estos depósitos son afectados por las mareas, las cuales son otra fuente de energía, ejerciendo una profunda influencia sobre la circulación estuarina a través de la mezcla turbulenta que producen, siendo de gran importancia en las interacciones físicas, químicas y biológicas. La mayoría de estos ecosistemas son someros, por lo que el fondo de ellos es afectado de manera determinante por la turbulencia superficial

Los patrones de la circulación, de las aguas dulce y salada, son por lo general complejos y fuertemente afectados por la acción de los vientos el aporte de ríos y mareas, como por la topografía, el tipo del suelo, y la cantidad y el tipo de vegetación predominante en el lugar. Hay presencia de marcados gradientes de salinidad, tanto horizontales como verticales, debido a la mezcla de las aguas dulces, con aquellas aportadas por el océano. Se les considera áreas de cambios geomorfológicos relativamente rápidos, lo cual es el resultado de la acción del movimiento de los sedimentos por procesos físicos.

### **PROCESOS QUIMICOS**

Los procesos químicos resultan por lo general de una serie de interacciones marinas y continentales en cuencas relativamente cerradas, en donde la materia orgánica particulada y la disuelta, así como los reservorios sedimentarios existen en gran proximidad.

El conocimiento de los procesos químicos que actúan en los sistemas costeros está enfocado principalmente al estudio de sustancias de gran importancia biológica como son los nutrientes, micro nutrientes, ciertos contaminantes y muy poco o casi nada se conoce acerca de los procesos geoquímicos que gobiernan a este tipo de ecosistemas.

### **APORTE DE NUTRIENTES**

El aporte de materia disuelta y particulada en los sistemas costeros depende directamente del reservorio externo y de la disponibilidad de un mecanismo de transporte que asegure su presencia en los estuarios o lagunas. Es razonable el suponer que los más importantes recursos de material disuelto y particulado (carbono orgánico, nitrógeno y fósforo) y algunos elementos traza, provienen de reservorios continentales, siendo movilizados por acción del intemperismo, procesos biológicos y actividades humanas como la agricultura, la industria y las actividades domésticas, y transportados por escurrimiento.

En el caso de las lagunas que posean un aporte por ríos, son éstos la fuente primordial de materia orgánica. En muchas lagunas, una parte importante del escurrimiento resulta de la precipitación pluvial. Otra fuente de incremento de materiales orgánicos en los sistemas costeros es a partir de desechos domésticos, industriales y agrícolas. La introducción de contaminantes tóxicos es el resultado de la intensa actividad humana. Debido a su constante flujo, combinado con el reciclamiento biológico, los materiales tóxicos pueden permanecer por largos períodos en los sistemas lagunares.

## **IV.2.2 LA CONTAMINACION EN ESTUARIOS Y LAGUNAS COSTERAS**

La contaminación del medio ambiente marino se ha reflejado de una manera definitiva en las áreas costeras y estuarinas; así, muchos estuarios de ríos en naciones desarrolladas han perdido las formas biológicas que habitaban estas áreas, y en algunos casos las condiciones químicas han cambiado drásticamente, de oxidantes a reductores, durante las pasadas décadas. Muchos de

estos cambios se han relacionado directamente con las descargas residuales hacia las aguas costeras o los estuarios.

La contaminación marina se define como: la introducción directa o indirecta, de sustancias o energéticos en el medio marino (incluyendo los estuarios), la cual acaba por dañar los recursos vivos, poner en peligro la salud humana, alterar las actividades marinas, entre ellas la pesca, y reducir el valor recreativo y la calidad del agua del mar.

Las zonas con importantes centros de asentamientos humanos, de desarrollo industrial, recreativo y portuario son también receptoras de aguas residuales provenientes de diversas actividades humanas, y son sujetas, quizás, a los más graves impactos de la contaminación ambiental.

Los contaminantes presentes en el medio marino pueden ser divididos en dos categorías: naturales y artificiales. Los primeros son productos de procesos naturales; en ésta categoría están los componentes no refinados del petróleo, metales pesados como el mercurio, el plomo y el cadmio y, sustancias nutrientes derivadas del nitrógeno y fósforo. Debido a la influencia del hombre, el flujo de estos compuestos en el medio ambiente se ha acelerado y los estudios de su comportamiento son complicados por la necesidad de distinguir entre las concentraciones naturales y las cantidades introducidas como resultado de las actividades humanas, las cuales pueden fluctuar muy significativamente de tiempo en tiempo y de lugar en lugar.

Los contaminantes artificiales son aquellos que no se presentan naturalmente, sino que han sido sintetizados por el hombre, como son ciertos productos refinados del petróleo, hidrocarburos halogenados y los bifenilos policlorinados (PCB), plásticos, detergentes y elementos radiactivos. Ya que normalmente no existen concentraciones naturales de ellos, la sola presencia de estas sustancias en los estuarios y zonas costeras nos indica contaminación. Este amplio grupo de contaminantes, es por lo general, más persistente y quizá más peligroso que aquellos de tipo natural debido a que los ecosistemas no son capaces de utilizarlos, degradarlos o reciclarlos.

Los problemas de contaminación causados por esos tipos de desecho han sido investigados por varios autores. En el caso de receptores de aguas costeras, véase el caso de las ciudades costeras.

---

estuarios, en donde es necesario tener un conocimiento adecuado del tiempo de residencia de los contaminantes en las comunidades biológicas, en la columna de agua y en los sedimentos. Asimismo, es necesario entender los efectos que los contaminantes tengan o puedan tener sobre las condiciones físicas y biológicas de cada laguna costera en específico. Las principales reacciones que se presentan en las lagunas costeras, cuando son introducidos los contaminantes en ellas, son gobernadas principalmente por los constituyentes mismos del contaminante, de tal manera que si se conoce la composición, del o los contaminantes, pueden predecirse en cierto modo los efectos que tendrán sobre las comunidades y el medio ambiente.

A continuación se presentan las principales consecuencias de la alteración de los sistemas lagunares y estuarinos: Los mecanismos que permiten a los estuarios ser trampas eficientes de nutrientes, también contribuyen como trampas de contaminantes.

La destrucción de las áreas productoras de detritos en un estuario, como los pastos de pantano y pastos marinos, reducen drásticamente la productividad del estuario y limitan directamente su potencial para producir especies de importancia comercial.

Muchos organismos estuarinos viven cerca del límite de sus rangos de tolerancia y pueden ser extinguidos por cualquier presión ecológica adicional, como las causadas por la introducción de contaminantes o el decremento en la concentración de oxígeno resultante de operaciones de dragado.

La estabilización de los sedimentos es importante en un estuario para el ciclo normal de nutrientes, para prevenir el exceso de turbidez en la columna de agua y como áreas de crecimiento extensivo de plantas.

En los estuarios normalmente existe un estado natural de eutroficación, por lo cual son vulnerables a cualquier proceso que resulte en un decremento de la concentración de oxígeno.

La zona más productiva, y de mayor valor en muchos estuarios, es la región de intermarea, la cual parece ser la más afectada por la construcción de puertos y por la acción de dragado o de relleno.

El flujo de agua dulce es necesario para que los estuarios funcionen normalmente, así, la región de baja salinidad de un estuario es importante para la protección de formas juveniles de peces, de invertebrados, y especialmente ostiones.

La construcción de presas, diques, o el desvío de los cauces naturales, llegan a eliminar este aporte con lo cual desaparecen muchas especies.

Los tipos y fuentes de contaminación en zonas estuarino-lagunares pueden ser :

**Agentes Infecciosos:** son desechos domésticos y municipales que pueden contaminar el agua con microorganismos infecciosos.

- **Nutrientes:** son compuestos de fósforo y nitrógeno, cuyo exceso en lagunas costeras y estuarios puede producir fenómenos de eutroficación
- **Compuestos Orgánicos:** son compuestos sintéticos como pesticidas, detergentes y herbicidas e hidrocarburos fósiles y derivados de la industria petroquímica, además de otros compuestos orgánicos, biodegradables o no.

**Sedimentos:** ingresan a las lagunas costeras y estuarios desde diversas fuentes, como tierras de cultivo, bosques deforestados, operaciones mineras y tierras erosionadas. Su depósito en los estuarios y lagunas costeras está determinado por el lavado de tierras por lluvia, por tormentas e irrigación de tierras de cultivo.

**Compuestos y elementos inorgánicos:** Proviene de aguas de desecho municipal e industrial, doméstico y minero. Decece la calidad del agua y tienden a acumularse a través de la cadena alimenticia.

**Material Radiactivo** proviene principalmente de la detonación de armas nucleares y plantas núcleo-eléctricas establecidas en lagunas costeras y estuarios. Son compuestos letales a elevadas concentraciones.; a bajas concentraciones, en corto tiempo son mutagenicos

**Temperatura** Los cambios de temperatura provocados, producen graves danos a los organismos, si son mayores que la tolerancia de estos, a las variaciones de temperatura en el medio ambiente. Los cambios de temperatura son nocivos y alteran las características fisicoquímicas del sistema

Las principales fuentes de contaminación en lagunas costeras y estuarios son:

**a) Desechos domésticos y municipales**

Se originan principalmente en drenajes de casas y comercios. En general están constituidos por impurezas diluidas (cerca del 0.1% de la masa total). El material orgánico es oxidado a ( $\text{NO}_3$ ), ( $\text{PO}_4$ ), bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Como resultado de la liberación de estos compuestos puede producirse una contaminación secundaria o eutroficación.

**b) Desechos industriales**

Las aguas de desecho de las industrias son relativamente fáciles de tratar, sin embargo, por cuestiones económicas y políticas, rara vez lo hacen.

Las industrias contaminadoras entre otras son : La textil, introduce aguas de lavado de las fibras y compuestos químicos utilizados en el proceso de fabricación. En general, son compuestos inorgánicos y orgánicos con alta Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y aguas muy alcalinas.

Las industrias procesadoras de alimentos, vierten en sus aguas de desecho, grandes cantidades de productos químicos orgánicos con elevada DBO que disminuyen el oxígeno disuelto en las aguas receptoras. Con estos desperdicios, se incrementan la actividad bacteriana, que por procesos anaeróbicos, puede cambiar las condiciones de oxidantes a reductoras.

La industria del papel contribuye con una mezcla de sustancias químicas, orgánicas e inorgánicas, utilizadas en la digestión de la madera, fibras de celulosa y lignina disuelta, preservativos del papel y la madera (pentaclorofenol, pentaclorofenolato de sodio, metil mercaptano, etcétera) altamente tóxicos.

Las industrias metálicas vierten gran variedad de desperdicios, cuya composición y concentración está en función del proceso industrial. De éstas, sus aguas de desperdicio son ácidas, contienen sustancias deletéreas como fenol, minerales y finas sustancias suspendidas. También liberan al ambiente costero diversas concentraciones de metales traza como cromo, mercurio, níquel y plomo: produciendo una serie de efectos de los que hasta ahora sólo se conocen algunos casos aislados como el Minamata, Japón. Existen reportes de altas concentraciones de metales tóxicos en ciertos peces y organismos de importancia comercial.

Las industrias químicas, en general, liberan ácidos y otros compuestos químicos provenientes de los procesos de manufactura: fibras sintéticas, bases, sales, hidrocarburos organoclorados, etc.

### **c) Desechos agrícolas**

Contienen parte de los pesticidas que han sido esparcidos sobre los campos de cultivo, fertilizantes y desechos animales, que son llevados al estuario o laguna costera, en períodos de lluvia, de irrigación o por el sistema de vientos. Los fertilizantes inorgánicos, también en períodos de lluvias o por escurrimientos, son arrastrados hacia las aguas costeras produciendo sobre-fertilización y un excesivo crecimiento de plantas (eutroficación), que al morir se descomponen, y por oxidación bacteriana elevan la DBO y disminuyen la concentración de oxígeno del agua.

La gran deforestación de suelos para usos agrícolas, propicia su erosión, acarreado partículas de sedimento que llevan pesticidas adsorbidos, donde la mayoría no son biodegradables. Los sedimentos reducen las transparencias del agua y limitan la fotosíntesis, bloquean las branquias de peces y cubren a los organismos bentónicos produciéndoles sofocación y muerte

### **d) Desperdicios sólidos**

En términos generales son:

- 1) Basura Desperdicios degradables de ingredientes naturales y procesados que son vertidos en los drenajes municipales y domésticos.
- 2) Desperdicios no degradables: Pueden ser combustibles o no Los combustibles son desperdicios de jardinería, ropa y papel, los no combustibles son desperdicios de la construcción, productos químicos, metales y vidrios
- 3) Lodos Son producto de los procesos de tratamiento de aguas negras, que eventualmente alcanzan la zona costera

Los desperdicios sólidos combustibles son liberados en tres formas incinerándolos, utilizándolos para rellenos de tierra o, por deposición, en aguas marinas, la incineración produce contaminación del aire, y por el sistema de vientos, del agua, el relleno de tierras, por el drenaje terrestre contamina las aguas, la deposición contamina el sistema por contacto directo

---

**e) Contaminación térmica**

Se origina principalmente por el agua utilizada para enfriamiento de reactores en plantas generadoras de electricidad. Éstas casi siempre se encuentran establecidas en lagunas costeras y estuarios, usando sus aguas para enfriamiento, las que son regresadas al sistema con varios grados más de temperatura.

El aumento de temperatura reduce la solubilidad del oxígeno, disminuye la densidad y baja la tensión superficial del agua. Algunos organismos no pueden resistir cambios drásticos de temperatura.

Las tuberías para enfriamiento están constituidas de cobre y níquel, estos elementos, al contacto con el agua caliente, se disuelven pequeñas concentraciones que después son introducidas al sistema acuático.

**f) Derrames Petroleros e Industria Petroquímica**

Se originan por accidentes a buques petroleros, derrames en pozos marinos y terrestres, derrames naturales y lavados de buques tanque.

Los buques petroleros al descargar son llenados con agua de mar que les sirve de lastre, al llegar de nuevo a puerto, descargan esas aguas contaminando así las zonas portuarias. Del total de petróleo vertido al océano el 28% tiene como destino final las zonas costeras.

Otra fuente de contaminación, se debe a la industria petroquímica instalada en zonas estuarino-lagunares que introduce gran variedad de compuestos.

**g) Desechos Radiactivos**

Sus principales fuentes de contaminación son las explosiones nucleares, accidentes en plantas núcleo eléctricas, reprocesado de combustible nuclear, investigación y hospitales, que liberan esos desechos a la atmósfera y al agua.

**IV.2.3 EFECTOS DE LA CONTAMINACION EN LAGUNAS COSTERAS Y ESTUARIOS**

Los contaminantes, por sus efectos, independientemente de su origen se dividen en:

- a) Sustancias que agotan el oxígeno
- b) Sustancias capaces de inducir eutroficación

- c) Agentes que producen trastornos biológicos
- d) Procedimientos sedimentarios y erosivos.

Un contaminante puede incluirse en una o varias categorías, dependiendo del período de acción, concentración, velocidad de ingreso al sistema, y tolerancia de los organismos con los que interacciona.

Las reacciones que se presentan en las lagunas costeras cuando son introducidos los contaminantes, son gobernadas principalmente por los constituyentes mismos del contaminante. De tal manera que si se conoce la composición del, o los contaminantes, pueden predecirse en cierto modo los efectos que tendrán sobre las comunidades y el medio ambiente.

A continuación se describen cada una de las categorías antes mencionadas:

#### **a) Sustancias que agotan el oxígeno**

La disminución en la concentración de oxígeno se debe a diferentes contaminantes. Los mecanismos para la disminución en la concentración de oxígeno son disminución de la tasa fotosintética, disminución en la solubilidad del oxígeno, interferencia con la difusión de oxígeno en la interfase aire-agua, incremento en la actividad bacteriana (Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO) y en la oxidación de compuestos químicos (Demanda Química de Oxígeno, DQO).

La fotosíntesis básicamente puede ser alterada por la disminución de la luz, provocada por incremento en la turbidez e ingreso de efluentes coloreados.

#### **b) Sustancias capaces de inducir eutroficación**

Como parte de la descomposición de productos orgánicos, se producen nutrientes de fósforo y nitrógeno en exceso, que inducen una fertilización llamada eutroficación, esto destruye la estructura de la comunidad, por la rápida alteración de nutrientes que produce. Se incrementa en forma explosiva la cantidad de plantas oportunistas que reemplazan a las demás. Esta gran cantidad de plantas mueren, oxidándose y provocando condiciones de anoxia. Sus detritos cubren a los organismos bentónicos, eliminando muchos de ellos.

La sobre-fertilización es una consecuencia de la liberación de aguas negras no tratadas, desechos de granjas, residuos de animales y vegetales de industrias alimenticias.

**c) Agentes que producen trastornos biológicos**

Comprende a los contaminantes que matan directamente a los organismos, o que interfieren con sus actividades metabólicas, o que provocan alteraciones genéticas. Estos contaminantes producen daños, muchas veces irreversibles. en los ecosistemas estuarinos-lagunares. Son compuestos que tienden a acumularse en los organismos a través de la cadena alimenticia, afectando hasta los más altos consumidores, incluido el hombre.

- 1) Entre estos contaminantes podemos encontrar a algunos pesticidas persistentes, metales pesados, plásticos, temperatura y desechos radiactivos, cuya magnificación biológica tiene efectos alarmantes.
- 2) Los metales pesados producen una serie de alteraciones fisiológicas como desórdenes neurofisiológicos, alteraciones de la actividad enzimática, efectos teratogénicos, mutagénicos carcinogénicos, desarrollando parásitos, enfermedades y fallas en la reproducción.
- 3) Temperatura; la velocidad de respiración en los organismos, se duplica por cada 10 grados de elevación de temperatura, con ello, se incrementa la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y como consecuencia se agota el oxígeno presente en el agua.
- 4) La temperatura induce el desove de peces en épocas prematuras, en las cuales, los huevos pueden estar inmaduros o ser épocas de escasez de alimentos; estas condiciones desfavorables traen como consecuencia la reducción de la población de peces o la extinción de especies.
- 5) Desechos radiactivos. Tienen efectos letales o mutagénicos, se magnifican a través de la cadena alimenticia.
- 6) Los hidrocarburos de petróleo. en concentraciones de 0.5 a 10 ppm, dañan los órganos de los sentidos alterando la quimiorrepción, erosionando y destruyendo las células del epitelio branquial.

#### **d) Procesos sedimentarios y erosivos**

Los sedimentos acarreados por diversas fuentes al ecosistema acuático, disminuyen la penetración de la luz por incremento de la turbidez, con ello, disminución en la actividad fotosintética.

Producen asolvamiento de canales de navegación, provocando que se efectúen dragados más frecuentes, con el consecuente incremento en la turbidez y remoción de aquellos contaminantes y organismos que se encuentran absorbidos en los sedimentos.

El petróleo, en pequeñas partículas suspendidas, obstruye el sistema respiratorio de organismos bentónicos filtradores. En peces, el petróleo cubre sus branquias, actuando en forma mecánica, impidiendo el intercambio gaseoso con lo cual estos seres mueren por asfixia.

### **IV.3 ANALISIS DE CORROSIVIDAD, REACTIVIDAD, EXPLOSIVIDAD, TOXICIDAD, INFLAMABILIDAD Y BIOLÓGICO-INFECCIOSO (CRETIB), EN LODOS GENERADOS POR LA PLANTA**

Las pruebas CRETIB, se realizaron en los lodos primarios y secundarios generados durante el tratamiento de las aguas residuales de la Ciudad de Manzanillo, Colima, México, así mismo, se realizaron en los lodos espesados y estabilizados con cal

En total se realizaron ocho pruebas CRETIB, dos para lodos primarios, dos para lodos secundarios, dos para lodos espesados y dos para lodos estabilizados. En este apartado se presentan algunos resultados representativos, observaciones y comentarios a los resultados en general.

#### ***CORROSIVIDAD***

Para evaluar la corrosividad se determinaron dos parámetros. pH y corrosión. De acuerdo con los datos obtenidos, se observa que los lodos presentan condiciones ácidas, (por las condiciones anaerobias, excepto los estabilizados con cal. El pH varía de 5.71 a 6.61 unidades de pH, los lodos, que tienden a ser neutros, son los provenientes del clarificador secundario.

---

En el caso de los lodos estabilizados con cal, se puede observar que el pH varió de 7.42 a 10.94 unidades de pH, lo cual indica que la cantidad de cal aplicada es insuficiente. Esto se puede demostrar con el contenido de organismos coliformes.

En cuanto a la corrosión determinada en grados/año, se observa que los valores de los lodos primarios y secundarios son homogéneos, están dentro de un mismo rango; mientras que en los lodos espesados y estabilizados se tiene amplia variación y el rango es mucho mayor. En estos dos últimos casos, la variación en los datos puede deberse al grado de espesamiento proporcionado (que está en función de la cantidad de agua contenida en el lodo) y al grado de estabilización, que depende de la dosis de cal adicionada y del tiempo de reacción.

No obstante lo anterior, los resultados obtenidos indican que los lodos, en las diferentes etapas de manejo y tratamiento, no son corrosivos, comparativamente con los que indica la normatividad ambiental vigente.

### **TOXICIDAD**

Para determinar la toxicidad del material se determinaron metales pesados como arsénico, bario, cadmio, cromo, níquel, mercurio, plata, plomo y selenio; compuestos orgánicos volátiles y no volátiles como acrilonitrilo, clordano, lindano, hexacloroetano, endrín, nitrobenceno y triclorofenol (varios de ellos son considerados plaguicidas).

Para la determinación en laboratorio de los metales pesados, se utilizó el método espectrofotométrico, y para los compuestos orgánicos el cromatográfico, con detectores de flama y captura de electrones.

Comparando los valores obtenidos, con los establecidos en la Norma Oficial Mexicana, NOM-052-ECOL-1993, se puede observar que el contenido determinado de metales pesados se encuentra por abajo de los límites máximos señalados en la norma, por lo cual, los lodos no son tóxicos. En cuanto a los compuestos orgánicos, éstos no se detectaron mediante el proceso de análisis realizado. Por lo tanto, los lodos, desde el punto de vista toxicidad, no son residuos peligrosos.

### **REACTIVIDAD**

Las ocho muestras de lodo, muestreado en cuatro fases del tratamiento, se pusieron en contacto con el agua, bajo condiciones normales de presión y temperatura (esto es, 25 °C y 1 atmósfera de presión), y se observó que no se combinan o polimerizan violentamente. Los lodos en contacto con el agua, en relaciones 5:1, 5:3 y 5:5 no presentaron reacción alguna, solo disolución del material sólido. Al poner en contacto los lodos, con una solución ácida, sólo los lodos del sedimentador primario presentaron ligera efervescencia y una muestra de los lodos espesados fuerte efervescencia.

Al poner en contacto el material con una solución básica, se observó que sólo una muestra del lodo espesado presentó ligera efervescencia. En general, las muestras no presentaron reacciones violentas ni desprendimiento de gases.

### **EXPLOSIVIDAD**

Las muestras de lodos sometidas a esta prueba, bajo condiciones normales, no son explosivas ni presentan desprendimientos de vapores. Ésto es obvio, ya que el contenido de material que puede causar explosividad no se detectó mediante la cromatografía aplicada.

### **INFLAMABILIDAD**

En cuanto a la inflamabilidad, todas las pruebas resultaron negativas, ésto es, no son inflamables, ésto es obvio, ya que no se detectaron materiales flamables durante el análisis cromatográfico de los lodos.

### **BACTERIOLOGICO INFECCIOSO**

Para valorar este parametro, se realizaron análisis microbiológicos, para determinar la concentración de los siguientes microorganismos coliformes fecales y totales, *Staphylococcus aureus* y *Salmonella typhi*.

Los resultados indican que todas las muestras de lodo analizadas presentan coliformes totales en concentraciones que varían de 27 a 239 x 10<sup>3</sup> Unidades Formadoras de Colonias por cada 100 ml

(UFC/100 ml), inclusive los lodos estabilizados con cal; ésto demuestra que el encalado es deficiente, en dosis y tiempo de reacción. Dichas concentraciones no son representativas y una buena aplicación puede provocar la eliminación de un contenido mayor de estos microorganismos.

Las mayores concentraciones de coliformes totales se presentan en los lodos espesados y encalados. En los espesados puede ser natural, ya que se están concentrando los sólidos y con ello los microorganismos, sin embargo, lo que resulta ilógico es que los lodos encalados presenten concentraciones mayores a las demás muestras analizadas.

En cuanto a coliformes fecales, con excepción de los lodos encalados, en todas las demás muestras se detectaron en un orden de 73 a 160 x 10<sup>3</sup> UFC/100 ml, presentándose las mayores concentraciones en los lodos espesados.

En las determinaciones de *Staphylococcus aureus*, se observa que los resultados son negativos, ésto es, no hay presencia de estos microorganismos, excepto en dos muestras, una de lodos espesados y la otra de lodos encalados. Los resultados de la segunda muestra son anormales, ya que si existiese un encalado eficiente, el contenido de estos microorganismos es nulo. Esto denota deficiencias en la operación del proceso de tratamiento.

En el caso de la determinación de *Salmonella typhi*, se observa que en las muestras de lodos primarios, una de espesados y en las dos de lodos encalados, se obtienen resultados positivos, en comparación con los lodos secundarios donde se obtuvieron resultados negativos. Ésto es de importancia, ya que con el tratamiento secundario es posible remover cantidades representativas de microorganismos dañinos.

En conclusión, con un tratamiento completo de los lodos y favoreciendo la operación de las unidades, se podrá dar cumplimiento a todos los factores que intervienen en el análisis de Corrosividad, Reactividad, Explosividad, Toxicidad, Inflamabilidad y Bacteriológico Infeccioso (CRETIB), y con ello, evitar costos excesivos de disposición de los lodos.

Será posible incorporar los lodos en suelos agrícolas sin causar alteraciones ecológicas, usarlos como mejoradores de suelos, o disponerlos sin medidas adicionales de control ambiental.



CAPITULO V  
DIAGNOSTICO FISICO Y DE OPERACION  
DE LA PLANTA TRATAMIENTO



## CAPITULO V

### DIAGNOSTICO FISICO Y DE OPERACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

#### V.1 AFORO Y MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO Y DIAGNOSTICO DE LA EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO

En el programa de aforo y muestreo de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de Manzanillo, Colima, México, se contemplan, básicamente, las etapas de medición de gastos o caudales de agua, toma de muestras simples y compuestas, así como análisis en campo y laboratorio de los parámetros de calidad seleccionados.

Dicho programa se formuló, tomando en consideración la información recopilada en gabinete y campo. La información de campo se recopiló mediante visitas técnicas a la planta de tratamiento, en el sitio se determinaron las alternativas para ejecutar con mayor precisión los trabajos correspondientes a esta etapa del diagnóstico

Para establecer el programa de actividades se realizaron recorridos por las instalaciones e identificaron sus características generales. Con ayuda del levantamiento topográfico previamente realizado, se localizaron y ubicaron las diferentes unidades o estructuras, así como los puntos de entrada y salida de agua. También, se analizaron los métodos factibles para aplicar la medición de gastos o caudales, características de calidad de las aguas residuales y posible influencia de contaminación industrial, entre otros aspectos.

Además de lo anterior, se estudio el acceso a los puntos de aforo y muestreo en cada estructura, ya que en algunos casos fue necesario bajar al interior de los cárcamos de recirculación para realizar las mediciones y tomas de muestras.

La información anterior sirve para definir y seleccionar las estaciones de monitoreo que, por sus condiciones y características, permitan determinar de manera adecuada el aforo y muestreo en

de la planta de tratamiento de aguas negras, y adicionalmente determinar los valores de calidad que sirvieron como datos base para desarrollar los proyectos faltantes y proponer rehabilitación y mejoramiento de la planta de tratamiento.

En base a las características de los puntos de aforo y muestreo se generaron hojas de registro de acuerdo a cada estación. En cada estación de aforo y muestreo se llevaron registros de gastos y parámetros de campo a determinar. Para aforos se anotaron datos como estación, fecha, hora y gasto. Para el monitoreo se determinaron además de los anteriores, temperatura ambiental y del agua, Potencial de Hidrogeno (pH), conductividad, Oxígeno Disuelto (OD), Sólidos Suspendidos (SS), olor, color y cloro residual, este último en el efluente o caudal de agua de salida.

### **V.1.1 AFORO**

Tomando en cuenta lo antes expuesto, se seleccionaron catorce estaciones de aforo ubicadas de la siguiente manera:

1) Para medir el influente de la planta se ubicó la estación 1 en la caja de llegada o distribuidora. Instalando en este sitio una vertedor rectangular de cresta delgada. El gasto se determinó mediante la lectura de una escala graduada, con la que se obtuvo la carga hidráulica sobre el vertedor. Con este dato se calculó el gasto utilizando la ecuación debida a Rehbock.

$$Q = (2/3)^* (2)^{1/2} (0.602 + 0.0832h_1 / P_1) b (g)^{1/2} (h_1 + 0.00125)^{3/2}$$

Donde en la ecuación anterior:

- Q Gasto o caudal de agua que pasa por el vertedor, en m<sup>3</sup>/s.
- h<sub>1</sub> Carga hidráulica, en m
- P<sub>1</sub> Profundidad del fondo del canal a la cresta, en m
- b Ancho del vertedor, en m

En esta estación, el aforo se realizó cada dos horas durante cinco días alternados, comenzando el día 12 de abril de 1997. Los trabajos continuaron el día 14 de abril pero se suspendieron, debido a que el área operativa de la planta, sacó de operación un sedimentador secundario, continuando hasta el día 19 de abril de 1997 para terminarse el día 23 del mismo mes y año.

2) La estación 2 corresponde al influente del sedimentador primario 1. Esta estación se ubicó sobre la tubería de acero que alimenta a los sedimentadores y que tiene un diámetro de 16" (406 mm).

Para efectuar la medición se utilizó un medidor ultrasónico con lectura digital, Polisonycs (marca registrada). En esta estación, los aforos se realizaron cada tres horas durante tres días alternados, iniciando el día 19 de abril de 1997 y concluyendo el día 23 del mismo mes y año

3) La estación 3 es similar a la anterior, ya que se ubicó sobre la tubería de alimentación al sedimentador primario 2. Las condiciones de aforo fueron idénticas a la estación 2.

4) La estación 4 se localizó en la descarga de los sedimentadores primarios. Cada sedimentador cuenta con placas y un total de 150 vertedores triangulares de 90°. Para determinar el gasto de salida del sedimentador, se midió la carga hidráulica, es decir, altura del agua sobre los vertedores mediante una regla graduada en mm, y el gasto se calculó utilizando la ecuación.

$$Q = C_e [ \tan(q/2) ] (g)^{1/2} (h_1 + k_v)^{5/2}$$

Donde

$C_e = 0.577$  para  $q = 90^\circ$ .

$q$  Angulo del vertedor triangular

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$  Aceleración de la gravedad

$h_1$  Carga sobre el vertedor

el coeficiente  $k_v$  se obtiene mediante

$$k_v = 0.006/\text{sen}(q/2)$$

5) La estación 5 se ubicó en la descarga del sedimentador primario 2 y se anexó con las mismas condiciones y características que la estación anterior

6) La estación 6 se localizó en el canal de descarga del filtro primario 1, ubicado en el carcamo de recirculación 1. En esta estación se instaló un vertedor rectangular de 0.80 m de ancho y 0.35 m de altura, del fondo del canal a la cresta del vertedor. En este punto se utilizó un piezómetro para la lectura de la carga sobre el vertedor. El piezómetro consistió en una manguera de polietileno que medía la altura sobre la cresta, la lectura de la carga se realizó con una regla graduada que se fijó al muro y se niveló, el cero de la escala coincidió con la cresta del vertedor. Para efectuar el cálculo de gasto se utilizó el coeficiente de vertido de piezómetros de estación 1.

---

7) La estación 7 se instaló en el canal de descarga del filtro primario 2, localizado también, en el cárcamo de recirculación 1. Esta estación presenta características y condiciones similares a la estación anterior.

8) La estación 8 se localizó en el canal de descarga del filtro secundario 3, ubicado en el cárcamo de recirculación 2. En esta estación también se tienen las características de la estación 6.

9) La estación 9 se ubicó en el canal de descarga del filtro secundario 4, localizado también, en el cárcamo de recirculación 2. Las características y condiciones de esta estación son idénticas a las descritas en las tres estaciones anteriormente.

10) La estación 10 se estableció en el canal de entrada al sedimentador secundario 1. Esta estación se aforó, midiendo la velocidad del flujo, con un micromolineté de copas con contador de revoluciones de tipo acústico. La ecuación utilizada es la proporcionada por el fabricante:

$$V = 0.704718 N + 1.011705.$$

Donde :

N = Número de revoluciones por segundo.

V = Velocidad en m/seg.

Las dimensiones de este canal son: un ancho de 0.45 m y un tirante de 1.10 m, lo que da una sección de 0.50 m<sup>2</sup>.

11) Como la anterior, la estación 11 se localizó en el canal de alimentación al sedimentador secundario 2 y también se aforó con micromolineté de copas. La sección del canal, donde se efectuaron las mediciones, tiene las mismas características que la estación anterior

12) La estación 12 se situó en la descarga del sedimentador secundario 1. En esta estación se aprovecharon los vertedores triangulares para efectuar los aforos. Se trata de placas con vertedores triangulares, similares a los de los sedimentadores primarios, lo que cambia es el número de ellos. Para lo anterior, se midió la carga sobre los vertedores por medio de una regla graduada y el gasto se calculó con la ecuación mostrada en el inciso 4, para la estación 4. La unidad cuenta con 185 vertedores triangulares con un ángulo de 90°.

13) La estación 13 se ubicó en la descarga del sedimentador secundario 2. Para medir los gastos se utilizaron los vertedores triangulares de la estructura de descarga de ésta unidad, tal como se describió para la estación anterior.

14) La estación 14 se ubicó en el canal Parshall existente, donde se midió el efluente total de la planta de tratamiento. En esta estación se colocaron dos reglas de Policloruro de Vinilo (PVC), graduadas y de un metro, con las cuales se midieron los tirantes hidráulicos  $h_1$  y  $h_2$ . Con estos datos, y la cívación para este tipo de canales aforadores, se determinó el gasto a través de esta estructura

El ancho de garganta de este canal es de 0.46 m (1 ft, 6 in), a la que le corresponde la ecuación siguiente para determinar el gasto hidráulico:

$$Q = 1.056 h_1^{1.538} \quad \text{Descarga libre}$$

$$Q = 1.056 h_1^{1.538} - C \quad \text{Descarga sumergible}$$

donde:

$$C = 0.0746 \left[ (3.28 h_2 / (1.8 / 5))^{1.8-2.45} + 0.093 s \right] w^{0.815}$$

$h_1$  = tirante en sección convergente

$h_2$  = tirante en sección divergente

$s$  =  $h_2 / h_1$  grados de sumergencia

$w$  = Ancho de garganta

En esta estación se aforó durante cinco días alternados con mediciones a cada dos horas, al igual que en la estación 1

En resumen, para las estaciones 1 y 14, que corresponden al influente (entrada) y efluente (salida) de la planta de tratamiento, se programaron aforos durante cinco días alternados, con mediciones a cada dos horas, durante 24 horas, es decir, se efectuaron  $2 \times (24/2) \times 5 = 120$  aforos

Para las estaciones de la 2 a la 13, se programaron aforos durante tres días, tomando lecturas de gasto a cada tres horas, es decir, se realizaron  $12 \times (24/3) \times 3 = 288$  aforos. De esta forma, se realizaron en total 408 aforos. Sin embargo, hubo necesidad de efectuar algunos aforos adicionales con el fin de evaluar la capacidad de funcionamiento del sistema de tratamiento de agua.

Por lo anterior, se aforaron las dos líneas a presión de los cárcamos de recirculación, con el fin de determinar el gasto de recirculación en los dos pasos de los filtros biológicos. Dado que la recirculación se efectúa por bombeo, que solamente se utiliza una bomba en cada paso y las condiciones hidráulicas no varían, por lo que el gasto es prácticamente constante, se realizaron tres aforos puntuales con el fin de verificar el gasto que se recircula en cada paso.

Por otra parte, para efectuar la revisión de la línea de lodos, fue necesario determinar los gastos que se extraen de los sedimentadores primarios y secundarios. Para los sedimentadores primarios, se aforaron los gastos de lodos que se extraen de las tolvas, mediante la apertura de las cuatro válvulas de cada sedimentador.

En total se efectuaron 16 aforos puntuales para los dos sedimentadores primarios. Los aforos se realizaron en la descarga al espesador, en forma volumétrica. Para los sedimentadores secundarios, se efectuaron 16 aforos volumétricos, para caracterizar la extracción de lodos secundarios. Estos aforos se realizaron en el cárcamo de lodos o de humus, también utilizando el método volumétrico.

Finalmente, se midió el gasto que se envía a través de la línea a presión que parte del cárcamo de humus y que regresa los lixiviados y lodos extraídos del sedimentador secundario, hacia la caja del influente o distribuidora de la planta de tratamiento de aguas residuales. En esta línea o tubería, se midieron gastos puntuales con el medidor ultrasónico y se corroboraron en forma volumétrica. Los aforos volumétricos fueron 16 y sirvieron para verificar el gasto de la bomba del cárcamo de lodos.

En resumen, en las estaciones anteriores los aforos fueron no periódicos y se designaron como estaciones 15 y 16 a las recirculaciones hacia los filtros primarios y secundarios respectivamente. La estación 17 fué la situada en el cárcamo de lodos o de humus y, a la tubería de alimentación al espesador de lodos se le denominó estación 18.

Los resultados obtenidos de los aforos practicados se presentan en los cuadros V.1 y V.2 *Resumen de los Aforos realizados en la Planta de Tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Manzanillo, Colima, México.*

**CUADRO V.1**  
**RESUMEN DE LOS AFOROS REALIZADOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO**  
**DE AGUAS RESIDUALES DE MANZANILLO, COLIMA, MEXICO.**

ESTACION Número	GASTO (l/s)					GASTO MEDIO (l/s)
	12-Mar-97	14-Mar-97	19-Mar-97	21-Mar-97	23-Mar-97	
1	286	312	279	321	286	296
2	-	-	167	193	171	177
3	-	-	111	128	114	118
4	-	-	167	193	171	177
5	-	-	111	128	114	118
6	-	-	175	188	170	177
7	-	-	195	225	201	207
8	-	-	169	231	186	194
9	-	-	188	270	196	215
10	-	-	128	137	124	130
11	-	-	157	168	152	159
12	-	-	119	128	124	124
13	-	-	146	158	152	152
14	266	290	285	305	276	284

**CUADRO V.2**  
**RESUMEN DE AFOROS REALIZADOS A LA LINEA DE LODOS DE LA PLANTA**  
**DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE MANZANILLO, COLIMA, MEXICO**

ESTACION Número	GASTO (l/s)					GASTO MEDIO (l/s)
	12-Mar-97	14-Mar-97	19-Mar-97	21-Mar-97	23-Mar-97	
15	121	125	-	-	-	123
16	123	125	-	-	-	124
17	25	25	21	24	-	24
18	57	-	51	-	-	54

**NOTA:**

- LOS AFOROS DE LAS ESTACIONES 15 Y 18 SE REALIZARON EN FORMA VOLUMETRICA Y CON MEDIDOR DE PRASONICO  
EL Aforo de la Estacion 17 se realizó con un programador de flujo y se efectuó el aforo con el equipo de medición de flujo.

### **PROGRAMA DE AFORO Y MONITOREO**

Para la elaboración del programa se identificaron y jerarquizaron las estaciones de aforo y monitoreo. A partir del recorrido por la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Manzanillo, Colima, México, se seleccionaron, simultáneamente al aforo, las estaciones o sitios de monitoreo más apropiadas para obtener datos representativos y suficientes para determinar y evaluar la evolución de la calidad del agua al paso por las diferentes unidades, ésto con el fin de determinar las eficiencias parciales de remoción de contaminantes para apoyar el diagnóstico.

Se seleccionaron un total de 14 estaciones de aforo. En las estaciones 1 y 14 los aforos se realizaron cinco días alternados, tomando mediciones a cada 2 horas durante 24 horas; mientras que en las restantes doce estaciones, de la 2 a la 13, se realizaron aforos de 24 horas durante tres días, tomando lecturas a cada 3 horas. Los aforos dieron inicio el día 12 de marzo de 1997 y continuaron el día 14 del mismo mes y año, fecha en que se suspendieron porque se realizaron trabajos de rehabilitación al sedimentador secundario 2. Los trabajos de aforo se reanudaron el día 19 de marzo de 1997 y continuaron hasta terminar el día 23 del mismo mes y año. En el cuadro V.3 se presenta el programa de aforo desarrollado.

Por otra parte, para realizar los trabajos de muestreo, se utilizaron las mismas estaciones seleccionadas para efectuar los aforos. En total se establecieron 16 estaciones de monitoreo de las cuales, en las estaciones 1 y 14, se tomaron muestras simples a cada 4 horas durante 5 días alternados. Mientras que en las estaciones restantes, el muestreo se realizó también a cada 4 horas, durante 3 días alternados. En total se efectuaron los 294 muestreos simples requeridos para el diagnóstico. En el cuadro V.3 se presenta el programa de muestreo desarrollado, que fue cubierto en las mismas fechas que el de aforo.

En cada una de las 16 estaciones de muestreo establecidas, se prepararon muestras compuestas diarias para su envío a laboratorio, con el fin de realizar los análisis para la determinación de los parámetros de calidad de las aguas muestreadas. En total se obtuvieron 52 muestras compuestas, cinco en cada una de las estaciones 1 y 14 y tres en cada una de las restantes 14 estaciones, más una muestra complementaria requerida para el diagnóstico. En el cuadro V.3 se presenta también la programación de la obtención de las muestras compuestas.

**CUADRO V.3**

**AFORO Y MUESTREO PARA LAS ESTRUCTURAS QUE COMPONEN LA PLANTA DE  
 DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MANZANILLO, COLIMA, MEXICO**

No	ESTACION DESCRIPCION	DIAS AFORADOS (ABRIL '97)					MARZO '97	
		12	14	19	21	23	25	26
1	INFLUENTE CAJA DISTRIBUIDORA	A1-MD-MC	A1-MD-MC	A1-MD-MC	A1-MD-MC	A1-MD-MC	-	-
2	TUBERIA DE INGRESO A SEDIMENTADOR PRIMARIO 1	-	-	A2-MD-MC	A2-MD-MC	A2-MD-MC	-	-
3	TUBERIA DE INGRESO A SEDIMENTADOR PRIMARIO 2	-	-	A2-MD-MC	A2-MD-MC	A2-MD-MC	-	-
4	VERTEDOR TRIANGULAR DE LA DESCARGA SEDIMENTADOR PRIMARIO 1	-	-	A2-MD-MC	A2-MD-MC	A2-MD-MC	-	-
5	VERTEDOR TRIANGULAR DE LA DESCARGA SEDIMENTADOR PRIMARIO 2	-	-	A2-MD-MC	A2-MD-MC	A2-MD-MC	-	-
6	CANAL DE DESCARGA DEL FILTRO 1	-	-	A2-MD-MC	A2-MD-MC	A2-MD-MC	-	-
7	CANAL DE DESCARGA DEL FILTRO 2	-	-	A2-MD-MC	A2-MD-MC	A2-MD-MC	-	-
8	CANAL DE DESCARGA DEL FILTRO 3	-	-	A2-MD-MC	A2-MD-MC	A2-MD-MC	-	-
9	CANAL DE DESCARGA DEL FILTRO 4	-	-	A2-MD-MC	A2-MD-MC	A2-MD-MC	-	-
10	CANAL DE INGRESO A SEDIMENTADOR SECUNDARIO 1	-	-	A2-MD-MC	A2-MD-MC	A2-MD-MC	-	-
11	CANAL DE INGRESO A SEDIMENTADOR SECUNDARIO 2	-	-	A2-MD-MC	A2-MD-MC	A2-MD-MC	-	-
12	VERTEDOR DE SALIDA DE SEDIMENTADOR SECUNDARIO 1	-	-	A2-MD-MC	A2-MD-MC	A2-MD-MC	-	-
13	VERTEDOR DE SALIDA DE SEDIMENTADOR SECUNDARIO 2	-	-	A2-MD-MC	A2-MD-MC	A2-MD-MC	-	-
14	CANAL DE PASO A LA FUENTE DE LA PLANTA	A1-MD-MC	A1-MD-MC	A1-MD-MC	A1-MD-MC	A1-MD-MC	-	-
15	RECIRCULACION PRIMER PASO	-	-	A3	-	-	-	-
16	RECIRCULACION SEGUNDO PASO	-	-	A3	-	-	-	-
17	Lodos Primarios	-	-	-	-	-	A3-MC1	A3-MC1
18	Lodos Secundarios	-	-	-	-	-	A3-MC1	A3-MC1
19	Flujos de agua de lluvia	-	-	-	-	-	A3	A3
20	Flujos de agua de lluvia	-	-	-	-	-	A3	A3
21	Lodos en la planta	-	-	-	-	-	A3	A3

**SIMBOLOGIA**

- A1 AFORO CADA DOS HORAS
- A2 AFORO CADA 3 HORAS
- A3 AFORO PUNTA
- MD MUESTREO CADA 4 HORAS Y DETERMINACION DE PARAMETROS DE OXIGENO
- MC MUESTREO CADA 24 HORAS Y DETERMINACION DE PHOSFORO
- MP MUESTREO CADA 24 HORAS Y DETERMINACION DE PHOSFORO
- M3 MUESTREO CADA 3 HORAS

### V.1.2 MUESTREO

En forma simultánea al aforo se tomaron muestras simples de aguas residuales, cada cuatro horas, durante los cinco días programados para el monitoreo, para las estaciones 1 y 14; y de 2 días, para las estaciones de la 2 a la 13, cumpliendo con la normatividad vigente, es decir, se utilizaron los métodos de muestreo, colección, preservación y transporte de muestras que recomienda la literatura especializada y/o los estándares y normas oficiales existentes, nacionales e internacionales.

El volumen de agua residual colectado en la muestra simple fue de 3 litros, de este, se emplearon aproximadamente 500 ml para los análisis de campo y el volumen restante se utilizó para conformar la muestra compuesta.

El muestreo se realizó en forma manual utilizando recipientes, como garrafones de plástico que no afectan la composición del agua residual muestreada, de fácil limpieza para asegurar la remoción de residuos de muestreos previos. Asimismo, se seleccionaron dispositivos que no presentaran dificultad al transferir el contenido del muestreador al frasco o botella de almacenamiento, y de este al material de laboratorio, así como para evitar pérdida de materia suspendida o sedimentada en el agua colectada.

### V.1.3 ANALISIS DE CAMPO

Para la determinación analítica de los diferentes parámetros de calidad en campo, se utilizaron las metodologías señaladas en las siguientes referencias:

Normas Oficiales Mexicanas, de la Dirección General de Normas, de la extinta Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, décima octava. edición, de la American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) y Water Environment Federation (WEF). Estados Unidos de América, 1992.

Los parámetros determinados en campo fueron:

- Temperaturas ambiente y del agua.
- Olor
- Potencial de Hidrogeno (pH).
- Color.
- Oxígeno disuelto.
- Cloro residual.
- Conductividad.
- Sólidos Sedimentables.

En cada análisis de campo se incluyó la determinación de los ocho parámetros señalados anteriormente

#### V.1.4 MUESTREO COMPUESTO

Del volumen total de agua residual muestreada, se tomó una parte proporcional de la muestra, para la determinación de los parámetros de campo. El volumen restante se preservó con químicos y se refrigeró, para que al finalizar el día de monitoreo se formaran muestras compuestas, de 24 horas, en función del gasto aforado.

El volumen de cada muestra compuesta fue de 3 litros, para utilizarlo en laboratorio y determinar los parámetros físicos y químicos programados. Para el análisis bacteriológico, se tomaron muestras de 125 ó 150 ml en frascos con tapón esmerilado, previamente esterilizados. Las muestras para grasas y aceites se colectaron en frascos de vidrio, de un litro de capacidad, con boca ancha.

**Muestras compuestas.** Una por día, en cada estación a partir de las muestras simples obtenidas en los mismos sitios de monitoreo. En total se conformaron 49 muestras compuestas, más tres muestras adicionales requeridas por el diagnóstico.

##### V.1.4.1 ALMACENAMIENTO

Las muestras colectadas se almacenaron en botellas de plástico o vidrio, en función del tipo de análisis, posteriormente, se mantuvieron en la oscuridad y refrigeración a 4°C. En general, las muestras se almacenaron de la siguiente forma:

- Parámetros físicos y químicos: recipientes de plástico de 3 litros de capacidad.
- Grasas y aceites: recipientes de vidrio, de boca ancha, de 1 litro de capacidad.
- Bacteriológicos: recipientes de vidrio, esterilizados, de 125 ml, con tapón esmerilado.

##### V.1.4.2 PRESERVACION DE LAS MUESTRAS

Para prevenir y/o controlar posibles cambios en la composición de las aguas residuales, las muestras se preservaron con químicos y en refrigeración, además, se tomaron medidas para asegurar que el transporte se hiciera en el menor tiempo posible.

Para conservar, en lo posible, la calidad del agua muestreada, se emplearon los siguientes métodos de preservación:

- Refrigeración a temperatura de 4°C y almacenamiento en la oscuridad
- Preservación química, mediante la adición de un elemento, o compuesto químico tóxico, a los microorganismos para inhibir su acción; acidificación del agua.
- Reduciendo al máximo el tiempo entre el muestreo y el análisis.

#### V.1.5 PARAMETROS A DETERMINAR DE MUESTRAS COMPUESTAS

Los parámetros que se determinaron en laboratorio, se seleccionaron con el fin de efectuar el diagnóstico de la planta de tratamiento de aguas negras. Dichos parámetros se señalan en el cuadro V.4 *Parámetros a determinar en el laboratorio de muestras compuestas*.

Para la determinación analítica de los diferentes parámetros de calidad analizados en laboratorio, se utilizaron las metodologías señaladas en las siguientes referencias:

- Normas Oficiales Mexicanas (NOM), de la Dirección General de Normas, de la extinta Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18ava. edición, de la American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) y Water Environment Federation (WEF). Estados Unidos de América, 1992.

Una vez entregadas las muestras al laboratorio, se procedió a efectuar las determinaciones analíticas a los parámetros seleccionados. Dichos parámetros se dividieron en físicos, químicos y bacteriológicos.

En los cuadros del V.5 al V.9 *Resultado de las muestras compuestas de la Planta de Tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Manzanillo, Colima, México*, se presentan los valores obtenidos de las determinaciones analíticas, en cada día de muestreo y para cada uno de los parámetros analizados.

CUADRO V.4

**PARAMETROS A DETERMINAR EN LABORATORIO DE MUESTRAS COMPUESTAS  
 (LINEA DE DISTRIBUCION DE AGUA)**

PARAMETRO	UNIDAD
Temperatura	°C
Potencial de Hidrogeno (pH)	Unidades de pH
Demanda Quimica de Oxigeno (DQO Total y Soluble)	mg/l
Demanda Bioquimica de Oxigeno (DBO <sub>5</sub> Total y Soluble)	mg/l
Alcalinidad	micro mhos
Substancias Activas al azul de Metileno (SAAM)	mg/l
Fosforo Total (P <sub>TOT</sub> )	mg/l
Nitrogeno Total Kjedhal (NTK)	mg/l
Grasas y Aceites	mg/l
Solidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l
Solidos Suspendidos Volatiles (SSV)	mg/l
Sólidos Sedimentables (SS)	ml/l
Oxigeno Disuelto (OD)	mg/l
Conductividad	mg/l
Coliformes Totales y Fecales (CT Y CF)	NMP/100 ml

CUADRO V.5  
RESULTADOS DE LAS MUESTRAS COMPUESTAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO  
DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MANZANILLO, COLIMA, MEXICO  
12 de Marzo de 1997

PARAMETRO	INFLUENTE	EFLUENTE	EFICIENCIA (%)
Temperatura	25.5	26.4	-
Potencial de Hidrogeno (pH)	7.3	7.7	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	252.0	69.0	72.6
Demanda Química de Oxígeno, soluble (DQOs)	126.0	46.0	63.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno, a los 5 días (DBO <sub>5</sub> )	140.0	30.0	78.6
Demanda Bioquímica de Oxígeno, soluble (DBOs)	60.0	18.0	70.0
Alcalinidad	410.0	400.0	2.4
Sustancias Activas al Azul de metileno (SAAM)	2.3	1.4	39.1
Fosforo Total	4.4	4.0	8.5
Nitrogeno Total Kjeldhal	17.2	15.1	12.0
Grasas y Aceites	30.0	14.0	53.3
Sólidos Suspendedos Totales (SST)	151.0	44.0	70.9
Sólidos Suspendedos Volátiles (SSV)	96.0	35.0	63.5
Sólidos Sedimentables (SS)	0.9	0.2	77.8
Oxígeno Disuelto (OD)	0.3	0.47	-56.7
Conductividad	1344	1309	2.6
Coliformes Totales	1.1E+06	2.1E+05	80.9
Coliformes Fecales	4.2E+05	6.8E+04	83.8

**CUADRO V.6**  
**RESULTADOS DE LAS MUESTRAS COMPUESTAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO**  
**DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MANZANILLO, COLIMA, MEXICO**  
 14 de Marzo de 1997

PARAMETRO	INFLUENTE	EFLUENTE	EFICIENCIA (%)
Temperatura	26	26.2	-
Potencial de Hidrogeno (pH)	7.3	7.8	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	229.0	88.0	61.6
Demanda Química de Oxígeno, soluble (DQOs)	84.0	64.0	23.8
Demanda Bioquímica de Oxígeno, a los 5 días (DBO <sub>5</sub> )	110.0	53.0	51.8
Demanda Bioquímica de Oxígeno, soluble (DBOs)	56.0	40.0	28.6
Alcalinidad	410.0	380.0	7.3
Sustancias Activas al Azul de metileno (SAAM)	6.5	1.3	80.0
Fosforo Total	3.8	2.6	31.0
Nitrogeno Total Kjeldhal	15.1	12.7	15.7
Grasas y Acetes	37.0	14.0	62.2
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	160.0	98.0	38.8
Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)	78.0	46.0	41.0
Sólidos Sedimentables (SS)	0.9	0.16	82.2
Oxígeno Disuelto (OD)	0.9	1.38	-53.3
Conductividad	1293	1325	-2.5
Coliformes Totales	3.3E+05	3.6E+04	91.3
Coliformes Fecales	4.2E+04	1.5E+04	64.3

CUADRO V.7  
 RESULTADOS DE LAS MUESTRAS COMPUESTAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MANZANILLO, COLIMA, MEXICO  
 19 de Marzo de 1997

PARAMETRO	ESTACION UNIDAD DE TRATAMIENTO												EFICIENCIA TOTAL DE LA PLANTA				
	SEDIMENTADOR PRIMARIO				FILTRO BIOLÓGICO 1ª ETAPA				FILTRO BIOLÓGICO 2ª ETAPA					SEDIMENTADOR SECUNDARIO			
	INF.	ME.	EF.	EFIC.	INF.	ME.	EF.	EFIC.	INF.	ME.	EF.	EFIC.		INF.	ME.	EF.	EFIC.
TEMPERATURA	27.4	27.4	27.3	27.4	27.3	27.3	27.3	27.3	27.0	27.2	27.2	27.0	27.2	27.6	27.6	27.6	27.3
pH*	6.9	6.9	7.0	6.9	6.9	7.0	7.3	7.0	7.1	7.2	7.2	7.2	7.3	7.1	7.3	7.1	7.1
D.O.O	315.0	315.0	295.0	187	315.0	265.0	15.6	251.0	285.0	9.2	305.0	275.0	5.7	205.5	265.0	5.2	200.5
D.O.O.5	143.0	143.0	153.0	7.0	143.0	73.0	14.9	138.0	128.0	7.2	130.0	133.0	3.5	130.5	128.0	1.9	130.5
D.B.O5	182.0	182.0	120.0	25.0	182.0	160.0	123.0	23.1	121.5	110.0	9.5	121.5	133.0	9.5	121.5	107.0	11.9
D.B.O5	72.0	72.0	77.0	0.0	72.0	54.0	11.1	68.0	64.0	5.9	68.0	72.0	5.9	68.0	56.0	17.6	69.0
ALCALINIDAD	320.0	370.0	410.0	10.8	320.0	430.0	162	420.0	225.0	46.4	420.0	415.0	1.2	320.0	415.0	29.7	320.0
SMAN	65	65	145	123.1	65	11.5	76.9	13.0	8.0	37.3	13.0	5.9	54.6	7.4	6.9	19.7	7.4
ROTOROT	5.0	5.0	5.7	12.9	5.0	4.4	12.3	5.0	4.9	2.6	5.0	4.0	2.6	4.0	5.2	5.3	4.9
N TOTAL K	19.3	19.3	18.2	5.6	19.3	20.4	5.8	19.3	21.7	12.3	19.3	21.3	10.1	21.5	21.1	1.6	21.5
AMVA	33.0	33.0	30.0	9.1	33.0	25.0	21.2	28.0	20.0	28.6	28.0	55.0	100.0	39.8	12.0	69.4	38.0
SST	104.0	104.0	69.0	34.6	104.0	64.0	30.5	66.0	48.0	27.3	66.0	62.0	6.1	59.0	52.0	5.5	55.0
SSV	92.0	92.0	60.0	31.0	92.0	38.0	60.9	46.0	28.0	41.7	48.0	44.0	8.3	30.0	49.0	11.1	36.0
SS	1.4	1.4	0.0	100.0	1.4	0.0	100.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.7	0.0	0.9	0.9	0.4	0.4
CO2	0.92	0.92	0.20	0.92	0.92	0.00	0.92	0.00	1.4	0.0	1.3	0.0	1.7	1.7	1.7	1.83	1.83
CONDUCTIVIDAD	1342.0	1342.0	1339.0	1342.0	1339.0	1342.0	1339.0	1342.0	1339.0	1342.0	1339.0	1342.0	1339.0	1342.0	1339.0	1342.0	1339.0
C.TOTALES	5.3E+04	5.3E+04	2.4E+05	4.037.9	5.3E+04	2.5E+05	327.6	1.3E+05	4.3E+05	67.5	1.3E+05	2.5E+05	80.1	3.5E+05	5.2E+05	49.9	3.5E+05
C.FECALES	2.2E+04	2.2E+04	7.0E+04	2187.2	2.2E+04	7.0E+04	10.0	4.7E+04	7.0E+04	48.5	4.7E+04	3.8E+04	19.3	5.4E+04	4.2E+04	22.2	5.4E+04

\* VARIACION DE pH (CON ESTE PARAMETRO NO SE DETERMINA EFICIENCIA DE REMOCION)

- RF: REFLUENTE pH: Potencial de Hidrogeno
- EF: EFUENTE D.O.O.: Demanda Química de Oxigeno
- EFIC: EFICIENCIA D.O.O.: Demanda Química de Oxigeno soluble
- DBO5: Demanda Biológica de Oxigeno a los 5 dias
- DBO5: Demanda Biológica de Oxigeno, soluble
- S.A.M: Sustancias Activas al Azud de Infiltrao
- N TOTAL K: Nitrogeno Total Kjeldahl
- SST: Sólidos Suspendedos Totales
- SSV: Sólidos Suspendedos Volátiles
- SS: Sólidos Suspendidos
- OD: Oxigeno Disuelto
- C: Feculas
- Coliformos Fecales



PARAMETRO	SEMMENTADOR PRIMARIO				FILTRO BIOLÓGICO 1ª ETAPA				ESTACION OJUNDA DE TRATAMIENTO				FILTRO BIOLÓGICO 2ª ETAPA				SEDIMENTADOR SECUNDARIO				EFICIENCIA TOTAL DE LA PLANTA						
	INF.	EFF.	ERIC.	INF.	EFF.	ERIC.	INF.	EFF.	ERIC.	INF.	EFF.	ERIC.	INF.	EFF.	ERIC.	INF.	EFF.	ERIC.	INF.	EFF.		ERIC.					
TEMPERATURA	27.1	27.4	27.1	27.2	27.1	27.1	28.0	27.0	27.0	26.7	27.1	26.0	26.7	26.0	26.0	27.1	26.0	26.7	26.0	26.0	26.0						
pH	7.1	7.3	7.1	6.9	7.1	7.1	7.0	7.1	7.0	6.9	7.0	7.1	7.0	7.0	7.0	7.0	7.1	7.0	7.0	7.1	7.1						
O <sub>2</sub>	220.0	150.0	318	220.0	150.0	27.3	150.0	200.0	35.5	155.0	60.0	41.9	130.0	80.0	40.0	150.0	120.0	20.0	105.0	98.0	16.2	106.0	92.0	12.4	90.0	59.1	
O <sub>2</sub> s	169.0	104.0	38.5	169.0	114.0	32.5	109.0	134.0	22.0	109.0	74.0	32.1	104.0	60.0	33.7	104.0	89.0	14.4	79.0	68.0	13.9	79.0	75.0	5.1	73.0	55.8	
O <sub>2</sub> o	148.0	80.0	45.0	148.0	76.0	48.6	78.0	88.0	12.8	78.0	50.0	35.9	69.0	48.0	30.4	69.0	56.0	18.8	52.0	46.0	11.5	52.0	46.0	5.6	48.0	64.6	
DB5	80.0	62.0	22.5	80.0	64.0	29.0	63.0	72.0	14.3	63.0	38.0	39.7	55.0	36.0	34.5	55.0	40.0	27.3	38.0	35.0	7.9	38.0	38.0	0.0	37.0	63.6	
ALCALINIDAD	400.0	200.0	48.8	400.0	350.0	12.2	285.0	360.0	28.3	295.0	340.0	19.3	340.0	340.0	2.9	350.0	370.0	5.7	365.0	370.0	1.4	360.0	380.0	6.3	380.0	7.3	
S.A.M.	3.8	3.8	2.6	3.8	2.9	2.1	3.3	2.7	1.8	3.3	1.6	5.9	2.2	1.6	25.0	7.7	7.2	2.1	1.0	1.0	4.4	1.0	1.2	1.1	1.2	64.4	
FOSFORO TOTAL	4.8	4.8	5.0	5.5	4.8	4.8	0.0	4.9	4.5	8.0	4.9	4.8	5.3	4.6	4.5	1.4	4.6	4.0	7.1	4.7	4.4	6.3	4.7	4.5	4.4	4.8	0.0
N TOTAL K	18.5	19.0	4.1	18.5	19.0	3.0	19.3	6.2	67.9	19.3	13.4	30.4	9.8	14.6	48.3	9.8	15.4	55.8	15.0	13.5	9.0	15.0	14.0	6.5	14.2	21.2	
GHANSA Y CENIT	64.0	8.0	67.5	64.0	19.0	84.4	5.0	90.0	90.0	9.0	34.0	30.4	277.8	62.0	41.0	33.0	62.0	74.2	28.5	30.0	29.3	28.5	39.0	35.8	38.5	40.6	
GHANSA Y CENIT	136.0	34.0	72.8	136.0	41.0	68.4	40.0	38.0	5.0	40.0	30.0	25.0	36.0	33.0	2.9	34.0	27.0	20.6	30.0	14.0	53.3	30.0	16.4	45.3	16.0	88.2	
S.S.V	130.0	30.0	26.9	130.0	32.0	25.4	31.0	30.0	3.2	31.0	26.0	16.1	26.0	25.0	10.7	28.0	22.0	21.4	23.5	12.0	48.9	23.5	14.0	40.4	12.0	90.8	
S.S	0.4	0.5	0.0	100.0	0.4	0.0	100.0	0.0	0.1	0.0	0.2	-	-	0.4	-	0.4	0.4	0.4	0.0	0.0	100.0	0.4	0.0	100.0	0.0	100.0	
OD	0.92	0.77	0.82	0.82	0.75	-	-	0.9	-	1.0	-	-	-	1.1	-	1.82	1.17	0.80	0.80	1.17	0.80	1.17	0.80	1.17	0.80	0.8	
CONDUCTIVIDAD	139.0	139.0	139.0	139.0	139.0	139.0	129.0	129.0	129.0	139.0	129.0	129.0	129.0	129.0	129.0	129.0	129.0	129.0	129.0	129.0	129.0	129.0	129.0	129.0	129.0	129.0	129.0
C TOTALES	2.1E-05	2.1E-05	2.1E-05	1.9	2.1E-05	2.0E-05	6.7	2.1E-05	2.8E-05	38.6	2.1E-05	1.1E-05	46.3	2.0E-05	1.7E-05	13.8	2.0E-05	4.3E-05	1.205	3.0E-05	5.5E-05	83.9	3.0E-05	5.8E-05	34.0	5.7E-05	111.4
C TOTALES	4.0E-04	4.6E-04	3.8E-04	5.0	4.0E-04	3.2E-04	20.0	3.5E-04	5.2E-04	44.6	3.5E-04	7.0E-04	100.0	8.1E-04	3.2E-04	47.5	6.1E-04	4.0E-04	34.4	3.8E-04	4.4E-04	22.2	3.6E-04	4.7E-04	30.6	4.4E-04	15.0

DIAGNOSTICO Y REHABILITACION PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MANZANILLO, COLIMA MEXICO.

VARIAACION DE pH (CON ESTE PARAMETRO NO SE DETERMINA EFICIENCIA DE REMOCION)

INF - ANTIURFEN pH - Potencial de hidrogeno  
 EFL - ETILURFTE DQO - Demanda Quimica de Oxigeno  
 ERIC - CINCERCH O O O S - Demanda Quimica de Oxigeno, soluble  
 DB5 - Demanda Biologica de Oxigeno, a las 5 dias  
 DB5s - Demanda Biologica de Oxigeno, soluble  
 S.A.M - Sustancias Activas al final de reaktor

N TOTAL K - Nitrogeno Total Kjeldahl C Totales - Coliformes Totales  
 S.S.T. - Sólidos Suspendedos Totales C Totales - Coliformes Totales  
 S.S.V - Sólidos Suspendedos Volátiles SS - Sólidos Suspendidos  
 OD - Oxigeno Disuelto

En los cuadros anteriores se enlistaron los parámetros analizados, sus unidades de medición y los días de análisis con sus respectivas fechas y resultados

### **V.1.6 MUESTREO EN FILTROS BIOLÓGICOS**

Con la finalidad de caracterizar, en forma apropiada las condiciones de funcionamiento de los filtros biológicos, se efectuó una serie de muestreos, tanto del agua, como del medio soporte (enrocamiento), así como mediciones de gastos, velocidades de rotación de los brazos distribuidores y láminas de negro sobre la superficie de los filtros. Con base en los resultados obtenidos, se realizó el diagnóstico de operación y funcionamiento de éstas importantes unidades o estructuras del tren o sistema de tratamiento de agua residual de la planta de la ciudad de Manzanillo, Colima, México.

#### **V.1.6.1 MUESTREO DEL AGUA DEL EFLUENTE DE LOS FILTROS**

De esta forma, y como ya se mencionó anteriormente, a los cuatro filtros biológicos se les tomaron muestras simples de agua cada cuatro horas durante tres días alternados, a cada muestra simple se le midieron los parámetros de campo y, al final del día del muestreo, se formaron muestras compuestas para su envío a laboratorio, con el fin de efectuar los análisis para determinar los parámetros propuestos

Los resultados obtenidos, en campo y laboratorio, se anotaron en formatos para registro de lecturas, mediciones o determinaciones previamente elaborados para este fin. Los datos crudos obtenidos en cada una de las etapas, correspondientes a los trabajos de campo y laboratorio, se integraron en hojas resumen con la finalidad de facilitar su análisis y evaluación. Los resultados obtenidos de estas actividades se presentaron en cuadros de subcapítulos anteriores

#### **V.1.6.2 REPORTE MICROBIOLÓGICO DEL MEDIO SOPORTE**

En forma complementaria, se tomaron muestras del cultivo biológico que se forma sobre la superficie de la roca que constituye el medio para su observación al microscopio. Debido a la dinámica de largo plazo que se establece en la proliferación y desarrollo de la flora y fauna del medio filtrante, los cambios que se observan de un día de muestreo a otro son poco significativos y no identificables, por lo anterior a continuación se citan los resultados de las observaciones de los tres días de

muestreo en forma generalizada para el biofiltro 2, diferenciando únicamente las observaciones por estrato.

Las observaciones fueron realizadas con el "objetivo seco débil (X 40/0.65)", en un microscopio óptico, equipo del laboratorio de la planta, utilizando agua destilada para diluir la biopelícula para su posterior identificación y cuantificación. No se realizaron ensayos con colorante vital, dadas las condiciones de la muestra y para evitar interferencias del mismo. La identificación fue realizada por ensayos morfológicos con ayuda de las claves existentes.

Un análisis microscópico de la Zooglea proporciona información de apoyo para definir el nivel y tipo de problemática que envuelve al lecho del biofiltro. La metodología de evaluación microscópica es sencilla, implica una recolección del medio soporte, una dilución de la biopelícula y, posteriormente, una lectura de la misma, con el objetivo de identificar y estimar el tipo y número de organismos metazoarios existentes.

La biopelícula fue muestreada en tres secciones de cada filtro, en la primera, ubicada a nivel superficial, con la intención de determinar la existencia de pupas de "Psycoda spi", o de algún otro organismo patógeno. La segunda se tomó de un estrato intermedio para caracterizar los cambios con respecto al estrato anterior. Finalmente se tomó una muestra a la profundidad total de 1.50 m, encontrando diferencias interesantes de un nivel de muestreo a otro.

De la observación microscópica de la biopelícula a nivel superficial, se desprenden algunas observaciones organolépticas relacionadas con el olor y el color percibidos en la biopelícula superficial. Ésta resultó ser de color verdoso, de aspecto gelatinoso, untable al tacto y de olor "Sui generis", con lo cual, se confirma que las algas de la zona invadieron esta parte del medio, como resultado de la inundación del mismo.

En una observación microscópica se confirmó la existencia de algas unicelulares con pigmentación uniforme, a lo largo de todo el protoplasma, y también con una formación de colonias de algas y/o bacterias pigmentadas, ignorándose el tipo y el número de ellas, aunque se observan en gran cantidad.

Se realizaron cuatro mediciones de la velocidad de rotación cuando los distribuidores se mantenían girando

En términos generales, la velocidad de rotación es en promedio de 0.45 revoluciones por minuto (RPM, como se mencionará en adelante), es decir, se tiene una vuelta o giro de 360° por cada 2.24 minutos

Lo anterior es una velocidad alta, ya que en la literatura técnica se recomiendan velocidades de rotación de 0.05 RPM, es decir, que se tendrían revoluciones a cada 20 minutos por vuelta, esto significa que a pesar de que el gasto de recirculación es pequeño, la velocidad de giro es muy alta por lo que no se logra una buena distribución del influente al filtro

Adicionalmente se hicieron varias mediciones de la lámina de riego con la que operan los brazos distribuidores de los biofiltros. Este parámetro es denominado en la literatura técnica como "spullkraft". Los resultados obtenidos de las mediciones efectuadas indican láminas de riego de 50 a 70 mm por revolución o giro. Estas láminas de riego están asociadas a la velocidad de rotación de los brazos y resultaron congruentes ambas mediciones

Por otra parte, para complementar la información requerida por el diagnóstico de los filtros rociadores, se realizaron muestreos del medio pétreo para efectuarle pruebas de granulometría, con el fin de determinar los diámetros existentes y su distribución en porcentaje, así como el diámetro medio y coeficiente de esfericidad. Lo anterior se efectuó con el fin de determinar la incidencia de estos parámetros con los problemas de baja eficiencia detectados en estas unidades o estructuras. Para lo anterior se tomaron muestras de material que contenían los biofiltros a diferentes profundidades. Se verificó un sondeo hasta la profundidad de 1.50 metros, con toma de muestras a tres profundidades, una muestra superficial, una a 0.75 metros y la última a 1.50 metros

Como resultado de las pruebas de granulometría, se encontró que el filtro está compuesto de gravas gruesas y finas, con una granulometría muy variada, que va desde diámetros mayores a 4 1/2" (11.43 cm), hasta diámetros menores a 1/25" (0.254 cm), tal como se puede observar en el cuadro 4.10

*Granulometría de la muestra tomada a sondeo*

CUADRO V.10

GRANULOMETRIA DE LOS FILTROS BIOLÓGICOS

MALLA O TAMIZ	PORCENTAJE RETENIDO
4 ½"	21.9 %
3"	27.2 %
2"	21.5 %
1"	24.2 %
MENOR DE 1"	5.2 %

La granulometría, según proyecto, debería ser con diámetros de 3" a 5" en un 100 %, que como se puede observar en el cuadro anterior, no se cumple, ya que los diámetros son muy variados y presentan porcentajes muy altos de gravas finas.

Para los filtros biológicos, el material instalado no fue cribado, para cumplir con las recomendaciones para este tipo de medio. Sólo se realizó un cribado, por parte de la empresa constructora, para el primer filtro, ya que los costos por extraer, cribar, reponer y colocar el material resultaron mas elevados a los estimados.

Después de ésto se realizó un cribado por zonas dentro de cada filtro, lo cual no garantizó la uniformidad del medio filtrante, ya que continuaron las inundaciones en la superficie del lecho de piedra.

La granulometría existente ha ocasionado que los finos sean arrastrados a capas inferiores del filtro hasta quedar atrapados, y ayudados por la materia orgánica, se forma una capa casi impermeable que impide que el agua recorra el biofiltro en toda su altura, provocando con esto la generación de zonas superficiales inundadas, y zonas profundas por las que no escurre el agua ni penetra el aire, provocándose condiciones de anaerobiosis.

#### V.1.7 MUESTREO EN LA RED DE CAPTACION DE LODOS

Con el fin de realizar un diagnóstico completo al sistema, se muestrearon los diferentes puntos donde se generan los lodos, como son primarios, secundarios, espesados y estabilizados. Con los

puntos seleccionados se verificaron las características de los lodos que se recolectan dentro de cada etapa del sistema de tratamiento biológico.

En el programa de muestreo seleccionado se propusieron cuatro sitios, de los cuales se tomaron muestras en dos días diferentes. Las 4 estaciones seleccionadas para realizar el muestreo son:

- 1) Estación 1; Lodos primarios, el punto de muestreo se ubicó en la tubería de descarga que va de los sedimentadores primarios al espesador, es decir, en la columna central de alimentación del espesador.
- 2) Estación 2; Lodos secundarios, este punto se localiza en la tubería de descarga que conecta los sedimentadores secundarios al cárcamo de lodos o de humus.
- 3) Estación 3; Lodos espesados, esta muestra se tomó en la tubería de descarga, que va del espesador al tanque de mezclado o de estabilización con cal.
- 4) Estación 4, Lodos estabilizados, esta muestra se tomó del propio tanque de estabilización, después del mezclado con cal.

Debido a que la planta de tratamiento no cuenta con una unidad definida para la deshidratación de los lodos, no se efectuó el muestreo de este tipo de lodos. En cada muestra de lodos se determinaron los siguientes parámetros

- a) Sólidos Suspendidos Totales (SST)
- b) Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)
- c) Porcentaje de sólidos
- d) Porcentaje de humedad en lodos
- e) Corrosividad, Reactividad, Explosividad, Toxicidad, Inflamabilidad, y Biológico - Infeccioso.  
(CRETIB)

En el cuadro V 3 *Aforo y muestreo para las estructuras que componen la Planta de Tratamiento*, se presenta el programa de muestreo para la línea de lodos, mientras que en el cuadro V 11 *Determinación de parámetros fisicoquímicos adicionales*, se muestra los resultados de los análisis efectuados.

CUADRO V.11

DETERMINACION DE PARAMETROS  
FISICOQUIMICOS ADICIONALES

MUESTRA	% de Humedad	Sólidos totales	Sólidos Suspendidos Totales	Sólidos Suspendidos Volátiles	pH
LODO I PRIMARIO	78.3	47.016	12.190	32.254	5.93
LODO II PRIMARIO	68.9	29.024	17.810	12.050	5.86
LODO I SECUNDARIO	97.4	2.516	1.830	606	6.61
LODO II SECUNDARIO	70.9	1.760	1.620	208	6.59
LODO I ESPESADO	52.9	50.426	17.720	30.280	6.17
LODO II ESPESADO	41.0	31.062	15.220	11.318	5.71
LODO I ESTABILIZADO	98.2	59.008	24.770	33.050	10.94
LODO II ESTABILIZADO	49.5	21.630	7.700	6.112	7.42

Finalmente, se presenta en el Capitulo IV *Impacto Ambiental*, en el inciso IV.3 *Análisis de Corrosividad, Reactividad, Explosividad, Toxicidad, Inflamabilidad y Biológico – Infeccioso (CRETIB), en lodos generados por la planta de tratamiento.*

#### V.1.8 ANALISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS

A continuación se describen los análisis efectuados y el procesamiento de cada uno de los datos referentes a la línea de distribución de agua y a la línea de captación de lodos.

##### V.1.8.1 LINEA DE DISTRIBUCION DE AGUA

Para facilitar la evaluación de los resultados obtenidos en campo y laboratorio, se estableció una metodología para la ordenación, procesamiento y almacenamiento de datos. Dicha metodología consistió de las siguientes fases:

- Selección de métodos analíticos oficiales o normalizados para la determinación de los parámetros de referencia.
- Ordenación y tabulación de resultados, de campo y laboratorio.

- Determinación de parámetros de referencia y del comportamiento de los contaminantes contenidos en las aguas residuales.
- Evaluación de resultados, mediante el análisis comparativo de la información recopilada y generada durante los trabajos de gabinete y campo, con información de textos especializados, criterios, normas y guías oficiales, tanto nacionales como internacionales

De acuerdo con lo anterior, se ordenaron, tabularon, evaluaron y se procesaron los siguientes parámetros: temperatura, Potencial de Hidrógeno (pH), Demanda Química de Oxígeno soluble y total (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días soluble y total (DBO<sub>5</sub>), Alcalinidad, Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM), Fósforo Total (FT), Nitrógeno Total Kjeldhal (NTK), Grasas y Aceites (G y A), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV), Sólidos Sedimentables (SS), Oxígeno Disuelto (OD), Conductividad, Coliformes Fecales (CF) y Coliformes Totales (CT)

### **SIGNIFICADO SANITARIO DE LOS PARAMETROS DE CONTROL**

En este apartado se mostrará de forma breve la descripción de algunos parámetros constantemente utilizados en el diagnostico realizado a la planta de tratamiento de aguas residuales

#### **a) Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

Desde el punto de vista práctico, la DBO<sub>5</sub> es un parámetro que estima la eficiencia de un tratamiento biológico. Cuando un filtro entra en operación la DBO<sub>5</sub> del efluente es muy variable, y solo requiere de tiempo para normalizarla, debido a la aclimatación que requieren los microorganismos con el agua residual. Una vez estandarizada la DBO<sub>5</sub> del efluente, los cambios bruscos pueden deberse a descargas industriales o sobrecargas orgánicas del sistema.

Es importante mencionar que para propósitos inmediatos de control, es más recomendable utilizar como parámetro la Demanda Química de Oxígeno (DQO), la cual se define como la cantidad de oxígeno disuelto necesaria para estabilizar la materia orgánica mediante una oxidación química.

Esto se debe a que la DBO<sub>5</sub> requiere un periodo de incubación de 5 días a una temperatura de 20°C para que los microorganismos consuman aproximadamente el 80% del oxígeno

disuelto necesario para estabilizar la materia orgánica; mientras que la DQO representa una oxidación química que se realiza en unas horas.

Si en el agua por analizar existen sustancias no biodegradables, pero si susceptibles de ser oxidadas químicamente, los valores de la DQO serán mayores que la DBO<sub>5</sub>.

#### **b) Sólidos Suspendidos**

Los sólidos suspendidos indican la materia en suspensión, que puede ser removida por coagulación química o filtración. Las causas por las que un efluente puede presentar una cantidad excesiva de sólidos suspendidos son:

- Formación de lodos en el medio filtrante
- Cargas Hidráulicas altas
- Sobrecargas orgánicas

La formación de lodos en el medio filtrante, puede ser causada por cambios estacionales aunados a cargas orgánicas altas aplicadas sobre los filtros.

Las cargas hidráulicas altas ocasionan la mayor cantidad de sólidos suspendidos, y el problema es originado por la formación de cortos circuitos en el sedimentador secundario.

Las cargas orgánicas son causadas generalmente por sustancias tóxicas, y la medida correctiva consiste en el aumento del gasto de recirculación.

#### **c) Oxígeno Disuelto**

El oxígeno disuelto es un indicador de los cambios biológicos que se llevan a cabo en el proceso de tratamiento. En plantas con bajos influentes, y grandes tiempos de retención en sedimentadores la cantidad de oxígeno disuelto es muy baja. este hecho ocasiona que proliferen las bacterias anaerobias y que el agua residual entre en condiciones sépticas.

#### **d) Temperatura**

La medición en la temperatura es útil para identificar flujos infiltrados y descargas industriales, asimismo, este parámetro es uno de los factores más importantes, ya que afectan el crecimiento

bacteriano. Generalmente la tasa de crecimiento se duplica por cada 10°C de incremento de temperatura.

#### **e) Potencial Hidrógeno ( pH )**

Por lo general, el valor del pH en el efluente de un filtro rociador es muy variable, mientras que su efluente presenta valores cercanos a la neutralidad. Los cambios bruscos de pH usualmente se deben a descargas industriales y afectan gravemente la vida de microorganismos que forman la película biológica.

#### **f) Contaminantes microbiológicos**

Los contaminantes microbiológicos son aquellos microorganismos, quistes y huevos de parásitos que pueden estar presentes en las aguas residuales y que representan un riesgo a la salud pública, flora y fauna.

En lo que corresponde a este proceso de tratamiento, sólo se consideran los coliformes fecales, coliformes totales y los huevos de helminto.

#### **g) Nitritos**

La determinación de compuestos nitrogenados, tales como Nitritos, Nitratos y Nitrógeno Amoniacal, proporcionan elementos importantes en relación al control del proceso. La cuantificación de nitritos se utiliza para conocer que también se está llevando a cabo la nitrificación del agua residual. Una alta concentración de nitritos indica una nitrificación incompleta, que puede ocasionar una alta demanda de oxígeno o una alta demanda de cloro en el efluente.

#### **h) Nitratos y Nitrógeno amoniacal**

Los nitratos rara vez se encuentran en el agua cruda o a la salida del sedimentador primario, mientras que en el efluente del sedimentador secundario es posible encontrar concentraciones de hasta 50 mg / l, esto dependiendo del contenido de nitrógeno total del agua cruda.

El nitrógeno amoniacal está asociado, con la demanda de oxígeno requerida, para oxidar el amoníaco durante el tratamiento secundario. La determinación de este parámetro evalúa el grado de nitrificación, el cual está ligado con la demanda de cloro.

#### **i) Fósforo**

El fósforo es uno de los nutrientes esenciales para el crecimiento de los microorganismos durante el tratamiento secundario, su deficiencia limita el crecimiento biológico, y obviamente, disminuye la eficiencia del proceso en lo referente a la DBO.

El agua residual de tipo doméstico contiene aproximadamente 10 mg / l de fósforo, de los cuales del 20 al 30 % pueden ser removidos durante el crecimiento biológico de los microorganismos.

#### **VARIACION Y/O REMOCION DE CONTAMINANTES EN EL SISTEMA.**

A continuación se describirá la variación y/o remoción de contaminantes en el sistema, en el influente y efluente (entrada y salida de la Planta de Tratamiento).

#### **POTENCIAL DE HIDROGENO (pH)**

Durante el proceso de tratamiento, el pH mostró ligeros incrementos, ya que varió de 7.3 en el influente a 7.6 y 7.8 unidades en el efluente. Este incremento es natural en este tipo de procesos biológicos de tratamiento, por las condiciones ácido - base o de amortiguamiento en las aguas residuales.

Las variaciones obtenidas en el pH no son significativas para que se afecte el metabolismo de los microorganismos encargados de la degradación de materia orgánica contenida en el agua residual. De esta forma es común determinar valores hasta de 8 unidades de pH.

#### **DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO) SOLUBLE Y TOTAL**

Las concentraciones de DQO total en el influente fueron de 252 y 229 mg/l, respectivamente. En el efluente éstas fueron de 69 y 88 mg/l, con los cuales se obtuvieron eficiencias de 72.6 y 61.57 %, respectivamente.

Con respecto a la DQO soluble, ésta varió de 84 a 126 mg/l en el influente. y de 46 a 64 mg/l en el efluente, con lo cual se obtienen remociones de 63.5 y 23.8 %, respectivamente.

Las relaciones DQO soluble/DQO total en el influente son de 0.5 y 0.37, respectivamente, y de 0.67 y 0.73 en el efluente, lo cual es lógico debido a la remoción de materia orgánica durante el proceso.

Esto implica que el contenido de material inorgánico en el agua residual es elevado, o que el proceso de tratamiento no se lleva a cabo completamente por diversas circunstancias, como debería de efectuarse

En función de los valores obtenidos en el influente, el agua residual presenta características típicas municipales con concentraciones de bajas a medias, esto es, de 250 mg/l en promedio. Estos valores favorecen la operación del sistema de tratamiento, y con ello, es posible incrementar ligeramente la carga o el gasto de alimentación sin reducir representativamente las eficiencias de remoción, siempre y cuando la operación se realice apropiadamente

#### **DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO A LOS 5 DIAS (DBO<sub>5</sub>) SOLUBLE Y TOTAL**

La DBO<sub>5</sub> total en el influente varió de 140 a 110 mg/l, mientras que en el efluente varió de 30 a 53 mg/l, con lo cual se obtuvieron eficiencias de remoción de 78.6 y 51.8 %. La DBO<sub>5</sub> soluble varió de 56 a 60 mg/l en el influente, y de 18 a 40 mg/l en el efluente, con eficiencias de remoción de 70 y 28.6 %

Las relaciones DBO<sub>5</sub> soluble/ DBO<sub>5</sub> total obtenidas fueron 0.43 y 0.51 en el influente y de 0.60 y 0.75 en el efluente. Mientras que las relaciones DBO<sub>5</sub> total/DQO total fueron 0.56 y 0.48, que son valores representativos de este tipo de aguas residuales

Las concentraciones obtenidas de DBO<sub>5</sub> soluble y total son representativas de las aguas residuales municipales con concentraciones de bajas a medias, (de 100 a 200 mg/l, respectivamente). La variabilidad en las concentraciones obtenidas son síntoma de una inadecuada operatividad del sistema de tratamiento, en donde no se tiene control en los flujos de alimentación, en la recirculación del efluente a los filtros biológicos y en la remoción de sólidos en los clarificadores, tanto primarios como secundarios

#### **ALCALINIDAD**

La alcalinidad no mostró grandes variaciones. En el influente, esta fue de 410 mg/l, los dos días de muestreo, y de 400 y 300 mg/l en el efluente, respectivamente. Estos valores son característicos de las aguas potables en las zonas costeras, y se observaron en aguas residuales, ya que es

componentes inorgánicos presentes no se remueven significativamente en los procesos biológicos de tratamiento. Lo anterior queda demostrado con las bajas eficiencias de remoción obtenidas de 2.4 y 7.3 %, respectivamente.

### **SUSTANCIAS ACTIVAS DE AZUL DE METILENO (SAAM)**

Los valores de sustancias activas al azul de metileno, en el influente, fueron 2.3 y 6.5 mg/l para cada día de muestreo; en el efluente éstos variaron 1.4 y 1.3 mg/l; con los cuales se obtienen eficiencias de remoción de 39.1 y 80%, respectivamente. La variabilidad en las eficiencias de remoción obtenidas son representativas de una operación deficiente, independientemente de las características físicas de las unidades de tratamiento. Las concentraciones iniciales de SAAM son típicas de estas aguas residuales, con concentraciones de bajas a medias.

### **FOSFORO TOTAL**

Las concentraciones de fósforo total obtenidas, son menores a las representativas en las aguas residuales típicas domésticas con concentraciones bajas, que tienen 6 mg/l. Estas fueron de 4.4 y 3.8 mg/l en el influente, 4 y 2.6 mg/l en el efluente, con las cuales se obtuvieron eficiencias de remoción de 8.5 y 31 %

### **NITROGENO TOTAL KJELDHAL**

El nitrógeno total, que es representativo de los nitrógenos orgánico y amoniacal, varió de 15.1 a 17.2 mg/l en el influente y de 12.7 a 15.1 mg/l en el efluente. Las eficiencias de remoción fueron 12 y 15.7%, respectivamente.

Las relaciones nitrógeno total - fósforo total fueron 3.9 y 4, respectivamente. Estos valores muestran que el agua residual no cumple con la relación de  $DBO_5 : N : P$  recomendada, con lo cual se podrían presentar algunos problemas de degradación del material orgánico.

### **GRASAS Y ACEITES**

El contenido de grasas y aceites varió de 30 a 37 mg/l en el influente y 14 mg/l en el efluente para ambas muestras; con dichos valores se obtuvieron eficiencias de 53.3 y 62.2 %. Los valores obtenidos en el influente son menores a los detectados en las aguas residuales típicas municipales con condiciones bajas, de 50 mg/l. Este parámetro, con dichos valores, no causará alteraciones en el proceso de tratamiento biológico.

### **SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES Y VOLATILES (SST Y SSV)**

Las concentraciones de SST variaron de 151 a 160 mg/l en el influente y de 44 a 98 mg/l en el efluente, obteniéndose eficiencias de remoción de 70.9 y 38.8 %, respectivamente.

En el caso de los SSV, los valores obtenidos fueron 96 y 78 mg/l en el influente 35 y 46 mg/l en el efluente, obteniéndose eficiencias de remoción de 63.5 y 41 %, respectivamente.

Los valores de SST determinados, comparativamente con los obtenidos de DBO<sub>5</sub>, son mayores en 7.3 y 31.5 %; este último, ligeramente superior a los generalmente detectados en las aguas residuales. Esto se puede deber a la recirculación de los lodos secundarios a la entrada del sistema.

### **COLIFORMES FECALES Y TOTALES**

El contenido obtenido de coliformes, tanto fecales como totales, se encuentra ligeramente por abajo de los valores encontrados en este tipo de aguas residuales municipales. Las concentraciones determinadas son indicativas de que el proceso, de operar adecuadamente, requerirá menores consumos de cloro para poder desinfectar el agua residual tratada.

De acuerdo con los valores determinados en el laboratorio, se puede observar que las aguas residuales están diluidas, que no existe influencia representativa de aguas residuales industriales y que la operación es deficiente, ya que las eficiencias de remoción de los diversos contaminantes es, en varios casos, extrema.

### **VARIACION Y/O REMOCION DE CONTAMINANTES EN LAS UNIDADES QUE COMPONEN EL SISTEMA DE TRATAMIENTO.**

Como se menciono, durante tres días se muestreo y se realizaron análisis de las aguas residuales, en ocho puntos del sistema de tratamiento para determinar las eficiencias de remoción y el posible comportamiento de las unidades de tratamiento.

#### **A) SEDIMENTADORES PRIMARIOS**

##### **POTENCIAL DE HIDROGENO (pH)**

Durante el proceso de sedimentación primaria el pH mostro algunos cambios, entre 0.0 y + 0.2 unidades, los valores más altos se obtuvieron durante el proceso de remoción de sólidos.

suspendidos en estas unidades; además se llevan a cabo reacciones bioquímicas que de alguna forma modifican las condiciones del agua residual de alimentación.

#### ***DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO) SOLUBLE Y TOTAL***

En estas unidades, las eficiencias de remoción en DQO total variaron de 15.6 a 31.8 % Como se observa, el ámbito de variación es amplio, lo cual es indicativo de alteraciones, principalmente de carácter operativo, en el proceso de tratamiento. Las eficiencias se pueden considerar bajas, ya que se pueden esperar valores superiores a 25% de eficiencia. De esta manera, las concentraciones de DQO en el influente variaron de 220 a 315 mg/l y en el efluente de 150 a 266 mg/l.

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) soluble presentó mayores variaciones, inclusive se obtuvieron incrementos en la concentración del efluente, de 143 a 153 mg/l. En el influente, la concentración varió de 99 a 169 mg/l y en el efluente de 99 a 153 mg/l; con éstos valores se obtuvieron eficiencias de 0.0 a 38.5 %. Estos valores, confirman, que son característicos de una operación inadecuada.

#### ***DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO A LOS 5 DIAS (DBO<sub>5</sub>) SOLUBLE Y TOTAL***

En esta campaña, la DBO<sub>5</sub> total en el influente varió de 124 a 160 mg/l, mientras que en el efluente varió de 76 a 123 mg/l; con lo cual se obtuvieron eficiencias de remoción de 16.1 y 48.6 %. La DBO<sub>5</sub> soluble varió de 64 a 80 mg/l en el influente, y de 58 a 72 mg/l en el efluente, con eficiencias de remoción de 0.0 y 22.5 %.

Generalmente, en estas unidades se presentan eficiencias promedio del 30 al 40%, operando adecuadamente el sistema de tratamiento, lo cual no esta sucediendo ya que solamente se obtuvieron dos valores representativos durante los trabajos de campo.

#### ***ALCALINIDAD***

Con este parámetro se presentan variaciones importantes, pequeñas disminuciones e incrementos significativos en el valor del influente. La alcalinidad varió de 370 a 450 mg/l en el influente, y de 350 a 450 mg/l en el efluente, respectivamente. No se pueden establecer eficiencias de remoción debido a los incrementos en los valores determinados en el agua residual de alimentación.

### **SUSTANCIAS ACTIVAS DE AZUL DE METILENO (SAAM)**

Con este parámetro también se presentan variaciones importantes. Los valores de SAAM en el influente variaron de 3.8 y 6.5 mg/l y en el efluente de 3.7 y 14.5 mg/l. Eliminando dos de los valores determinados, de 11.5 y 2.6 mg/l, se obtuvieron eficiencias de remoción de 2.6 a 23.7%. Como se observa, la variabilidad en las eficiencias de remoción obtenidas son representativas de una operación deficiente. En el tratamiento primario se pueden obtener eficiencias del 25%, esto es, por arriba de las obtenidas durante los trabajos de campo.

### **FOSFORO TOTAL**

Con el tratamiento primario se pueden obtener eficiencias reportadas del 27%, sin embargo, los datos obtenidos muestran variabilidad, inclusive incrementos en la concentración de salida del sedimentador. La remoción varió de 0.0 a 12.9%, y en la mayoría de los casos, se obtuvieron incrementos hasta de un 12.9%. Los valores de entrada son bajos, ya que variaron de 4.1 a 5.0 mg/l.

### **NITROGENO TOTAL KJELDHAL (NTK)**

Con la concentración de NTK sucede algo similar que con el fósforo, ya que en el efluente, en la mayoría de los casos, se obtuvieron incrementos hasta de un 10%. Los valores en el influente, como se mencionó, son típicos de un agua residual con concentración débil. En el agua residual de alimentación, los valores obtenidos variaron de 18.5 a 19.6 mg/l y en el efluente de 18.2 a 21.6 mg/l. Esto se puede deber a la incorporación de nutrientes a través de la recirculación de lodos del sedimentador secundario a esta estructura.

### **GRASAS Y ACEITES**

Las concentraciones obtenidas de grasas y aceites se incrementaron. En el influente se obtuvieron valores de 33 a 64 mg/l, en el efluente los valores determinados variaron de 8 a 31 mg/l, con los cuales se lograron eficiencias de 9.1 a 87.5%, como se puede observar, dentro de un ámbito demasiado amplio. El contenido de grasas y aceites se puede deber a las descargas de industrias, principalmente procesadoras de pescado y mariscos.

### **SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES Y VOLATILES (SST Y SSV)**

Las concentraciones de SST variaron significativamente de 31 a 159 mg/l en el influente y de 37 a 120 mg/l en el efluente, con lo cual se obtuvieron eficiencias de remoción de 27.6 a 79.3%, con lo

caso se determinaron incrementos en la concentración, hasta de 35.5%, debido a la recirculación de lodos del sedimentador secundario a la caja de alimentación.

Los incrementos en la concentración también se notan con la determinación de los SSV. En el influente los SSV variaron de 20 a 130 mg/l y el efluente de 30 a 60 mg/l. Las eficiencias determinadas fueron de 34.8 a 76.9%; en otros casos dichas eficiencias fueron negativas, mostrando incrementos hasta del 60%, que se presenta cuando se efectúa la recirculación de lodos.

Teóricamente, la eficiencia promedio de remoción es del 50%, por lo cual, operando bien las unidades de tratamiento se pueden obtener resultados adecuados.

### ***COLIFORMES FECALES Y TOTALES***

El contenido de coliformes se encontró por abajo de los valores encontrados en este tipo de aguas residuales municipales. En algunas determinaciones, los valores obtenidos de coliformes totales en el efluente son mayores a los determinados en el influente. Las eficiencias obtenidas varían de 6.7 a 90.8% de coliformes totales y de 5 a 61.1% de coliformes fecales.

Generalmente, en este proceso se obtiene un logaritmo de remoción, sin embargo, sólo en una muestra se obtuvo dicho valor.

### ***B) BIOFILTROS Y CLARIFICADORES SECUNDARIOS***

#### ***POTENCIAL DE HIDROGENO (pH)***

La variación en los valores de pH fue de -0.2 a +0.3 unidades de pH. En el influente se obtuvieron valores que variaron de 7.0 a 7.3 unidades de pH y en el efluente de 6.9 a 7.3 unidades de pH. En ambas etapas de monitoreo se tienen condiciones que van de ligeramente ácidas a ligeramente básicas. Como se mencionó, los valores detectados no provocan alteraciones al proceso de tratamiento.

#### ***DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO) SOLUBLE Y TOTAL***

En los filtros biológicos de la primera etapa, las concentraciones de DQO total mostraron un comportamiento irregular; mientras que en algunos casos, en el primer filtro se obtuvieron mayores

incrementos que en el segundo; en otros casos, en el segundo filtro los incrementos fueron mayores en comparación con los primeros. En los primeros filtros se obtuvieron remociones de -35.5 a 51.4%. En los filtros de la segunda etapa se obtuvieron remociones importantes, excepto en una de las determinaciones, estas variaron de 5.2 a 40%. Estas remociones se observan, aunque no es el objetivo de la unidad de filtración.

Con el contenido de DQO soluble, en estas unidades de filtración, se observa un comportamiento similar. Para este parámetro, se obtuvieron remociones en los primeros filtros de -22.9 a 32.1%, y en los filtros de la segunda etapa, variaron de -5.7 a 33.7%.

El sistema, en conjunto, tuvo eficiencias de 31.4 a 59.1% de DQO total y de 17.5 a 56.8% de DQO soluble. Comparativamente con las remociones reportadas por la literatura, de aproximadamente 80%, los valores obtenidos son bajos e indicativos de problemas en las unidades de tratamiento.

#### ***DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO A LOS 5 DIAS (DBO<sub>5</sub>) SOLUBLE Y TOTAL***

Con DBO<sub>5</sub> total y soluble se obtienen comportamientos similares a los que suceden con la DQO, aunque no todos en las mismas determinaciones. En el influente de los filtros de la primera etapa los valores determinados *varian de 78 a 121.5 mg/l y en el efluente de 50 a 133 mg/l*, con remociones que variaron de -12.8 a 35.9%. En los filtros de la segunda etapa, los valores determinados variaron de 69 a 121.5 mg/l en el influente y de 48 a 120 mg/l en el efluente, el ámbito de variación fue de 1.2 a 30.7%.

Con la DBO<sub>5</sub> soluble, el ámbito de variación fue mayor en comparación con DBO<sub>5</sub> total. La remoción fue de -14.3 a 39.7% en el primer filtro y -2.0 a 34.5%. Como se observa, de manera general, la remoción de DBO<sub>5</sub> soluble es mayor.

En función de las concentraciones obtenidas, las eficiencias de remoción del sistema total variaron de 42 a 67.6% de DBO<sub>5</sub> total y de 27.8 a 53.8% de DBO<sub>5</sub> soluble. Como se observa, las eficiencias son menores a las generalmente obtenidas en este tipo de procesos, sobre todo, si el sistema cuenta con dos etapas de filtros biológicos, donde las eficiencias son mayores al 85%.

### **ALCALINIDAD**

Entre los filtros y sedimentadores, la alcalinidad mostró grandes variaciones, lo cual es natural conforme se llevan a cabo los procesos de tratamiento biológico. Sin embargo, el ámbito de variación, en porcentaje, en el sistema de tratamiento secundario fue de -18.9 a 20%.

### **SUSTANCIAS ACTIVAS DE AZUL DE METILENO (SAAM)**

En la segunda etapa de monitoreo, los valores de SAAM en el influente de los filtros de la primera etapa fueron mayores, de 3.3 a 13 mg/l, en comparación con los de la primera etapa, de 2.3 y 6.5 mg/l. En el efluente estos valores variaron de 1.6 a 8.8 mg/l, con lo cual se obtuvieron eficiencias de remoción de 12.2 a 54.6%.

Las eficiencias en los filtros de la primera etapa son mayores a las determinadas en los filtros de la segunda etapa, ya que en esta segunda etapa variaron de 0 a 30.1%. En el sistema de tratamiento, en su conjunto, las eficiencias de remoción obtenidas variaron de 34.4 a 68.4%, valores comparativos con los obtenidos en este proceso.

Las remociones obtenidas se pueden deber a la constante recirculación de los lodos del clarificador secundario al inicio del tratamiento.

### **FOSFORO TOTAL**

Las concentraciones de fósforo total obtenidas continuaron siendo menores a las representativas en las aguas residuales típicas domésticas con concentraciones bajas. Durante el monitoreo se obtuvieron los siguientes valores: de 4.4 a 5.0 mg/l en el influente y de 4.5 a 5.0 mg/l en el efluente de los filtros de la primera etapa, obteniéndose eficiencias de -13.3 a 8.0%. En los filtros de la segunda etapa, la variación en los valores determinados fue: de 4.6 a 4.9 mg/l en el influente y de 4.5 a 5.2 mg/l en el efluente; con remociones de -7.1 a 1.4%. La variación en la eficiencia total del proceso de tratamiento fue de 0 a 12.9%, cuyos valores son menores a los obtenidos en el sistema de filtros biológicos.

### **NITROGENO TOTAL KJELDHAL (NTK)**

Las concentraciones de NTK, fueron mayores a las determinadas en la primera etapa. Los valores obtenidos fueron de 19.3 a 20.9 mg/l en el influente y de 6.2 a 21.7 mg/l en el efluente de los filtros biológicos de la primera etapa, con un amplio rango de variación en la remoción de -12.3 a 67.9%

En los filtros de la segunda etapa, los valores determinados fueron de: 9.8 a 21.5 mg/l en el influente y de 14.6 a 22.1 mg/l en el efluente, el porcentaje de remoción fue de -56.8 a 1.6%, lo que implica que en estas unidades prácticamente no existe remoción.

En el sistema de tratamiento total, las eficiencias de remoción de NTK variaron de -13 a 20.2%. Valores que se encuentran por abajo de los generalmente obtenidos en este tipo de procesos de tratamiento. Los valores negativos implican que el proceso no se lleva a cabo apropiadamente y que la nitrificación es incompleta.

### **GRASAS Y ACEITES**

El contenido de grasas y aceites en los filtros de la primera etapa varió de 9 a 28 mg/l en el influente y de 10 a 90 mg/l en el efluente; como se observa, se tienen mayores concentraciones en el efluente, razón por la cual se obtuvieron variaciones de -900 a 60%. En los filtros de la segunda etapa las concentraciones variaron de 13.5 a 62 mg/l en el influente y de 12 a 104 mg/l en el efluente, con remociones de -670.4 a 74.2%.

Los valores de remoción total, en todo el sistema, variaron de -37.8 a 40.6%. Como se observa, las eficiencias de remoción negativas se pueden deber al material reciclado, contenido en los lodos, que se encuentra adherido a este material y que se retorna a la alimentación del sistema de tratamiento. Estos contenidos pueden interferir en el proceso de tratamiento, principalmente en los filtros rociadores, donde se adhieren al material de filtración (rocas) y evitan que se reproduzca la película bacteriana, y con ello el proceso de estabilización del agua residual.

### **SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES Y VOLATILES (SST Y SSV)**

Con respecto a las concentraciones de SST, estas variaron de 40 a 66 mg/l en el influente y de 23 a 62 mg/l en el efluente, obteniéndose eficiencias de remoción de -15.7 y 44.6%, en los filtros de la primera etapa. En los filtros de la segunda etapa, dichos valores variaron de 34 a 55 mg/l en el influente y de 27 a 52 mg/l en el efluente, con eficiencias de remoción que varían de -1.4 a 34.5%. Como se puede observar, en algunos casos, las concentraciones de SST en los filtros de la segunda etapa son mayores a las de la primera, lo cual no es lo que sucede prácticamente en este tipo de procesos.

Con respecto a los SSV, los valores obtenidos variaron: de 31 a 48 mg/l en el influente y de 16 a 44 mg/l en el efluente; obteniéndose eficiencias de remoción de -12.9 a 48.4% en los filtros de la primera etapa; en los filtros de la segunda etapa los valores fueron: de 25.5 a 36 mg/l en el influente y de 22 a 40 mg/l en el efluente; obteniéndose eficiencias de remoción de -25.5 a 21.4%.

Las eficiencias totales de remoción, del sistema en conjunto, variaron de 61.5 a 89.7% con respecto a los SST y de 67.4 y 90.8 % con respecto a los SSV. Los valores de remoción, aunque representativos, continúan estando por abajo de los obtenidos en este tipo de proceso.

### **COLIFORMES FECALES Y TOTALES**

Con respecto al contenido de coliformes, tanto fecales como totales, se obtuvieron eficiencias de remoción negativas en cinco de los seis valores determinados. Las eficiencias de remoción de coliformes totales del sistema en conjunto variaron de -641.4 a 61.3% y de coliformes fecales de -163.6 a -15%.

No obstante que el sistema de tratamiento no cuenta con desinfección, al final de los procesos de tratamiento biológicos, la remoción se debería de hacer presente en los sedimentadores primarios con un logaritmo y en el sistema biológico con dos logaritmos de concentración, sin embargo, ello no sucede.

#### **V.1.8.2 LINEA DE CAPTACION DE LODOS**

En total se realizaron ocho pruebas de Corrosividad, Reactividad, Explosividad, Toxicidad, Inflamabilidad y Biológico-Infecioso (CRETIB), dos para los lodos primarios, dos para lodos secundarios, dos para lodos espesados y dos para lodos estabilizados. Los detalles del análisis del CRETIB se encuentra en el capítulo *IV Impacto Ambiental*, inciso *IV.3 Análisis de Corrosividad, Reactividad, Explosividad, Tóxicidad, Inflamabilidad y Biológico-Infecioso (CRETIB)*, en lodos generados por la *Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de Manzanillo, Colima, México*.

## V.2 LEVANTAMIENTO FISICO DE LOS COMPONENTES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Para realizar el diagnóstico de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de Manzanillo, Colima, México, fue necesario hacer el levantamiento de cada una de las estructuras que conforman el sistema de tratamiento de aguas negras. El levantamiento físico consistió en realizar mediciones en campo con cinta métrica, para verificar las dimensiones de cada una de las unidades. Las dimensiones obtenidas se verificaron con la información que fue proporcionada por la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado de Manzanillo (CAPDAM). Durante esta actividad se midieron longitudes, anchos y espesores de muros, profundidades, diámetros de tanques; dimensiones de canales y orificios; diámetros de tuberías, etc. Además se tomaron las características de andadores y protecciones como barandales, escaleras, rejillas tipo Irving, etc.

También se realizó el levantamiento físico de todos los equipos que se encuentran instalados en cada unidad de tratamiento. Para esto se revisaron las placas de motores, equipos y accesorios, anotando, modelo, número de serie, potencia, voltaje y revoluciones por minuto (RPM). Con los datos obtenidos se verificaron las características con las cuales opera la planta de tratamiento.

También, para verificar las elevaciones de cada una de las estructuras, se realizó la nivelación de cada una de las estructuras que forman el tren de tratamiento, tanto de la línea de distribución de agua como la de captación de lodos, como parte del capítulo V.4 *Diagnóstico Topográfico y Geotécnico de la Planta de Tratamiento*.

### V.2.1 LINEA DE DISTRIBUCION DE AGUA

A continuación se hace una breve descripción de cada unidad, indicando sus características más importantes.

#### A) CAJA DE DISTRIBUCION PRINCIPAL

Esta caja tiene el objetivo, como su nombre lo indica, de distribuir hacia el módulo de tratamiento el flujo que llega a la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Manzanillo, Colima, México, también como una conexión a la planta de tratamiento de Salinas. La caja está construida

base de concreto armado y está conformada por tres cámaras. La primera tiene un largo de 6.85 m de largo por 3.85 m de ancho a ejes de muros y es donde se conecta la tubería de acero de 30" de diámetro (76.2 cm), que llega a la planta; las dos siguientes son independientes y están divididas de la primera por un muro que funciona como vertedor, estas cámaras son simétricas y miden 3.43 m de largo por 3.00 m de ancho a ejes de muros y son las que distribuyen el agua a cada etapa del sistema de tratamiento. Solo funciona una de estas cámaras, ya que únicamente está construido el módulo de la primera etapa de dos proyectadas. La cámara en operación está interconectada con una tubería de acero de 24"  $\phi$  (60 cm), al sedimentador primario.

### **B) SEDIMENTADORES PRIMARIOS**

El sedimentador primario tiene como objetivo principal la remoción de sólidos sedimentables presentes en las aguas residuales. En el proceso de tratamiento a base de filtros rociadores se utilizan los sedimentadores primarios para disminuir en un 30 % la carga orgánica a los filtros. En la planta de tratamiento de Salahuá se tienen dos unidades para tratar un gasto total de proyecto de 260 lps, extrayéndose de esta estructura, actualmente, los lodos primarios y secundarios recirculados que se conducen al espesador.

Los sedimentadores primarios, son estructuras de concreto de forma rectangular con dimensiones efectivas de 31.00 m de largo por 9.00 m de ancho para una superficie hidráulica de 279.00 m<sup>2</sup>, y un tirante de 2.76 m para un volumen hidráulico de 770.00 m<sup>3</sup>.

Estas unidades cuenta con válvulas y tuberías para la alimentación a cada unidad, equipo mecánico para la recolección y arrastre de lodos hacia las tolvas (consistente en un motorreductor y un sistema de rastras), para almacenamiento de lodos, válvulas y tuberías para su purga, barandales y escaleras, vertedores triangulares y canales de recolección de agua, desnatadores y tubería para conducir el agua a la torre de carga 1, siendo ésta la estructura que le sigue a los sedimentadores primarios.

### **CARACTERISTICAS DE OPERACION**

- Capacidad 130 lps, gasto medio de operación 145 lps.
- Carga superficial de 70 m<sup>3</sup> / m<sup>2</sup> / día.

- Tiempo de retención : 1 hr 30 minutos.
- Eficiencia real medida entre 25-30 %.
- Remoción de lodos, rastras mecánicas.
- Extracción de lodos por carga hidráulica.
- Número de unidades : 2 (dos)

### **C) TORRE DE CARGA Y DE DISTRIBUCION 1 (UNO)**

En esta estructura se recibe el efluente de los sedimentadores primarios y el gasto de recirculación que proviene del cárcamo 1. El gasto total se distribuye hacia los dos filtros biológicos del primer paso. Esta estructura es de concreto de forma pentágonal en planta, con dimensiones principales de 2.75 m x 2.49 m y una altura de 6.90 m. La torre de carga 1 está interconectada a las unidades por medio de tuberías de acero al carbón, en esta caja se tienen dos compuertas tipo Miller, para interrumpir el flujo hacia cualquier filtro para el mantenimiento. Las compuertas son operadas por medio de volantes que suben o bajan la compuerta con ayuda de un vástago, la zona de operación está ubicada en la parte superior de la caja y se tiene acceso a ella por medio de una escalera marina. En esta plataforma se tienen barandales, rejillas de piso tipo Irving y otra escalera marina para descender al interior de la torre.

### **D) FILTROS BIOLÓGICOS DEL PRIMER PASO O PRIMARIOS**

Los filtros biológicos o llamados también filtros percoladores son utilizados para estabilizar la materia orgánica presente en las aguas residuales. Esta estructura es de concreto armado, de forma circular, en la cual el agua es distribuida por cuatro brazos que giran sobre una columna ubicada al centro del tanque. Los brazos tienen boquillas o perforaciones de 2" de diámetro, colocadas de tal forma que la cantidad de agua se incremente a medida que el radio de giro sea mayor. En el interior de la unidad se tiene un medio filtrante o de empaque de roca, este medio se encuentra soportado por un falso fondo, formado a base de losas y viguetas. El falso fondo es una galería filtrante que permite captar y conducir el agua que pasa a través del filtro hacia un canal central que la conduce hasta los cárcamos de recirculación.

Las características más importantes con que se diseñó son:

- Filtro biológico de flujo vertical.

- Capacidad:	130 lps
- Gasto actual sin recirculación:	145 lps
- Gasto actual con recirculación:	205 lps
- Diámetro:	30 m
- Carga superficial:	17.72 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /día.
- Carga orgánica:	168 mg/l (1.887 Kg / día)
- Eficiencia de proyecto	72 %.
- Eficiencia en el momento del monitoreo	15 a 20 %
- Distribuidor de operación hidráulica.	
- Recirculación de proyecto:	2.5 Q <sub>med</sub> (gasto medio)
- Recirculación	0.4 Q <sub>med</sub> (gasto medio)
- Número de unidades:	2

#### ***E) CARCAMO DE RECIRCULACION 1 (UNO)***

Esta unidad tiene por objetivo captar el agua del efluente de los dos filtros del primer paso y regresarla mediante bombeo a la torre de carga 1, para recircularla nuevamente a los filtros. La recirculación se realiza por medio de tres equipos de bombeo verticales tipo propela de 130 lps cada una. El agua es bombeada hacia una caja de descarga elevada, ubicada en la parte superior del cárcamo 1, desde la cual el agua es conducida hasta la torre de carga 1, por gravedad, por medio de tubería de acero de 24" (610 mm) de diámetro.

Esta unidad también tiene la función de permitir el paso a un gasto o caudal de agua igual al que ingresa al sistema por la caja distribuidora, hacia la torre de carga 2.

#### ***PARAMETROS DE DISEÑO DEL CARCAMO DE RECIRCULACION 1***

- Cárcamo tipo húmedo
- Gasto de bombeo 650 lps

El equipamiento con que cuenta el cárcamo de recirculación es de tres equipos de bombeo de 25 HP de potencia.

### **F) TORRE DE CARGA Y DE DISTRIBUCION 2**

Esta estructura es similar a la primera, aunque, en este caso recibe el efluente de los filtros del primer paso y el gasto del cárcamo de recirculación 2. El gasto total lo distribuye hacia los dos filtros biológicos del segundo paso. Esta estructura es de concreto armado con sección pentagonal, cuyas dimensiones principales son un largo de 2.70 m, un ancho de 2.49 m y una altura de 6.90 m. La torre de carga esta interconectada a las unidades por medio de tuberías de acero al carbón, en esta caja se tienen también dos compuertas tipo Miller para interrumpir el flujo hacia cualquier filtro. Las compuertas son operadas por medio de volantes que las suben o bajan con ayuda de un vástago. La zona de operación esta ubicada en la parte superior de la caja y se tiene acceso a ella por medio de una escalera marina. En esta plataforma se tienen barandales, rejillas de piso tipo Irving y otra escalera marina para descender al interior de la estructura.

### **G) FILTROS BIOLOGICOS SEGUNDO PASO O SECUNDARIOS**

Como ya se mencionó anteriormente, el proceso biológico de tratamiento seleccionado para esta planta es con filtros rociadores en dos pasos. En cada paso se cuentan con dos trenes de filtros, los filtros del segundo paso o secundarios son estructuras de concreto idénticas a los filtros anteriores, de forma circular con diámetro de 30 m; en el cual, el agua es distribuida por cuatro brazos que giran sobre una columna ubicada al centro del tanque, los brazos tienen boquillas de 2" de diámetro, colocadas de tal forma que la cantidad de agua se incremente a medida que el radio de giro sea mayor. En el interior de la unidad se tiene un medio filtrante de roca, compuesto por grava de tamaño variable, este medio se encuentra soportado por un falso fondo formado a base de losas y viguetas. El falso fondo es una galería filtrante que permite captar y conducir el agua que pasa a través del filtro, posteriormente el agua es recolectada por medio de una canal central que la conduce hasta el cárcamo de recirculación 2.

Las características principales con las que se diseñaron son las siguientes

- Filtro biológico de flujo vertical (Segundo paso)
- Capacidad 130 lps
- Gasto medio actual sin recirculación 145 lps
- Gasto medio actual con recirculación 205 lps
- Diámetro 30 m

- Carga superficial actual sin recirculación:	15.0 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /día.
- Carga orgánica de diseño	17.7 mg/l (528 kg / día)
- Eficiencia de proyecto:	64 %
- Eficiencia actual:	20 - 25 %
- Distribuidor:	De operación hidráulica.
- Recirculación de proyecto:	2.5 Q <sub>med</sub> (gasto medio)
- Recirculación:	0.4 Q <sub>med</sub> (gasto medio)
- Número de unidades:	2

#### **H) CARCAMO DE RECIRCULACION 2**

Esta unidad tiene por objetivo captar el agua del efluente de los filtros biológicos y regresaría a la torre de carga 2 para su recirculación. Para efectuar la recirculación se cuenta con tres equipos de bombeo verticales tipo propela, siendo dos de ellos de 25 HP de potencia y uno mas de 60 HP.

El agua se bombea desde el cárcamo hacia una caja situada en forma elevada sobre la corona del propio cárcamo. Desde esta caja el agua es conducida por gravedad hasta la torre de carga 2.

De igual forma, esta unidad o estructura, también tiene la función de permitir el paso a un gasto o caudal, igual al que ingresa al sistema por la caja distribuidora hacia los sedimentadores primarios.

#### **PARAMETROS DE DISEÑO DE CARCAMO DE RECIRCULACION 2**

- Cárcamo tipo húmedo	
- Gasto de bombeo de proyecto:	430 lps
- Capacidad actual:	500 lps
- Número equipos:	3

#### **I) SEDIMENTADOR SECUNDARIO**

El sedimentador secundario tiene el objetivo de remover los lodos generados en el proceso a base de filtros biológicos. En la planta de tratamiento de aguas residuales se tienen dos unidades para tratar un gasto total de 260 lps. De estas estructuras se extraen lodos secundarios que se conducen al cárcamo de humus para, posteriormente, enviarlos por medio de bombeo hasta la caja de llegada o distribuidora.

Como en el caso de los sedimentadores primarios, los secundarios son también estructuras de concreto armado de forma rectangular, con dimensiones efectivas de 50.00 m de largo por 11.00 m de ancho. Para una área hidráulica de 550.00 m<sup>2</sup>. El tirante hidráulico corresponde a 2.90 m para un volumen hidráulico de 1600 m<sup>3</sup> aproximadamente.

Estas unidades cuentan con compuertas que permiten la entrada de agua a cada estructura, equipo mecánico para la extracción de lodos, tolvas para almacenamiento de lodos, válvulas y tuberías para la purga de lodos, vertedores triangulares, canales de recolección de agua y tubería para conducir el agua al canal de medición (Parshall), barandales y escaleras.

#### **PARAMETROS DE DISEÑO DEL SEDIMENTADOR SECUNDARIO**

- Capacidad	130 lps
- Gasto real	145 lps
- Carga superficial real:	22.8 m <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> / día
- Tiempo de retención.	3 horas
- Remoción de lodos	a base de rastras mecánicas
- Extracción de lodos	por medio de carga hidráulica
- Número de unidades	2

#### **J) CANAL DE MEDICION DEL CAUDAL DE AGUA (PARSHALL)**

Este canal tiene como función principal el de medir el efluente que se trata en la planta de tratamiento de aguas residuales. Esta estructura es un canal tipo Parshall que funciona con régimen crítico, el gasto es aforado con la ayuda de una regla graduada midiendo el tirante de agua, antes de la garganta de esta unidad.

Este canal también es utilizado para dosificar la solución de cloro para desinfección del agua tratada. El punto de inyección de la solución se ubica al final del canal, ya que de esta manera se utiliza la turbulencia generada en este punto para mezclar la solución de cloro con el agua.

#### **PARAMETROS DE DISEÑO DEL CANAL DE MEDICION DEL CAUDAL DE AGUA (PARSHALL)**

- Capacidad	18 a 695.0 lps
- ancho de canal	0.75 m
- longitud del canal	1.5 m

### **K) SISTEMA DE CLORACION**

Consiste principalmente en la caseta de cloración con los equipos para la desinfección y el almacén para los cilindros de cloro. En la caseta de cloración se encuentran los cloradores que dosifican la cantidad de gas cloro para la desinfección. Para el manejo de los cilindros se tiene un polipasto (grúa sobre riel) de tipo manual, soportado por una vigueta tipo I con trole. El sistema de cloración tiene equipos de bombeo para provocar el vacío en los inyectores que succionan el gas cloro de los cilindros. Los cilindros están conectados en batería a un cabezal, con una tubería que conduce el gas cloro hasta el inyector del clorador. El sistema de cloración está incompleto ya que falta el tanque de contacto con cloro.

### **LINEA DE CAPTACION DE LODOS**

#### **A) CARCAMO DE LODOS O DE HUMUS**

El cárcamo de humus es una estructura de concreto, armado de forma rectangular con dimensiones de 2.75 x 2.45 m por 4.80 m de profundidad, que se utiliza para recibir la descarga de lodos de los sedimentadores secundarios para bombearlos hacia la caja de llegada, y posteriormente al sedimentador primario, en donde son mezclados con los lodos primarios. A este cárcamo llegan también las aguas residuales que se generan en los servicios sanitarios de la misma planta de tratamiento y el sobrenadante del espesador, que en conjunto con los lodos secundarios, son regresados a la caja de llegada.

Las principales características con que se construye esta estructura son:

- Cárcamo: tipo húmedo
- Gasto de bombeo: 24 lps
- Número equipos: 1

#### **B) ESPESADOR DE LODOS**

La función del espesador de lodos es la de concentrar en mayor proporción los lodos combinados que se extraen del sedimentador primario. El espesador es una estructura de concreto, armado de sección circular con atolvamiento hacia el centro. Cuenta con canaleta de recolección de sobrenadante pero carece de desnatador, ver plano *10 Digestor de lodos, funcional*. Para la recolección y concentración de lodos tiene un mecanismo a base de rastras con sistema motriz periférico. El sobrenadante sale a través de los vertedores triangulares que se encuentran sobre la

canaleta. La interconexión de esta estructura con las demás unidades se hace por medio de tuberías y es controlada por válvulas de compuerta. En esta unidad se inicia el proceso de estabilización de lodos

Las características y parámetros con los que se diseño son los siguientes.

- Capacidad                                    64 m<sup>3</sup>/día
- Espesador                                    tipo gravedad
- Tiempo de retención:                    8 horas
- Carga superficial:                        8.16 m<sup>3</sup> / m<sup>2</sup> / día
- Extracción de lodos:                    hidráulica
- Número de unidades                    1

### **C) TANQUE DE ESTABILIZACION DE LODOS**

El tanque de estabilización de lodos se utiliza para realizar el mezclado del lodo espesado con cal, para así eliminar los agentes infecciosos que se encuentran presentes en el lodo. Para realizar el mezclado se tienen dos tanques y dos agitadores que homogeneizan el lodo con la cal, ver plano 11 *Lechos de secado*. La alimentación se realiza por medio de tuberías y válvulas que controlan el flujo hacia cada uno de estos tanques. La extracción del lodo estabilizado se realiza por medio de bombeo y se descarga a un camión pipa que acarrea el lodo hasta su disposición final, que en este caso es el predio de la misma planta de tratamiento de Salahua

Para la preparación de la lechada se cuenta con tanques en donde se mezcla la cal con el agua. Estas unidades, para la preparación de cal, no funcionaban en el momento que se realizó el monitoreo, debido a los problemas que origina este tipo de suspensión. La adición de cal se realizaba en forma directa ya que también se tenía el problema de suministro de agua potable

### **PARAMETROS DE DISEÑO DEL TANQUE DE ESTABILIZACION DE LODOS**

- Mezclado                                    tipo convencional con agitacion mecánica (turbina)
- Reactivo                                    hidroxido de calcio
- Número de unidades                    2
- Tanques                                    de suspension
- Mezclado                                    tipo convencional con potencia mecánica
- Número de unidades                    2

### V.3 DIAGNOSTICO DE LA EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO

En este capítulo se evalúa la eficiencia del tratamiento de agua residual. Tomando en cuenta por separado, la línea de distribución de agua, y la línea de captación de lodos. La línea de distribución de agua consta, como ya se ha mencionado, de un módulo compuesto por dos trenes. Cada tren de tratamiento tiene una capacidad de diseño de 130 lps, para un caudal de diseño total de 260 lps. En ocasiones ha sido rebasado, ya que se recibe un gasto medio en la planta de 290 lps.

#### *LINEA DE DISTRIBUCION DE AGUA*

La línea de distribución de agua se inicia en la caja de llegada y de distribución, en donde se recibe el influente proveniente de los cárcamos de bombeo 8 y 9 (mencionados en el capítulo : *Generalidades*), a través de un emisor a presión de 36" (0.92 m) de diámetro.

El sistema de tratamiento no cuenta con una unidad de pretratamiento y aunque en los cárcamos se tienen rejillas, al no contar con desarenadores, se conduce una gran cantidad de arena por las tuberías, que es depositada parcialmente en la caja distribuidora, en la cual, constantemente se extraen arenas en una cantidad importante.

Tomando en cuenta lo anterior, los puntos en los cuales se efectuará la evaluación de eficiencia serán los siguientes para la línea de agua:

- a) Influyente (caja de llegada)
- b) Sedimentadores primarios
- c) Filtros rociadores 1er. paso
- d) Filtros rociadores 2do. paso
- e) Sedimentadores secundarios
- f) Efluente (medidor Parshall)

Otro aspecto importante que se hace notar, es que la desinfección esta incompleta debido a que se cuenta con la unidad de dosificación de cloro, pero no se cuenta con la unidad de contacto con cloro por lo que se midió el cloro residual en el efluente a la salida del medidor Parshall, para tener un indicador del efecto de la dosificación que se suministra.

### **LÍNEA DE CAPTACION DE LODOS**

Por lo que respecta a la línea de captación de lodos, es necesario observar que el proceso de tratamiento, tal como se encuentra el sistema, está incompleto ya que faltan las unidades de digestión y de deshidratación. Considerando lo anterior, el proceso de tratamiento que se da a los lodos es el siguiente:

En los sedimentadores primarios se generan lodos primarios, que son acumulados en las tolvas y extraídos por carga hidráulica y conducidos por una tubería hasta el espesador. En el espesador los lodos son concentrados, también por carga hidráulica, y conducidos a los tanques de estabilización con cal. Posteriormente, los lodos estabilizados son extraídos por bombeo, para cargarlos a un camión pipa que los transporta hacia los sitios de disposición, que en este caso es la misma planta.

Se utilizan dos formas para la disposición de los lodos: por una parte se cuenta con una pequeña laguna de secado que se satura rápidamente, por lo que los lodos tienen que tirarse al drenaje pluvial de la planta de tratamiento, para ser conducidos a través de este, hasta unas lagunas localizadas en la parte baja, hacia el sur del predio de la planta de tratamiento.

Considerando lo antes expuesto los sitios donde se establecieron estaciones de muestreo previo de acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (CNA) y que permite realizar un análisis de eficiencia. Son los siguientes:

- a) Lodos primarios (extraídos de los sedimentadores primarios)
- b) Lodos secundarios (extraídos de los sedimentadores secundarios)
- c) Lodos combinados (estos lodos son los mismos que se extraen de los sedimentadores primarios ya que los lodos secundarios son regresados a la caja de llegada o de distribución y se sedimentan en los sedimentadores primarios)
- d) Lodos espesados (extraídos del espesador)
- e) Lodos estabilizados (extraídos de los tanques de estabilización)

### **V.3.1 RECOPIACION Y ANALISIS DE DATOS DE OPERACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO**

La Comisión de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado de Manzanillo (CAFODAM) realiza un monitoreo de calidad de agua ambiental de (señalando entrada) como de el punto (señalando salida) de los sedimentos.

la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Manzanillo, Colima, México, cuyos registros de resultados fueron obtenidos a través de dicho organismo operador. De esta forma se obtuvieron los registros de operación, tanto de las aguas residuales crudas como de las aguas tratadas, correspondientes a los años de 1994 a 1997. Los parámetros que en forma rutinaria analiza la CAPDAM se presentan a continuación en el cuadro V.12 *Parámetros seleccionados para el análisis*. Estos parámetros se seleccionaron para el análisis estadístico, tanto para el influente como para el efluente.

**CUADRO V.12**  
**PARAMETROS SELECCIONADOS PARA EL ANALISIS**

Sólidos Sedimentables	SS
Sólidos Totales	ST
Sólidos Totales Volátiles	STV
Sólidos Totales Fijos	STF
Sólidos Suspendidos Totales	SST
Sólidos Suspendidos Volátiles	SSV
Sólidos Suspendidos Fijos	SSF
Sólidos Disueltos Totales	SDT
Sólidos Disueltos Volátiles	SDV
Sólidos Disueltos Fijos	SDF
Conductividad	
Potencial de Hidrógeno	PH
Turbiedad	
Demanda Bioquímica de Oxígeno al quinto día	DBO <sub>5</sub>
Demanda Química de Oxígeno	DQO
Grasas y Aceites	G y A

De la información recopilada, se considera importante tomar en cuenta todos los parámetros reportados por la CAPDAM, que son usualmente considerados en el diseño de la planta de tratamiento, por lo que solamente se hará el análisis para los siguientes parámetros:

Demanda química de oxígeno	DQO
Sólidos suspendido totales	SST
Demanda bioquímica de oxígeno	DBO <sub>5</sub>
Grasas y aceites	G y A

Por otra parte, se realizó un programa de muestreo y caracterización, cuyos resultados ratifican que las aguas residuales que son sometidas a la planta de tratamiento son de tipo doméstico de baja concentración, con la siguiente composición básica:

DBO<sub>5</sub> = 136 mg/l

SST = 129 mg/l

G y A = 44 mg/l

Sobre el particular, se puede observar que la carga orgánica es relativamente baja, ya que representa una aportación de 36 gramos de DBO<sub>5</sub> por habitante/día. Lo anterior se puede deber a los siguientes factores:

- Agua residual muy diluida por las altas dotaciones de agua potable, sobre todo en las zonas turísticas y recreativas
- Infiltración de agua freática en el sistema de alcantarillado
- Influencia de lluvia en el alcantarillado (aunque el muestreo se realizó en época de estiaje).

Con la información proporcionada por la Comisión de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado de Manzanillo (CAPDAM), se efectuó un análisis estadístico, donde se puede observar la gran dispersión que existe entre los diferentes valores que varían en forma notable sin mostrar un patrón definido

Otro aspecto que refuerza lo antes expresado, es que las desviaciones estándares son mayores que la media. De esta forma, se observan valores mínimos que no reflejan la calidad de un agua residual municipal, mientras que los máximos se dispersan en cantidades poco confiables

El comportamiento anterior, de la información de calidad del agua residual, solamente se puede explicar por dos aspectos importantes: por una parte, los efluentes con altas concentraciones de materia orgánica, grasas y aceites y sólidos suspendidos de la empresa Pescado de Colima (PECOSA), provoca en parte los picos de concentración observados, alterando el comportamiento normal de las variaciones esperadas en la calidad del agua

Por otra parte, aun tomando en cuenta la afectación de la calidad del agua provocada por PECOSA, los datos recolectados presentan muchos valores incongruentes, tanto mínimo como máximo. Este comportamiento sólo es explicable si se consideran técnicas erróneas de muestreo y análisis de laboratorio

Parte del error en el muestreo se debe a que la planta de tratamiento solamente dispone de un canal tipo Parshall para medir el efluente (caudal de salida) de la planta, pero carece de escalas para las lecturas, por lo que la medición nos ha conducido a errores importantes debido a que el Parshall se inunda, y por tanto se alteran las lecturas del tirante y por consiguiente los gastos o caudales, al medir con una sola regla ignorando el grado de ahogamiento.

Por otra parte, los gastos que ingresan a la planta (influyente), varían en un intervalo mayor que los efluentes, debido al amortiguamiento que sufren los gastos picos dentro de la planta, y al no contar con una estructura o dispositivo para medir los gastos, éstos se tomaban iguales a los del efluente.

Otro aspecto que altera los datos medidos entre influente y efluente, es la recirculación del caudal que se realiza al regresar la sumatoria de los caudales que se extraen tanto en sedimentadores primarios como secundarios, debidos a la purga de lodos.

Esta práctica de operación altera el influente a la planta en caudal y carga orgánica, y en particular en sólidos suspendidos.

Otra práctica de muestreo que es muy probable que no se este efectuando, es la toma periódica, programada y adecuada de muestras compuestas de 24 horas formadas con 6 muestras simples tomadas cada 4 horas. Sin este tipo de muestras es difícil realizar una evaluación efectiva de las eficiencias con las que opera la planta de tratamiento de Salahuá.

Finalmente, también es atribuible tal dispersión y variación en los valores obtenidos para los parámetros analizados a una inadecuada aplicación de las metodologías de análisis, siendo recomendable buscar la certificación del laboratorio y la revisión de todas las metodologías aplicadas, con el fin de validar las prácticas de evaluación que se utilizan.

Lo anterior se apoya en los valores observados, en los cuales aparecen datos muy poco confiables que, sin embargo, son frecuentes ya que no se cumplen las relaciones entre valores de algunos parámetros. Por las razones expresadas, se considera que una vez eliminando los valores menos creíbles, los datos para la revisión del comportamiento de la planta son los siguientes:

DBO<sub>5</sub> = 270 mg / l

SST = 250 mg / l

Grasas y Aceites = 88 mg / l

Para realizar un diagnóstico más confiable de la planta de tratamiento se aplicaron los valores anteriores de la caracterización del agua residual de concentración intermedia.

Durante la campaña de monitoreo, los valores obtenidos son representativos de una agua residual de mediana concentración, mientras que los datos proporcionados por la CAPDAM son mas bien representativos de un agua residual fuerte y en algunos aspectos los valores registrados se separan de ésta clasificación.

En el cuadro V.13 *Análisis estadístico de la información de calidad del agua obtenida en la campaña de monitoreo*, se presentan los resultados obtenidos durante la campaña de monitoreo en comparación de lo registros por la Comisión de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado de Manzanillo (CAPDAM).

**CUADRO V.13**  
**ANALISIS ESTADISTICO DE LA INFORMACION DE CALIDAD DEL AGUA OBTENIDA EN LA CAMPAÑA DE MONITOREO**

MES	INFLUENTE				EFLUENTE				EFICIENCIAS				
	SST mg/l	DBO <sub>5</sub> mg/l	DQO mg/l	G y A. mg/l	SST mg/l	DBO <sub>5</sub> mg/l	DQO mg/l	G y A mg/l	SST	DBO <sub>5</sub>	DQO	G y A	
1997 ABRIL													
12	151	140	252	30	44	30	69	14	70.9%	78.6%	72.6%	53.3%	
14	160	110	229	37	98	53	88	14	38.8%	51.8%	61.6%	62.2%	
19	104	160	315	33	40	85	216	28	61.5%	46.9%	31.4%	15.2%	
21	95	124	240	57	51	42	100	51	46.3%	66.1%	58.3%	10.5%	
23	136	148	220	64	16	48	90	38	88.2%	67.6%	59.1%	40.6%	
MEDIA	129.20	136.40	251.20	44.20	49.80	51.60	112.60	29.00	61.1%	62.2%	56.6%	36.4%	
MAX	160	160	315	64	98	85	216	51	88.2%	78.6%	72.6%	62.2%	
MIN	95	110	220	30	16	30	69	14	38.8%	46.9%	31.4%	10.5%	
MEDIANA	136	140	240	37	44	48	90	28	61.5%	66.1%	59.1%	40.6%	
DESV. EST	28.61	19.72	37.63	15.29	29.99	20.55	58.83	15.94	19.7%	12.8%	15.2%	22.9%	
VARIANZA	818.7	388.8	1415.7	232.7	899.20	422.3	3466.8	254.0	3.9%	1.4%	2.3%	5.2%	
MODA								11					

CCO - Dependencia Química del Oxígeno  
 SST - Sólidos Suspendidos Totales  
 DBO<sub>5</sub> - Demanda Biológica a 5 días  
 DQO - Demanda Química de Oxígeno

### V.3.2 EVALUACION DE PARAMETROS DE OPERACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

#### *EVALUACION DE LA EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO*

Para realizar la evaluación de la eficiencia del sistema de tratamiento, se realizará un análisis comparativo de las condiciones originales de diseño y las condiciones con las que opera la Planta de Tratamiento de Aguas residuales de la ciudad de Manzanillo, Colima, México, en las siguientes unidades para la línea de distribución de agua y para la línea de captación de lodos.

Línea de distribución de agua:

- Sedimentadores primarios
- Filtros rociadores
- Sedimentadores secundarios

Línea de captación de lodos:

- Lodos primarios
- Lodos secundarios
- Lodos espesados
- Lodos estabilizados

#### *CRITERIOS APLICADOS PARA LA EVALUACION DE LAS EFICIENCIAS DEL TRATAMIENTO*

##### *LINEA DE DISTRIBUCION DE AGUA*

Como marco de referencia se hará un recuento de los criterios de diseño aplicables a las unidades principales que conforman la planta de tratamiento de aguas residuales.

##### *A) SEDIMENTADOR PRIMARIO*

Las partículas que se sedimentan en los sedimentadores primarios son del tipo II, es decir partículas coalescentes en poca concentración. Estas partículas para aguas negras domésticas están bien estudiadas y los parámetros de diseño son :

- Carga Superficial
- Tirante de agua.
- Tiempo de Retención.
- Carga sobre el vertedor.

Tratándose de aguas sin residuos industriales, los factores que no tienen influencia incluyen la probabilidad de contacto que varía con la carga superficial, la profundidad del tanque, los gradientes de velocidad, la concentración y el rango de tamaño de las partículas.

Las cargas superficiales para el gasto medio varían de 32 a 48  $m^3 / m^2 \times día$  y de 80 a 120  $m^3 / m^2 \times día$  para el gasto máximo.

Para sedimentadores de sección rectangular se recomienda un tirante mínimo de 2.50 m de profundidad. Los sedimentadores primarios se diseñan para proporcionar tiempos de retención de 1.5 a 2.5 horas con base en el gasto medio ( $Q_{med}$ ), cuando se emplea la sedimentación primaria previa a tratamientos biológicos

La carga sobre el vertedor en sedimentadores primarios de sección rectangular no es muy crítica y es suficiente con emplear completamente el ancho del tanque.

### **B) FILTRO ROCIADOR**

Para el tratamiento biológico, usando filtros rociadores y tomando en cuenta el arreglo construido, que consta de dos filtros rociadores de alta tasa en serie con medio filtrante de piedra y recirculación, la recomendación establecida por Tom D Reynolds y la Water Environment Federation (WEF), es el empleo de los criterios de cálculo aplicables al de Eckenfelder y de la National Research Council (NRC)

#### **Criterio de Eckenfelder**

Eckenfelder proporciona la siguiente ecuación cinética para filtros que tratan aguas negras de tipo municipal en medios de piedra:

$$S_e/S_o = (EXP-ksD/Q^n) / [(1+R) - EXP-ksD/Q^n]$$

donde

$S_o$  = DBO<sub>5</sub> soluble del influente, mg/l

$S_e$  = DBO<sub>5</sub> soluble del efluente, mg/l

$D$  = profundidad del filtro, pies

$Q$  = carga hidráulica, gpm/pie<sup>2</sup>

$R$  = reciclo  $R/Q$

$ks$  = coeficiente de tratibilidad (en el diseño de la Planta se asimilo como  $K_s = 0.036$ )

$n$  = coeficiente hidraulico ( $n = 0.5$ )

El valor de la DBO<sub>5</sub> en el influente al filtro, si hay recirculación Eckenfelder la considera como dilución

### **Criterio de la Nacional Research Council (NRC)**

En filtros de dos etapas, la NRC proporciona las siguientes ecuaciones cinéticas para determinar las eficiencias de los filtros que tratan aguas negras de tipo municipal en medios de piedra:

En la primera etapa

$$Es_1 = 100 / 1 + 0.0085 ( Y_0 / V F )^{0.5}$$

En donde:  $Es_1$  = Eficiencia del filtro en porcentaje

$Y_0$  = DBO<sub>5</sub> aplicada al filtro en libras / día

$V$  = Volumen del filtro en acre - pies

$F$  = Factor de recirculación

En la segunda etapa

$$Es_2 = 1 / 1 + ( 0.0085 / 1 - Es_1 ) ( Y_0 / V F )^{0.5}$$

En donde:  $Es_2$  = Eficiencia del filtro en porcentaje

$Es_1$  = Eficiencia del primer filtro en porcentaje

$Y_0$  = DBO<sub>5</sub> aplicada al filtro en libras / día

$V$  = Volumen del filtro en acre - pies

$F$  = Factor de recirculación

### **Valores usuales en los parámetros de diseño**

Carga hidráulica: 9 a 37 m<sup>3</sup> / m<sup>2</sup> x día ( 10 a 40 mgad )

Carga orgánica : 0.48 a 2.4 kg / m<sup>3</sup> x día ( 30 a 150 lb / 1000 pie<sup>3</sup> x día )

Relación de recirculación : 0.5 a 4

Profundidad del medio filtrante : 0.90 a 2.40 m ( 3 a 8 pies )

Eficiencias de remoción de DBO<sub>5</sub> : 85 a 90 %

### **C) SEDIMENTADOR SECUNDARIO**

La función de los sedimentadores que prosiguen de los filtros rociadores es producir un efluente clarificado y las partículas que se sedimentan en estas unidades son similares a las tipo II de los primarios, por lo que el diseño es similar. Para aguas negras domésticas los parámetros de diseño son:

- Carga Superficial
- Tiempo de Retención
- Carga sobre el vertedor

Los sedimentadores secundarios se diseñan para proporcionar cargas superficiales de 16 a 24 m<sup>3</sup> / m<sup>2</sup> x día para el gasto medio y de 41 a 49 m<sup>3</sup> / m<sup>2</sup> x día para el gasto máximo (Q<sub>max</sub>)

El tiempo de retención es de 2 a 3 horas con base en el gasto medio (Q<sub>med</sub>)de aguas residuales y la carga sobre el vertedor de agua sedimentada de 190 m<sup>3</sup> / m x día

### **EVALUACION DEL DISEÑO**

La evaluación se realizará considerando únicamente las unidades de tratamiento construidas y se llevará a cabo con base a los datos obtenidos durante el programa de aforo y monitoreo

Datos para la revisión del proceso

#### **a) Población servida (1997)**

Tomando en cuenta los siete censos de población anteriores a 1997, y analizando una proyección de población empleando el método geométrico, se estimó que la población para 1997 es de 95,120 habitantes

El sistema de alcantarillado tiene una cobertura en el sistema del 85 %, por tanto, la población servida es de 80,852 habitantes

b) Dotación de agua potable 412.5 l / hab x día

c) Aportación de aguas negras 309.4 l / hab x día ( 75 % de la dotación)

d) Gasto medio El gasto medio aforado durante los cinco días del monitoreo resultó de  
Q<sub>med</sub> = 290 lps

#### **e) Características del agua cruda**

Con base a la evaluación de los datos mencionados, se concluyó que es conveniente realizar la evaluación considerando valores más conservadores que los determinados en el programa de caracterización, sin embargo, se ratificó que las aguas residuales que llegan a la planta de tratamiento son de tipo doméstico, por lo que se considerará un agua residual de concentración intermedia, con la siguiente composición básica

DBO<sub>5</sub> = 270 mg / l

SS1 = 250 mg / l

SS<sub>t</sub> = 300 mg / l

SSV = 200 mg / l

Se efectuó la revisión de la información existente respecto a análisis de calidad del agua. En esta revisión se consideraron únicamente los resultados obtenidos por la Comisión de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado de Manzanillo (CAPDAM) para 1996 y 1997. Así como los resultados obtenidos durante la campaña de aforo y muestreo realizada en abril de 1997, durante cinco días.

## REVISION DEL PROCESO

### A) SEDIMENTADOR PRIMARIO

Para la revisión del sedimentador primario se consideraron los siguientes datos:

- Gastos para la revisión

Gasto medio:  $Q_{med} = 290$  lps

De acuerdo al Manual de Diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento publicado por la Comisión Nacional del Agua (CNA) el coeficiente de Harmon en este caso será igual a 2.17

Gasto máximo:  $Q_{max} = 290 \times 2.17 = 629$  lps

- Número de unidades: 2 (dos)

- Gastos de diseño por unidad: Gasto medio:  $Q_{med} = 145$  lps

Gasto máximo:  $Q_{med} = 314$  lps

- Dimensiones del tanque: Sección rectangular

Ancho = 9.00 m

Largo = 31.00 m

- Carga superficial actual:

Area del tanque = 279 m<sup>2</sup>

C.s.  $_{med} = 12,528$  m<sup>3</sup> x día / 279 m<sup>2</sup> = 45 m<sup>3</sup> x m<sup>2</sup> / día - (para gasto medio)

C.s.  $_{max} = 97$  m<sup>3</sup> x m<sup>2</sup> / día - (para gasto máximo).

- Tiempo de retención

Tirante de agua = 2.25 m

Volumen del tanque = 628 m<sup>3</sup>

Tiempo de retención = 1 hr 12 min - ( 1.20 hr )

- Carga sobre el vertedor

Longitud del vertedor = 22.50 m

C.s v. = 556.80 m<sup>3</sup> x m / día



- Dimensiones del filtro:

Sección circular :

Diámetro = 30.00 m

Altura del medio filtrante = 2.25 m (7.4 pies)

- Area del filtro:

Area = 706.5 m<sup>2</sup> (0.17 acres)

- Eficiencias de remoción de DBO en los filtro biológicos.

Para determinar las eficiencias teóricas de remoción, se aplicaron los tres criterios recomendados para filtros biológicos con medio de roca, como son: Gallear y Gotaas, National Research Council (NRC), y Eckenfelder, los cuales se desarrollan a continuación criterios de NRC.

- Gasto de recirculación por filtro :  $R_q = 60 \text{ lps (0.42 Q)}$

- Factor de recirculación :  $F = 1 + R_q / (1 + 0.1 R_q)^2$

$F = 1.30$

Eficiencia en el filtro primario (E prim):

$$E_{\text{prim}} = 1 / 1 + 0.0085 (5,247 \text{ lb x día} / 1.25 \text{ acres x pie x } 1.30)^{0.5}$$

$$E_{\text{prim}} = 67 \%$$

DBO<sub>5</sub> en el efluente del filtro primario = 65 mg / l

- Carga Hidráulica en el filtro primario:

$$\text{Gasto total} = 145 + 60 = 205 \text{ lps}$$

$$Ch = 25.00 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \text{ x día}$$

- Carga Volumétrica en el filtro primario:

$$\text{Volumen del filtro} = 1,589.6 \text{ m}^3$$

$$Cv = 2,380 \text{ kg x día} / 1,589.6 \text{ m}^3 = 1.47 \text{ kg} / \text{m}^3 \text{ x día}$$

- Eficiencias de remoción de DBO<sub>5</sub> en el filtro secundario:

DBO<sub>5</sub> aplicada al filtro secundario

$$C. o. = 5,247 \times 0.33 = 1,731 \text{ lb} / \text{día}$$

Eficiencia en el filtro secundario (E sec):

$$E_{\text{sec}} = 1 / 1 + (0.0085 / 1 - 0.67) (1,731 \text{ lb x día} / 1.25 \text{ acres x pie x } 1.30)^{0.5}$$

$$E_{\text{sec}} = 1 / 1 + 0.025 \times 32.63$$

$$E_{\text{sec}} = 55 \%$$

DBO<sub>5</sub> en el efluente del filtro secundario = 29 mg / l

- Carga Hidráulica en el filtro secundario.

$$\text{Gasto total} = 145 + 60 = 205 \text{ lps}$$

$$Ch = 25 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \times \text{día}$$

- Carga Volumétrica en el filtro secundario:

$$\text{Volumen del filtro} = 1,589 \text{ m}^3$$

$$Cv = 785 \text{ kg} / \text{día} / 1,589 \text{ m}^3 = 0.49 \text{ kg} / \text{m}^3 \times \text{día}$$

**Criterio de Gallear y Gotaas**

Ecuación de Galler y Gotaas (1964)

$$Le = [K QLo + RLe]^{1.19} / [(Q+R)^{0.78} (1+D)^{0.67} a^{0.25}]$$

Datos

DBO<sub>5</sub> efluente, a 20°C, mg/l

Temperatura (°C), t = 22

Gasto (MGD), Q = 3.306 (145 lps)

DBO<sub>5</sub> influente (mg/l), Lo = 197

Profundidad filtro (ft), D = 7.382

Reciclo (MGD), R = 1.368 (60 lps)

Radio del filtro (ft), a = 49.213

$$K = [0.0464(43560/P)^{0.13}] / [Q^{0.28} t^{0.15}]$$

$$K = 0.72$$

Le = 49.38 (se dan valores de "Le" hasta igualar los dos valores)

$$Le = 49.38$$

$$\text{Eficiencia} = 74.93$$

**Método de National Research Council (NRC) para filtros en dos pasos**

Primer paso

$$\text{Formula } E1 = 100 / [1 + 0.0085(W1/VF)^{0.5}]$$

Donde

E1 = eficiencia de remoción de DBO<sub>5</sub> en %

W1 = carga de DBO<sub>5</sub> en el primer paso sin recirculación en lb/d

V = volumen de filtro en acres-pies

$$P = (1 + R/Q) / [1 + (1 + P)R/Q]$$

R = reciclo de agua

$$P = 0.9 ; F = 1.30 ; V = 1.29 ; W1 = 5436.16$$

$$E1 = 67.42$$

Segundo paso

$$E2 = 100 / [1 + (0.0085 / (1 - E1) * (W2 / VF)^{0.5})]$$

Donde :

$$DBO^5 \text{ (ef. 1o)} = 64.19 \text{ mg/l} = W2 = 1771.37 \text{ lb/d}$$

$$E2 = 54.15$$

$$DBO^5 \text{ (ef. 2o)} = 29.43 \text{ mg/l}$$

**Método de Eckenfelder para filtros con recirculación**

$$Se/So = (EXP - ksD/Q^n) / [(1+R) - EXP - ksD/Q^n]$$

Donde:  $ks = As * Ks$

$R =$  Reciclo  $R/Q$

$So =$   $DBO_5$  soluble del influente,  $mg/l$

$Se =$   $DBO_5$  soluble del efluente,  $mg/l$

$Ks =$  coeficiente de tratamiento total con base en  $DBO_5$  SOLUBLE,  $gpm^{0.5} / pie^2$

$As =$  area superficial limpia,  $pie^2 / pie^3$

$D =$  profundidad del filtro, pies

$Q =$  carga hidráulica,  $gpm/pie^2$

$n =$  coeficiente hidráulico

Para  $t = 20^\circ C$

$$ks = 0.036 ; n = 0.5 ; ks = ks_{20} * 1.035^{(t-20)} ; ks = 0.0385641 ; R = 0.41 ; Q = 0.30 ;$$

$$Se/So = 0.51$$

$$E1 = 0.49$$

considerando que la eficiencia del segundo paso es:

$$E2 = 0.80E1 = 0.39$$

La  $DBO_5$  efluente será entonces

$$DBO_5 \text{ (ef.)} = 61.12 \text{ mg/L}$$

De los tres criterios aplicados se considera que el que refleja mejor la eficiencia teórica esperada para el sistema de filtros biológicos de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de



- Tiempo de retención :

Tirante de agua	= 1.70 m
Volumen del tanque	= 935 m <sup>3</sup>
Tiempo de retención	= 1 hr 50 min ( 1.79 hr )

- Carga sobre el vertedor

Longitud del vertedor	= 59.00 m
C.s.v.	= 212 m <sup>2</sup> x m / día

Las eficiencias teóricas esperadas para DBO<sub>5</sub> en estas unidades son del 20 %, mientras que las obtenidas de la campaña de monitoreo resultaron variables con un intervalo de variación desde 5.8 % hasta 26.9 %. Este comportamiento es congruente con el observado en otras plantas de tratamiento de aguas residuales y debe corregirse en sus conjuntos para obtener eficiencias estables.

### ***V.3.3 EVALUACION DEL PERSONAL DE OPERACION Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO***

Para efectuar la evaluación del personal que opera y proporciona el mantenimiento a la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Manzanillo, Colima, México, se realizó un censo del personal que labora en ella, en total se registraron 19 personas que son las encargadas de desarrollar todas las actividades requeridas en la planta de Salahuá.

Por otro lado, cabe aclarar que el personal realiza otras actividades fuera de la planta. Esto se debe a que la persona responsable de la operación de la planta de tratamiento de Salahuá, tiene a su cargo el sistema de potabilización de todas las localidades del Municipio de Manzanillo. Lo anterior ocasiona que se utilice personal de la planta para suministrar hipoclorito y gas cloro a las estaciones de desinfección; además de dar mantenimiento preventivo y correctivo a los equipos de cloración e incluso llevar el control de calidad del agua potable

También el personal se desvía para realizar actividades, en coordinación con el encargado de los cárcamos de bombeo de aguas residuales, para efectuar trabajos de limpieza, control de olores y otros relacionados con el sistema de alcantarillado

Otro de los factores que se observa es la falta de personal durante los turnos de la tarde y de la noche, ya que en el primero sólo una o dos personas operan la planta y en el segundo solo una persona cubre este turno. En el último, las actividades son nulas ya que no realiza operaciones de ningún tipo y sólo está para restablecer los equipos en caso de falla eléctrica y dormir, porque trabaja de día en otro empleo. La falta de supervisión a los operadores, y responsabilidad de los mismos, durante la noche y fines de semana principalmente, ha provocado que se descuide la operación de la planta en esos tiempos.

En términos generales, las deficiencias detectadas en la planta de tratamiento, aunadas con las del personal de operación, se reflejan en la calidad del agua tratada

### ***EVALUACION GENERAL DEL PERSONAL DE OPERACION Y MANTENIMIENTO***

A través de los diversos recorridos efectuados por las instalaciones, se observó que las actividades que se realizan en la planta de tratamiento, no se llevan a cabo en forma adecuada, por la falta de periodicidad y efectividad. Por lo anterior, es necesario capacitar al personal para establecer el organigrama de operación y mantenimiento. Además, ésto permitirá establecer las tareas a desarrollar, con el fin de optimizar el manejo del personal de la planta.

En general, se observó que el personal, tal como labora, únicamente cumple con su tarea encomendada y rara vez participa en otras actividades. Lo anterior se agrava debido a qué el régimen sindicalizado de los trabajadores sólo cubre turnos de 8 horas y cualquier esfuerzo adicional que se requiera, únicamente se realiza con remuneración adicional. Lo anterior, que en apariencia es justo y apropiado para los trabajadores, los conduce a vicios y mañas típicas de la burocracia. La más notoria es el encubrimiento, lo que permite al personal omitir actividades, faltas con justificación, e incluso mentir con el fin de no ser reportado.

Uno de los aspectos más graves observados, es la falta de disposición del personal por burocratización, de esta se desprenden un sin número de dificultades que se tienen con el sindicato. Es importante, ofrecer cursos de capacitación para el trabajo en equipo y fomentar la rotación de puestos, motivar al personal con el fin de mejorar la actitud hacia el trabajo, insistiendo en la responsabilidad de cada uno en el grupo de trabajo hacia los habitantes de la localidad y el medio natural.

Debido a que durante el turno de 9:00 a 15:00 hrs se concentra casi la totalidad del personal que labora en la planta, a menudo se presentan retrasos en las tareas por la falta de continuidad.

Existe el problema de puntualidad en el inicio de las labores por las carencias de transporte hacia la planta de tratamiento. Para hacer más simple el traslado del personal a la planta, se tiene asignado a un vehículo del servicio, que hace un recorrido por diferentes puntos de la ciudad, para recoger al personal, con los problemas que se derivan de las impuntualidades acumuladas que originan retrasos colectivos del personal.

Es recomendable que al respecto se disponga de mecanismos más estrictos de control de personal para que se cumpla con la puntualidad y asistencia, renglón que deja mucho que desear. La aplicación de medidas de control son difíciles de aplicar debido a la sindicalización del personal.

En el cuadro V.14 *Relación de actividades realizadas y no realizadas durante la operación de la planta de tratamiento*, se muestra un listado de las actividades que se realizan y de las que deberían utilizarse y que no se llevan a cabo por diferentes causas.

Según se desprende de las entrevistas con el personal, el tener que laborar en la planta representa para ellos un castigo por parte de la administración, puesto que las actividades son más pesadas.

Por otro lado, la superación individual de algún operador no es permitida por los demás, ya que los perjudica.

**CAPITULO V**  
**DIAGNOSTICO FISICO Y DE OPERACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO**

**CUADRO V.14**

**RELACION DE ACTIVIDADES REALIZADAS Y NO REALIZADAS DURANTE LA OPERACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO**

UNIDAD DE TRATAMIENTO	ACTIVIDADES		MOTIVO
	REALIZADAS	NO REALIZADAS	
CAJA DE LLEGADA	REMOCIÓN DE ARENA CADA 15 DIAS	MEDICION Y CONTROL DE FLUJO	NO SE CUENTA CON DISPOSITIVO PARA CONTROL DE FLUJO
SEDIMENTADOR PRIMARIO	MUESTREO DE AGUA CRUDA	REMOCIÓN DE MATERIA FLOTANTE	NO SE EFECTUA CON FRECUENCIA
	EXTRACCIÓN DE LODO 2 VECES POR DIA	ELIMINACIÓN DE NATAS REMOCION DE BASURAS DE LA SUPERFICIE	DE TUBERÍA DE DRENAJE ESTA TAPADA POR EXCESO DE BASURA NO SE REALIZA CON FRECUENCIA
TORRE DE CARGA 1	MANTENIMIENTO CORRECTIVO SISTEMA DE RASTRAS	AL LIMPIEZA DE VERTEDORES Y CANALES	FALTA DE SUPERVISION Y ORGANIZACIÓN
		RESUSPENSION DE LODOS CONTROL DE OPERACION	DE CONDICIONES ANAEROBIAS POR FALTA DE EXTRACCIONES
FILTRO BIOLÓGICO 1er PASO	EXTRACCIÓN DE ARENAS DE LOS BRAZOS SE REALIZA CADA 2 MESES	MANTENIMIENTO A PARTES METÁLICAS	FALTA DE PRESUPUESTO
	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	LIMPIEZA DE BOQUILLAS CON FRECUENCIA	POR FALTA DE SUPERVISION
		REMOCIÓN DE BASURAS Y MALEZAS SOBRE LA SUPERFICIE	POR FALTA DE SUPERVISION
CARCAMO DE RECIRCULACION No 1	MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO AL EQUIPO DE BOMBEO	LUBRICACIÓN DE BALEROS	POR FALTA DE SUPERVISION Y DESCONOCIMIENTO DE PARAMETROS DE CONTROL
		LIMPIEZA AL CARCAMO	POR FALTA DE SUPERVISION
FILTRO BIOLÓGICO 2do PASO	EXTRACCIÓN DE ARENAS DE LOS BRAZOS SE REALIZA DE ACUERDO A LA CARGA DE TRABAJO CADA 2 MESES	MANTENIMIENTO A PARTES METÁLICAS	FALTA DE PRESUPUESTO
	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	LIMPIEZA DE BOQUILLAS CON FRECUENCIA	POR FALTA DE SUPERVISION
		REMOCIÓN DE BASURAS Y MALEZAS SOBRE LA SUPERFICIE	POR FALTA DE SUPERVISION
CARCAMO DE RECIRCULACION 2	MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO AL EQUIPO DE BOMBEO	LUBRICACIÓN DE BALEROS	POR FALTA DE SUPERVISION
		LIMPIEZA AL CARCAMO	
FILTRO BIOLÓGICO SECUNDARIO	EXTRACCIÓN DE LODO 2 VECES POR DIA	MANTENIMIENTO A PARTES METÁLICAS	FALTA DE PRESUPUESTO
	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	REMOCIÓN DE NATAS	FALTA DE SUPERVISION Y EXTRACCIÓN DE LODOS POCAS EXTRACCIONES
		RESUSPENSION DE LODOS	TURBULENCIA PROVOCADA POR MALA DISTRIBUCIÓN DE LA INFLUENTE A ESTA UNIDAD
CANALES DE DRENAJE	CONTROL Y REGISTRO DE OPERACION	LIMPIEZA DE LAS PARTES QUE FORMAN EL SISTEMA DE DRENAJE	DESCONOCIMIENTO DE PARAMETROS DE SUPERVISION DEL SISTEMA
SISTEMA DE OPERACION	VERIFICACIÓN DE LA OPERACION DE LOS EQUIPOS	CONTROL DE LA CANTIDAD DE QUÍMICA	FALTA DE PRESUPUESTO
FILTRO BIOLÓGICO 3er PASO	EXTRACCIÓN DE LODOS	EXTRACCIÓN DE NATAS	LA UNIDAD NO CUENTA CON PENNATADOS Y UNAS EN NATAS
TANQUE DE LIMPIEZA CON FLOCCULANTES	MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO	LIMPIEZA AL CANAL Y VERTEDORES	FALTA DE SUPERVISION
		EXTRACCIÓN DE LODO DE LOS CANALES	FALTA DE SUPERVISION

## V.4 DIAGNOSTICO TOPOGRAFICO Y GEOTECNICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Con el fin de obtener el arreglo general actualizado de la planta, se realizó un levantamiento topográfico, con el cual se ubicaron por medio de coordenadas, tanto la cerca perimetral del predio de la planta de tratamiento de aguas residuales, como cada una de las unidades y edificios que integran el conjunto de la misma.

Se realizó el estudio geotécnico en el predio, para revisar, en primera instancia, el estado actual de las estructuras existentes y para proponer las soluciones a los proyectos faltantes, en cuanto a cimentaciones, excavaciones y capacidad de carga admisible del terreno.

Los trabajos de exploración consistieron en la excavación de tres pozos a cielo abierto (PCA-1 a PCA-3) con recuperación de muestras representativas. Todas las muestras obtenidas se clasificaron visualmente y al tacto en el campo, y debidamente protegidas, se trasladaron al laboratorio para realizarles ensayos para su dosificación.

La estratigrafía está constituida en forma general por intercalaciones de arena y arenas arcillosas, el nivel freático no se detectó a la profundidad excavada en ninguno de los pozos a cielo abierto.

### V.4.1 DIAGNOSTICO TOPOGRAFICO

En primera estancia se realizó el levantamiento topográfico. Este se realizó utilizando para ello una estación topográfica total marca Sokkia set-3, con la cual se establecieron, la poligonal de apoyo que consta de 8 vértices y a partir de ésta se midieron radiaciones a cada uno de los elementos que integra la planta de tratamiento, caracterizadas mediante un ángulo y una distancia, datos con los que calcularon las coordenadas de cada punto.

En total se levantaron 311 radiaciones, con las cuales se completó la definición de todas las estructuras y elementos importantes que integran el arreglo de conjuntos de la planta de tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de Manzanillo, Colima, México. En forma complementaria, se configuró el terreno no ocupado por estructuras, con curvas de nivel a cada 0.50 m, esto para contar con el apoyo necesario para la realización de los proyectos faltantes que se requieren.

Las diferentes unidades, una vez ubicadas mediante distancias y rumbo, fueron dimensionadas con cinta métrica para su correcta determinación y vertido a un plano general

En forma adicional se nivelaron cuatro puntos de cada estructura con el fin de conocer tanto la cota de corona, como las de terreno natural. Con las nivelaciones de los puntos más importantes de cada elemento de la planta se caracterizaron las alturas y profundidades de tanques y cárcamos y, en general, de cada estructura.

#### **V.4.2 DIAGNOSTICO GEOTECNICO**

La exploración del terreno se planteó de tal manera que fuera posible determinar la estratigrafía general y obtener datos de los materiales encontrados

##### **V.4.2.1 EXPLORACION DEL SITIO**

Los trabajos de se realizaron mediante, la excavación de tres pozos a cielo abierto (PCA-1 a PCA-3) con recuperación de muestras representativas (por la naturaleza propia de los materiales del subsuelo no fue posible recuperar muestras cúbicas). Todas las muestras obtenidas se clasificaron visualmente y al tacto en el campo y, debidamente protegidas, se trasladaron al laboratorio para realizarles ensayos de clasificación

##### **V.4.2.2 ENSAYES DE LABORATORIO**

**Determinación de propiedades índice** Para la clasificación de los materiales encontrados se programaron determinaciones de contenidos de agua, límites de consistencia, porcentaje de finos, granulometría y densidades de sólidos cuyos resultados se presentan en resumidos el cuadro V 15 *Resultados de ensayos de laboratorio*. Para la determinación de propiedades mecánicas de los materiales se recurrió a correlaciones de tipo empírico respecto a la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos

##### **V.4.2.3 ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES DEL SUBSUELO**

En general los materiales encontrados en el sitio de la planta están integrados por un espesor de arena medianamente compacta de espesor variable entre 0.50 y 1.50 metros, subyacidos por un estrato de arena arcillosa y medianamente compacta y finos de baja compresibilidad (Cl) en un espesor no definido. No se encontró el nivel freático en la profundidad del sondaje realizado

CUADRO V.15  
PLANTA DE TRATAMIENTO DE MANZANILLO, COLIMA, MEXICO.  
RESULTADO DE ENSAYES DE LABORATORIO

Pozo a Cielo Abierto (PCA) No.	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD (m)	ANALISIS GRANULOMETRICO			LIMITE DE CONSISTENCIA			CLASIFICACION SUCS	go (kg/m <sup>3</sup> )	w (%)	Ss
			GRAVA %	ARENA %	FINOS %	Liquido %	Limite Plastico %	Indice Plastico %				
1	1	0.00 - 0.50	5.7	88.90	5.40				SW		2.9	2.67
	2	0.50 - 1.50	1.5	68.50	29.00	21.7	17.8	3.9	SC	1650	9.6	2.59
2	1	0.00 - 0.60	4.8	91.3	3.9	**	**	**	SP		1.9	2.64
	2	0.60 - 2.00	4.40	82.80	12.80	**	**	**	SW		3.5	2.7
	3	2.00 - 2.50	0.0	54.80	45.20	31.4	15.4	16.0	SC - CL	1600	13.0	2.54
3	1	0.00 - 1.70	4.00	83.9	2.1	**	**	**	SW		2.42	2.66
	2	1.70 - 2.30	1.00	47.70	51.30	33.9	19.4	14.5	CL - SC	1630	15.1	2.47

## DIAGNOSTICO FISICO Y DE OPERACION DE LA PLANTA

### V.4.2.4 ANALISIS Y REVISION, DISEÑO GEOTECNICA DE CIMENTACIONES

En los proyectos complementarios se contemplan estructuras livianas como son: edificios para almacenes de cloro y tanques de concreto, digestoras de lodos, tanque de contacto con cloro y espesadores.

Se considera que las estructuras que integran la planta de tratamiento, transmiten esfuerzos de contacto máximo aproximados de  $8 \text{ ton/m}^2$ , considerando un tirante de agua dentro de los tanques de 5 metros y el peso muerto de la estructura vacía del orden de  $3 \text{ ton/m}^2$

Para la cimentación de tanques, dada la uniformidad de la carga que se transmitirá a la base de los tanques, y considerando que el apoyo será en terreno natural compacto y/o cementado, la solución más adecuada para su cimentación es mediante una losa de concreto rigidizada con trabes (dependiendo esto de las condiciones de rigidez que se le quieran dar a la losa trabajando ésta como un elemento único)

En el caso de la cimentación de estructuras livianas, la solución será mediante zapatas corridas, dependiendo esto de la estructuración que se adopte

Se considera que las cimentaciones deberán estar situadas a una profundidad de desplante mínima de 0.80 metros por debajo de la superficie del terreno

En cuanto a la capacidad de carga en suelos con las características mencionadas anteriormente, se estimó en base a correlaciones de carácter empírico respecto a la resistencia al esfuerzo cortante y considerando estos suelos como puramente friccionantes. Donde los parámetros de resistencia utilizados son los mínimos obtenidos por correlaciones empíricas para suelos friccionantes, el ángulo de fricción interna mínimo considerado fue de  $\phi = 33^\circ$ , que corresponde a un suelo de compactidad suelta a media, lo cual nos proporciona la capacidad de carga admisible del orden de  $20 \text{ ton/m}^2$

Esta capacidad de carga admisible es aceptable, ya que es mayor que la descarga máxima probable (considerada de  $8 \text{ ton/m}^2$  por tanques de concreto)

ificaciones, cuya solución de cimentación sea por medio de zapatas  
na capacidad de carga admisible en zapatas corridas con un ancho de 1.0

Los asentamientos probables o desplazamientos verticales que se presentan en  
los apoyados en suelos friccionantes, se utilizaron módulos elásticos obtenidos de correlaciones  
con el tipo de material encontrado en el subsuelo, con los cuales se obtuvieron deformaciones  
elásticas del orden de 0.03 metros en tanques de 10 y 40 metros de dimensión mínima en planta. Lo  
anterior es importante ya que en el diagnostico topográfico no se detectaron hundimientos  
diferenciales mayores a los teóricos para todas las estructuras de la planta después de alrededor de  
siete años de vida útil.

Los taludes en los cortes que se requieran para el proyecto, considerando la poca variación de  
resistencia que presentan los materiales del sitio, podrán ser de 0.25 : 1 (horizontal : vertical), para  
excavaciones menores a 1.0 metro de profundidad de 0.50:1 para excavaciones hasta de 2.50  
metros de profundidad como taludes recomendados.

Para la condición de tanque vacío, se consideró que, debido a la ausencia de nivel freático, no habrá  
efectos de supresión en las estructuras y considerando propiedades hidráulicas del subsuelo, no se  
tendrán problemas en lo que respecta a la no disipación de presiones por debajo de las losas de  
cimentación.

### V.5 DIAGNOSTICO GENERAL DEL DISEÑO FUNCIONAL E HIDRAULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Con la información recabada en campo y la obtenida durante los trabajos de aforo, muestreo,  
caracterización, levantamiento físico de las unidades, así como con la generada en gabinete, se  
realizó el diagnóstico general del diseño funcional e hidráulico de la planta de tratamiento de aguas  
residuales de la ciudad de Manzanillo, Colima, México.

El diagnóstico se efectuó tomando en cuenta los dos trenes (entendiéndose por tren la trayectoria  
que sigue el agua a través de las estructuras que componen la planta de tratamiento de aguas

residuales) proyectados que componen la planta de tratamiento, y en particular, cada una de las unidades o estructuras que los integran; finalmente, a partir de estos resultados, se elaboró el diagnóstico integral del sistema de tratamiento

Tomando como referencia el plano del arreglo de conjunto, que fue validado con el levantamiento topográfico y los levantamientos físicos realizados (plano 3 *Levantamiento físico de la planta de tratamiento*), se observa que el proceso de tratamiento se compone de dos líneas o formas de distribución: la de distribución de agua y la de captación de lodos. Tanto la línea de agua como la de captación de lodos fueron diseñadas en dos etapas, cada una para un gasto de 260 lps, con lo que la capacidad total del proyecto resulta de 520 lps.

Solo está construida una etapa, en forma incompleta, ya que la línea de agua no contempla la estructura de pretratamiento y el tanque de contacto con cloro para desinfectar el agua del efluente; además, a la línea de lodos le hacen falta las unidades o estructuras de digestión y deshidratado de lodos. Para la línea de agua el pretratamiento puede ser omitido ya que los cárcamos de bombeo cuentan con cribado y desarenación, sin embargo, dicho pretratamiento no opera eficientemente

La línea de captación de lodos se construyó empleando espesamiento y encalado en un tanque de mezclado, a ésta le faltaron el proceso de digestión y deshidratado ya que el gobierno municipal no contaba con recursos económicos suficientes. La solución para hacer inerte el lodo consistió en la construcción de un tanque de estabilización. Esta unidad permitiría que el lodo se estabilizara por medio de la adición de una lechada de cal. Con este método se eleva el potencial de Hidrógeno (pH) hasta 12, ocasionando la inactivación de los organismos patógenos presentes

De esta forma, el lodo estabilizado puede ser dispuesto en algún relleno sanitario cercano a la planta de tratamiento, acción que no se lleva a cabo

#### **LINEA DE AGUA**

Del levantamiento físico realizado a las instalaciones de la planta de tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de Manzanillo, Colima, México, se observa que el orden de tratamiento se

conforma de dos módulos. Cada módulo tiene capacidad de diseño de 130 lps. El tren de tratamiento actual se compone de las unidades y estructuras siguientes:

- a) Caja de llegada y/o de distribución (diseñada para emplearse en las dos etapas)
- b) Sedimentadores primarios (dos unidades de tipo rectangular)
- c) Torres de distribución hacia los filtros del primer paso (común a los dos sedimentadores)
- d) Filtro biológico del primer paso (dos estructuras circulares)
- e) Cárcamo de recirculación del primer paso (común a los dos biofiltros)
- f) Torre de distribución hacia los filtros del segundo paso (común a los dos biofiltros)
- g) Filtros biológicos del segundo paso (dos estructuras circulares)
- h) Cárcamo de recirculación del segundo paso (común a los dos biofiltros)
- i) Sedimentadores secundarios (dos unidades de tipo rectangular)
- j) Canal o medidor tipo Parshall

#### **LINEA DE LODOS**

- a) Espesador para la primera etapa (una unidad circular con rastras)
- b) Tanques de estabilización con cal (dos unidades cuadradas con mezclador)
- c) Cárcamo de lodos

#### **GASTO DE DISEÑO Y OPERACION**

El Proyecto de la planta de tratamiento de Salahueta fue diseñada para una capacidad total de 520 lps en dos etapas de 260 lps, cada una. La primera etapa se construyó e inauguró en 1988 y con ella se planteó resolver la problemática de tratamiento hasta 1990, sin embargo, aún no se ha programado la construcción de la segunda etapa, misma que es urgente.

La planta de tratamiento está recibiendo un gasto medio de 290 lps, que supera en 30 lps su capacidad instalada (sobrecarga del 10%). Por otra parte, los gastos pico registrados durante la campaña de aforo y muestreo corresponden a un gasto máximo de 562 lps, mientras que el gasto mínimo resultó de 148 lps. Como puede observarse, ambos gastos pico son representativos de los esperados a partir del gasto medio ( $Q_{med}$ ) registrado, ya que el gasto máximo  $Q_{max}$  es 1.94 veces el  $Q_{med}$  y el gasto mínimo  $Q_{min}$  representa 0.51 del  $Q_{med}$ .

### V.5.1 DIAGNOSTICO GENERAL

A partir de los resultados obtenidos del muestreo y caracterización del agua al paso por las diferentes unidades de la planta, en el capítulo V *Diagnóstico Físico y de Operación de la planta de tratamiento*, subcapítulo V.3 *Diagnóstico de la eficiencia del tratamiento*, se realizó la evaluación de las eficiencias de tratamiento de la planta en forma general, pero particularizando para cada unidad, por lo que en éste capítulo se efectuará, en forma resumida, la revisión de las condiciones de operación de la planta por unidad, módulo y tren del sistema integral de tratamiento, con la finalidad de puntualizar los aspectos más importantes que inciden en el diagnóstico.

Tomando en cuenta los criterios establecidos en el subcapítulo V.3 *Diagnóstico de la eficiencia del tratamiento*, se formó el cuadro V 16 *Condiciones y parámetros con los que opera el sistema de tratamiento para DBO<sub>5</sub>*, en el que se presentan en forma concentrada las condiciones actuales con las que esta operando la planta, incluyendo: tiempos de retención; cargas hidráulica, volumétrica, y másica (orgánica); y eficiencias de remoción, para el parámetro más importante en el proceso con respecto a ésta unidad como Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV).

En lo referente a coliformes totales y fecales, los resultados de calidad indican que prácticamente no se cuenta con remoción alguna de microorganismos debido principalmente a que se carece de tanque de contacto con cloro y a que la dosificación de cloro no es la adecuada para éste proceso.

CUADRO V.16

CONDICIONES Y PARAMETROS CON LOS QUE OPERA EL SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO A LOS 5 DIAS (DBO<sub>5</sub>)

UNIDAD	GASTO DISEÑO (l/s)	GASTO OPERACION (l/s)	TIEMPO RETENCION (Hr. Min.)	CARGA HIDRAULICA (m <sup>3</sup> m <sup>2</sup> Dia)	CARGA ORGANICA (MASCIA) (Kg/Dia)	CARGA VOLUMETRICA (Kg/m <sup>3</sup> Dia)	EFICIENCIA TEORICA DISEÑO (%)	EFICIENCIA REAL OPERACION (%)	OBSERVACIONES
SEDIMENTADOR PRIMARIO	130	179	00:58	55	4178		27	21.0 a 45.9	
RECIRCULACION 1er. PASO	650	120							
FILTRO ROCIADOR 1er. PASO	130	133 <sup>1</sup>		23.59 <sup>2</sup>	2264 <sup>1</sup>	1.42 <sup>1</sup>	49	12.8 a 16.8	<sup>1</sup> SIN RECIRCULACION
RECIRCULACION 2do PASO	442	120							
FILTRO ROCIADOR 2do. PASO	130	139 <sup>1</sup>		24.32 <sup>2</sup>	2365 <sup>1</sup>	1.49 <sup>1</sup>	49	11.9 a 30.7	<sup>1</sup> CON RECIRCULACION
SEDIMENTADOR SECUNDARIO	130	130	02:00	20.42				11.8 a 26.9	
S E G U N D O T R E N									
SEDIMENTADOR PRIMARIOS	130	119	01:28	36.85	3054		27	16.1 a 48.6	
RECIRCULACION 1er. PASO	650	120							
FILTRO ROCIADOR 1er. PASO	130	165 <sup>1</sup>		27.50	2808 <sup>1</sup>	1.77	39	9.5 a 35.9	<sup>1</sup> SIN RECIRCULACION
RECIRCULACION 2do PASO	442	120							
FILTRO ROCIADOR 2do. PASO	130	159 <sup>1</sup>		26.77 <sup>2</sup>	2706 <sup>1</sup>	1.70 <sup>1</sup>	39	1.2 a 30.7	<sup>1</sup> CON RECIRCULACION
SEDIMENTADOR SECUNDARIO	130	160	01:37	25.13				5.8 a 24.2	

Estos resultados se registraron durante la campaña de aforo y muestreo el día 19 de abril de 1997.

## V.5.2 PRETRATAMIENTO

Es necesario revisar las condiciones de operación de la planta, con respecto a la falta de la estructura de pretratamiento y a las características existentes de las instalaciones de la misma.

Debido a que el sistema de alcantarillado descarga por gravedad a las plantas de bombeo y las estructuras de pretratamiento no operan correctamente, se tienen diversos problemas por la acumulación de arena y sólidos sedimentados en los cárcamos. Esto ha ocasionado malos olores y que las bombas succionen la arena y la conduzca hasta la caja de llegada o de distribución de la planta de tratamiento de Salahua

En esta caja receptora, la acumulación de arena y la turbulencia con que llega el agua de alimentación a la unidad, han provocado que el material pase al vertedor y entre al sedimentador primario. Para extraer el material de esta caja se tienen problemas, ya que el área de maniobras es reducida y no es posible sacar de operación la estructura. La limpieza periódica de la caja distribuidora ha acumulado un volumen considerable de sólidos que han sido dispuestos inadecuadamente en las inmediaciones de esta estructura. Por lo anterior, se hace necesario el diseño y construcción de una estructura para efectuar el pretratamiento del influente de la planta de tratamiento y resolver con ello el problema planteado

Del mismo modo, en el cuadro V 17 *Cuadro comparativo de parámetros de diseño, condiciones de proyecto y condiciones actuales de operación*, se presenta el balance de masa tomando en cuenta los parámetros más representativos como son Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV). Para efectuar el balance de masa se consideraron las eficiencias promedio para cada unidad, obtenidas durante la campaña de monitoreo. Del cuadro V 17 *Comparativo de parámetros de diseño, condiciones de proyecto y condiciones de operación*, se observa que con el sistema de tratamiento, tal como opera, no es posible cumplir con las condiciones particulares de descarga

En forma complementaria, para realizar el balance de masa, se requirió determinar el balance hidráulico cuyos resultados se muestran en la figura V 1 *Diagrama de flujo y puntos de control para el balance hidráulico* y plano 4 *Perfiles hidráulicos*. Este se efectuó con los gastos promedio medidos en cada unidad durante la campaña de monitoreo.

CUADRO V.16

CONDICIONES Y PARAMETROS CON LOS QUE OPERA EL SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO A LOS 5 DIAS (DBQ.)

UNIDAD	GASTO DISEÑO (l/s)	GASTO OPERACION (l/s)	TIEMPO RETENCION (hr: Min.)	CARGA HIDRAULICA (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /Día)	CARGA ORGANICA (Kg/Día)		EFICIENCIA TEORICA DISEÑO (%)	EFICIENCIA REAL OPERACION (%)	OBSERVACIONES
					ORGANICA (Kg/Día)	VOLUMETRICA (Kg/m <sup>3</sup> /Día)			
<b>P R I M E R T R E N</b>									
SEDIMENTADOR PRIMARIO	130	179	0:58	55	4176		27	21.0 a 45.9	
RECIRCULACION 1er. PASO	650	120							
FILTRO ROCIADOR 1er. PASO	130	133 <sup>1</sup>		23.59 <sup>2</sup>	2264 <sup>1</sup>	1.42 <sup>1</sup>	49	-12.8 a 16.8	<sup>1</sup> SIN RECIRCULACION
RECIRCULACION 2do PASO	442	120							
FILTRO ROCIADOR 2do. PASO	130	139 <sup>1</sup>		24.32 <sup>2</sup>	2365 <sup>1</sup>	1.49 <sup>1</sup>	49	11.9 a 30.7	<sup>2</sup> CON RECIRCULACION
SEDIMENTADOR SECUNDARIO	130	130	2:00	20.42				11.8 a 26.9	
<b>S E G U N D O T R E N</b>									
SEDIMENTADOR PRIMARIOS	130	119	1:28	36.85	3054		27	16.1 a 48.6	
RECIRCULACION 1er. PASO	650	120							
FILTRO ROCIADOR 1er. PASO	130	165 <sup>1</sup>		27.50	2808 <sup>1</sup>	1.77	39	-9.5 a 35.9	<sup>1</sup> SIN RECIRCULACION
RECIRCULACION 2do PASO	442	120							
FILTRO ROCIADOR 2do PASO	130	159 <sup>1</sup>		26.77 <sup>2</sup>	2705 <sup>1</sup>	1.70 <sup>1</sup>	39	1.2 a 30.7	<sup>2</sup> CON RECIRCULACION
FILTRO ROCIADOR 2do PASO	130	160	1:37	25.13				5.8 a 24.2	

<sup>1</sup> So registraron durante la campaña de atoro y muestreo el día 19 de abril de 1997.



### V.5.3 SEDIMENTADORES PRIMARIOS

Al existir problemas en la caja de llegada y en los dispositivo de control, se observa que los gastos que ingresan a los dos sedimentadores primarios son diferentes, a pesar de que se tiene simetría en las tuberías de alimentación. Sin embargo, la cantidad de agua que ingresa a cada sedimentador esta gobernada por las condiciones de descarga, es decir, por las características geométricas y funcionales de la estructura de descarga. Esta estructura consiste, de un canal con una placa vertedora, que tiene en conjunto 150 vertedores triangulares, que son los que controlan la descarga de cada sedimentador. La diferencia en la distribución de gastos se debe a que la elevación dominante a la que se colocó la placa vertedora, es más elevada en el sedimentador 2 que en el 1, por lo cual se establecen tirantes diferenciales que ocasionan la diferencia en los caudales.

Como resultado de los muestreos y caracterización del influente y efluente a los sedimentadores. se observaron eficiencias variables en la remoción de contaminantes. Sin embargo, las eficiencias de remoción, tanto de Demanda Bioquímica de Oxígeno a los cinco días (DBO<sub>5</sub>) como de Sólidos Suspendidos Totales (SST) en términos generales, resultaron las esperadas para éstas estructuras, ya que se obtuvieron eficiencias de entre 20 y 45 % para DBO<sub>5</sub> y de 35 a 70 % para SST, por lo que se considera que la deficiencia en la colocación de los vertedores no es determinante en el comportamiento general de los sedimentadores de la planta de tratamiento, aunque si es importante para el proceso hidráulico. Este problema se debe corregir, para lo que se deberán nivelar las placas vertedoras, teniendo un control topográfico para asegurarse que se ubiquen a la misma elevación, y con esto asegurar la equirrepartición de gastos. Se recomienda el cambio de las placas y que sean ajustables para poder corregir posibles errores en la distribución y gasto de alimentación.

Otro problema que se observó en ésta unidad, es la gran acumulación de sólidos flotantes. que se presentan debido a la falta de cribado en la planta de tratamiento y a la operación deficiente en los cárcamos de bombeo. En ésta estructura la materia flotante, en su gran mayoría plásticos como pedazos de bolsas, taparrosas de envases, pelotas pequeñas y basura en general, queda suspendida al final del sedimentador. La estructura cuenta con un desnatador que poco funciona. ya que las basuras han tapado el sistema de drenaje, cuya función no es la de eliminar basura sino natas que se componen de grasas y materia orgánica flotante, el desnatador se compone de una

tubería de acero con una perforación a lo largo de la misma que permite, al ser girada por un mecanismo manual, la captación de la materia flotante

La solución al problema consiste en construir el sistema de pretratamiento que incluye los procesos de cribado y desarenación, pero, en tanto se construye esa unidad y aún construida, para retener la mayor cantidad de los sólidos que logren pasar por el pretratamiento se tiene una solución complementaria que consiste en colocar en el registro donde descarga la tubería del desnatador, una canastilla que retenga la mayor cantidad de materia flotante gruesa.

Para dar solución integral a este problema, también será necesario cambiar por un diámetro mayor, la tubería del sistema del desnatador y reparar el mecanismo de giro. El drenaje adjunto que recaba las natas se conduciría hasta el punto de alimentación al digestor de lodos cuando este se construya. El subproducto no debe volver a entrar al sistema ya que las natas no se eliminan tan fácilmente en este tipo de proceso.

Para mejorar y eficientar la extracción de lodos primarios y secundarios se tiene la opción de automatizar las válvulas. Esto consiste en colocar válvulas con actuadores o sensores eléctricos que sean gobernadas por un sistema computarizado. El sistema previamente programado abrirá las válvulas una por una, el número de aperturas y su duración serán determinados de acuerdo a la experiencia que se tiene con la extracción de lodos, y tomando en cuenta que la línea de lodos deberá contemplar el espesamiento, la digestión y la deshidratación. Con el esquema completo se tendrá la capacidad para incrementar el número de extracciones, con lo que se obtiene una mayor eficiencia en los sedimentadores, se evitan malos olores, condiciones anaerobias que alteren el proceso y se requerirá menor mano de obra para su operación.

En caso de no colocar válvulas automatizadas, se requerirá programar los tiempos de extracción y permitir que el lodo salga, evitando que pasen volúmenes importantes de agua que ocasionen reducción en la capacidad de la unidad de espesamiento. Se recomienda efectuar 4 extracciones de lodo durante 24 horas.

### **TORRE DE ALIMENTACION A FILTROS PRIMARIOS**

Siguiendo el curso de la línea de agua, la siguiente estructura que se localiza es la torre de alimentación a los filtros primarios o biofiltros. De esta estructura se puede mencionar que recibe el agua del efluente de ambos sedimentadores primarios y la mezcla con la proveniente del cárcamo de recirculación, para formar el caudal que se alimenta a los biofiltros

#### **V.5.4 FILTROS BIOLÓGICOS (PRIMER Y SEGUNDO PASO)**

Además de hablar de los 4 filtros biológicos, tocará el turno a la torre de carga 2 y a los cárcamos de recirculación de segundo paso.

#### **FILTROS BIOLÓGICOS, PRIMER PASO**

En los biofiltros del primer paso ocurre un fenómeno similar al comentado en el apartado de los sedimentadores primarios, es decir, se establecen gastos diferentes en cada filtro. Lo anterior, se debe a que la colocación del eje de las boquillas de descarga del agua, también está colocado a diferente elevación. Esta diferencia es relativamente pequeña, sin embargo, debido a que la planta de tratamiento opera con una tasa de recirculación de tan sólo  $0.48 Q_{med} = 125$  lps, al reducirse las pérdidas de manera importante, la diferencia en la colocación de los distribuidores se hace más marcada, ocasionando que hacia el biofiltro del primer tren se alimente el 44% del caudal, mientras que hacia el segundo tren fluya el 56 % restante. El problema anterior disminuye al aumentar la tasa de recirculación de diseño de 2.50. Este problema hidráulico no es por sí solo determinante en el comportamiento general de la planta de tratamiento, ya que es mucho más negativo el aspecto de la disminución de la tasa de recirculación.

Un problema que se deriva de la disminución de la tasa de recirculación es que los distribuidores, dado que fueron diseñados para una carga hidráulica mayor, cuando se presentan gastos mínimos dejan de rotar, deteniendo con ello el proceso y bajando, obviamente, la eficiencia en la operación. El medio entonces, pierde humedad en algunas zonas, provocando alteraciones en la biopelícula, que no permiten establecer el proceso y producen una condición de eficiencia variable. Por otro lado, al caer el chorro de agua en un lugar fijo durante un período prolongado, se genera un lavado del medio biológico, produciendo arrastre de la biopelícula y acentuando con esto las condiciones descritas.

Si se revisa la bibliografía técnica citada al final de esta tesis, respecto a filtros percoladores con medio de empaque a base de roca, que es nuestro caso, se observa que existen varios aspectos importantes que hay que cuidar en el diseño y operación de estas unidades de tratamiento. Entre los aspectos más importantes se tienen: la granulometría del medio, las condiciones de aireación, la tasa de recirculación, la velocidad de rotación de los distribuidores y la lámina de aplicación. Estos dos últimos parámetros están relacionados entre sí.

Con respecto al primer parámetro, de la revisión realizada en campo, se encontró que la granulometría del medio de empaque es inadecuada, debido a que presenta un porcentaje muy elevado de diámetros pequeños, es decir, el medio está formado en un 30 % con diámetros menores a 1 1/2". La Water Environment Federation (WEF), recomienda que la granulometría de los medios de piedra cumplan con que el 95 % o más, sea retenido por la malla de 1 1/2". Lo que significa que como máximo el 5 % puede ser con diámetro menor de 1 1/2". Lo anterior ocasionó en un principio, que al ocurrir el lavado del medio se arrastraron los finos hacia capas inferiores, produciendo taponamientos en conjunto con la materia orgánica, lo que ha provocado, por una parte, enlaguecimientos o inundaciones superficiales, y por la otra, condiciones anaerobias en algunas zonas del biofiltro. La granulometría con diámetros pequeños disminuye además la relación de vacíos, reduciendo también la capacidad de aireación, aspecto muy importante tratándose de un tratamiento biológico aerobio.

En lo que respecta a la tasa de recirculación, en el manual de la WEF se menciona que son recomendables tasas de recirculación entre 0.5 y 4 veces el gasto medio ( $Q_{med}$ ), asimismo, se tienen evidencias de que tasas mayores no se traducen en mejoras substanciales en la eficiencia de los biofiltros, pero sí incrementan los costos de operación a través del bombeo. Si se atiende a la recomendación anterior, se puede observar que la tasa con la que operan los filtros corresponde a 0.48, que es inferior a la recomendada. Sin embargo, si se revisan las teorías de diseño más usuales, se encuentra que, a mayor recirculación, mayor eficiencia (hasta el límite de 4 veces el gasto medio). Para realizar la evaluación de los biofiltros se hizo una revisión analítica de estas unidades o estructuras. La revisión consistió en utilizar las ecuaciones de diseño y los datos obtenidos en campo para verificar las eficiencias. También, se realizaron cálculos con los datos de

diseño, con los datos de calidad registrados históricamente en la planta de tratamiento y con los obtenidos durante este diagnóstico.

Según la bibliografía técnica referenciada, los criterios de diseño más apropiados para filtros empacados con roca son los de Galler y Gotaas, National Research Council (NRC) y Eckenfelder. Tomando estos criterios como normativos del comportamiento actual de los filtros, desarrollados en detalle en el subcapítulo V.3 *Diagnóstico de la eficiencia del tratamiento*, se revisaron numéricamente las eficiencias con las que opera la Planta de Tratamiento.

De los criterios analizados, se considera que el más representativo de las condiciones observadas en la planta de tratamiento es el de Eckenfelder, criterio con el que se diseñaron originalmente los biofiltros y que es el más conservador de los tres analizados. Con este criterio, se obtuvo una eficiencia teórica en cuanto a Demanda Bioquímica de Oxígeno a los cinco días ( $DBO_5$ ), para el primer paso del 49%, mientras que la eficiencia real obtenida en el biofiltro del segundo tren en dos de los tres días de medición resultó de 35 %, mientras que el primer día resultó de -9.5 %. En el biofiltro del primer tren, sin embargo, los resultados fueron muy inferiores, variando desde -12.8 % hasta 16.8 %. Estos resultados son entendibles si se observa que en el biofiltro del primer tren es el que mayores problemas de giro tiene. La baja eficiencia teórica obtenida se debe a la disminución de la tasa de recirculación con la que se opera, ya que si se contempla la condición de diseño propuesta, de una tasa de recirculación de 2.5, se obtiene una eficiencia del 72 %.

De los dos biofiltros del primer paso, el filtro del primer tren es el que presenta mayores problemas de operación, debido a la diferencia en los gastos de alimentación, ya que al recibir este filtro menor gasto, se hace más crítica la problemática descrita.

El problema de la baja tasa de recirculación con la que se opera la planta de tratamiento se debe, entre otras causas, al costo que representa el bombeo de un gasto mayor, por una parte, y a condiciones de tiempos de estabilización del flujo, por la otra, si se arrancan las otras dos bombas de que dispone el cárcamo de recirculación, se vacía dicho cárcamo.

Lo anterior se debe probablemente a que no se dá el tiempo suficiente entre el arranque de una bomba y otra, dado que el flujo requiere de un periodo de estabilización razonable, en función de las

características del sistema Esta calibración debe hacerse en campo, observando los caudales que se establecen una vez que se puso en marcha la segunda bomba y no se procederá al arranque de la tercera, hasta que el flujo se mantenga constante. También este problema se debe a que el medio filtrante retiene el agua durante un periodo largo, debido a la mala granulometría contenida.

Con respecto a las mediciones realizadas de la velocidad de rotación de los distribuidores, se encontró que para gastos superiores al gasto medio, se presentan velocidades de entre 0.3 a 1.0 Revoluciones Por Minuto (RPM), es decir una vuelta cada 3 minutos y hasta una vuelta cada minuto Si lo anterior ocurre con los gastos medidos, es evidente que si se aplican las tasas de recirculación de diseño, las velocidades de rotación serán mayores. La bibliografía recomienda operar los filtros percoladores con velocidades de rotación mucho más lentas, de entre 20 y 55 minutos por giro. Con estas velocidades, se menciona que es posible eliminar inclusive la recirculación. Tales velocidades, son muy difíciles de establecer con distribuidores hidráulicos, por lo que se requiere de motorreductores perimetrales y variadores de velocidad, que permitan tener un control de la velocidad.

Respecto a la lámina hidráulica aplicada, parámetro también llamado "spullkraft" o simplemente SK, también se realizaron mediciones que indican láminas pequeñas. Los valores registrados durante los levantamientos físicos indican una variación de entre 50 mm y hasta 70 mm

Este parámetro se puede determinar analíticamente mediante la expresión

$$SK = \left\{ (q+R)(1000 \text{ mm/m}) \right\} / \left\{ (a)(n)(60 \text{ min/h}) \right\}$$

Donde

SK = intensidad de riego de cada brazo, mm/pasada

q+R = tasa hidráulica promedio, m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>\*h

a = número de brazos

n = velocidad de rotación, Revoluciones Por Minuto (RPM)

Si se consideran las características de operación y la geometría existente de la planta de tratamiento, se puede calcular este parámetro mediante q+R = 1 044, a = 4 y n = 0.5

$$SK = \left\{ (1044 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}) (1000 \text{ mm/h}) \right\} / \left\{ (4)(0.5)(60 \text{ min/h}) \right\}$$

SK = 87 mm/pasada

La gran diferencia entre el SK medido y el teórico se debe a que el valor teórico es un valor medio, sobre toda la superficie del filtro, mientras que el valor medido corresponde a una franja pequeña de toda el área y dado que la lámina real no es uniforme en toda el área del filtro.

Si se toman en cuenta las recomendaciones de diseño de la Bibliografía, de acuerdo con la carga orgánica que se tiene, para obtener buena eficiencia de los filtros, la lámina debe de ser de entre 40 y 250 mm/pasada, para un mejor comportamiento de los biofiltros es recomendable aumentar el SK a cuando menos 150 mm/pasada. Lo anterior, como en el caso de la velocidad de rotación, solamente puede conseguirse utilizando motorreductores y variadores de velocidad. Es por esto que estos dos parámetros tienen relación directa, ya que a menor velocidad de rotación, mayor lámina de riego.

#### ***CARCAMO DE RECIRCULACION, PRIMER PASO***

Si se toma en cuenta que la alimentación a los biofiltros está afectada por la cantidad de caudal recirculado o tasa de recirculación, es necesario realizar algunas observaciones antes de pasar a los biofiltros. En el cuadro V.16 *Condiciones y parámetros con los que opera el sistema de tratamiento para DBO<sub>5</sub>*, se puede observar que los filtros del primer paso se diseñaron para operar con una tasa de recirculación de 2.5 veces el gasto de diseño, es decir, que el caudal de diseño de los cárcamos corresponde a 650 lps

Sin embargo, con el equipamiento del cárcamo no se puede cumplir este criterio, ya que cuenta con tres equipos con capacidad de 125 lps cada uno. Lo anterior significa que la capacidad instalada en el cárcamo permite recircular un gasto total de 375 lps esto es 58 % de la tasa de recirculación establecida en el diseño. Este aspecto es muy importante ya que incide de manera determinante en la eficiencia de los filtros.

#### ***TORRE DE CARGA DEL SEGUNDO PASO***

Continuando el curso de la línea de agua, la siguiente estructura corresponde a la torre de alimentación de los biofiltros del segundo paso. Como en el caso del primer paso, en esta estructura se produce el mezclado del agua proveniente de los dos biofiltros del primer paso y de la recirculación. Para alimentar a los biofiltros del segundo paso, a partir de ésta estructura con agua de la misma calidad.

### *FILTROS BIOLÓGICOS, SEGUNDO PASO*

Los dos biofiltros del segundo paso presentan una problemática idéntica a la ya expuesta para los biofiltros del primer paso. Nuevamente existe una diferencia en la elevación del eje de descarga de los distribuidores, que en conjunto con la baja tasa de recirculación, ocasiona que se distribuyan cantidades de agua diferentes a cada biofiltro. En el caso de éstos biofiltros, el problema es un tanto menor, ya que por una parte el desnivel entre distribuidores es más pequeño y por la otra, al ser menor la tasa de recirculación requerida según diseño, la diferencia con la tasa real aplicada también es menor por lo que la problemática hidráulica es menos marcada que la de los biofiltros del primer paso. La distribución de gastos corresponde a un 48% de gasto total para el primer tren y a un 52 % del gasto total para el segundo tren

Al tener menores problemas hidráulicos, se tiene una mejoría en la distribución del agua y menos periodos en los que los distribuidores se detienen, por lo que las eficiencias medidas son, por una parte más uniformes, mientras que por la otra difieren menos de las eficiencias teóricas calculadas. Las eficiencias reales medidas para la remoción de Demanda Bioquímica de Oxígeno a los cinco días (DBO<sub>5</sub>), también resultaron variables de entre 12 % hasta 30.7 %, para el primer tren, mientras que para el segundo variaron desde 1.2 % hasta 30.7 %. Si se toma en cuenta que la eficiencia calculada de manera teórica resultó del 39 %, se observa que los resultados medidos son más congruentes que en el caso de los biofiltros del primer paso, aunque presentan inestabilidad del proceso y periodos de muy baja eficiencia (casi nula).

### *CÁRCAMO DE RECIRCULACION, SEGUNDO PASO*

También, como en el primer paso, el cárcamo de recirculación no cumple con las características con las que fue diseñado, ya que el gasto de diseño corresponde a 1.7 veces el gasto medio de diseño de la planta de tratamiento, es decir,  $1.7 \times 260 = 442$  lps, sin embargo, el cárcamo está equipado con tres bombas, dos con capacidad para 125 lps cada una y una más con capacidad para 270 lps que, en conjunto suman una capacidad total de 520 lps. Como puede observarse, ésta capacidad instalada es superior a la requerida según el diseño original.

Este equipamiento que se tiene se debe a que el cárcamo está contemplado para dar servicio a las dos etapas de proyecto.

Aparentemente existe una confusión en la forma como se equiparon los dos cárcamos de recirculación, ya que el del primer paso tiene una capacidad inferior a la de diseño mientras que el del segundo paso tiene una capacidad superior a la de diseño. Esta diferencia que es muy notable, debido a que nunca se ha operado con las tasas de recirculación de diseño.

#### V.5.5 SEDIMENTADOR SECUNDARIO

Las siguientes estructuras en el sentido del flujo corresponden a los sedimentadores secundarios. Estas unidades, como en el caso de los primarios, presentan el mismo problema de diferente nivel de vertido de las placas vertedoras, por lo que se presenta un gasto mayor hacia el sedimentador del segundo paso y uno menor para el del primer tren. La proporción en que se distribuyen los gastos a cada sedimentador es de un 45 % hacia el del primer tren y del restante 55 % hacia el del segundo tren.

Adicionalmente al problema hidráulico referido, se tiene que, para utilizar el agua del efluente de la planta de tratamiento para riego, principalmente de huertos, los agricultores producen remansos en el canal de descarga, lo que ocasiona que se inunde el canal Parshall y los sedimentadores secundarios; al grado de que la descarga de los vertedores se ahoga completamente.

Con respecto a las eficiencias medidas para Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), el sedimentador del primer tren reporta eficiencias entre 11.5 % hasta 26.9 %, mientras que el del segundo tren presenta eficiencias de 5.8 % hasta 24.2 %, mientras que para Sólidos Suspendidos Totales (SST) el primer tren presenta eficiencias de -28.6 % hasta 53.3 % y para el segundo tren, se registraron eficiencias desde -40 % hasta 45.3 %.

Parte de la deficiencia de los biofiltros repercuten en el sedimentador secundario puesto que el lodo proveniente del filtro, no tiene la densidad apropiada para que se precipiten dentro del tanque, ocasionando que los sólidos salgan en el efluente.

Otro de los problemas observados corresponde a la resuspensión de los sólidos que se almacenan en las tolvas de lodos. Este efecto se debe a que el canal de distribución de agua de alimentación en su plantilla tiene orificios que dirigen el flujo hacia las tolvas provocando turbulencias en esta zona

donde debe existir calma. Este problema se puede aliviar colocando codos de policloruro de vinilo (PVC) de 250 mm (10") de diámetro y de 90°, que desvíe el flujo hacia el centro del sedimentador.

### **V.5.6 CANAL PARSHALL**

Un canal o medidor tipo Parshall es un canal en el cual la sección transversal se estrecha creando una especie de garganta en un tramo longitudinal relativamente corto, y es empleado para aforar el gasto hidráulico, y por la turbulencia del flujo que resulta, también es un punto apropiado para agregar al flujo, alguna sustancia que necesite ser mezclada o disuelta, como se realiza en esta planta.

Después de los sedimentadores secundarios, el agua clarificada es conducida hasta el canal Parshall, en donde se tiene la posibilidad de medir el efluente de la planta de tratamiento, sin embargo, se presentan dos problemas al respecto, el primero de ellos es muy simple de resolver, ya que consiste en que el Parshall no dispone de escalas para poder efectuar las mediciones de gasto. Este problema quedó resuelto durante la campaña de aforo, ya que fueron colocadas las dos escaleras requeridas, las cuales se dejaron instaladas para su posterior utilización.

El segundo problema, que es más importante, consiste en el remanso que forman los agricultores que utilizan el agua tratada y que al remansarse el agua, inunda, tanto el medidor Parshall, como los sedimentadores secundarios, provocando que durante dichos remansos, no sea posible efectuar los aforos, debido a que la estructura de medición queda completamente ahogada

### **DESINFECCION**

El tratamiento debía completarse con la desinfección del efluente, sin embargo, no se construyó el tanque de contacto con cloro, no obstante de contar con una caseta de cloración en donde se tienen instalados los dosificadores y el almacen de cloro y que se cuenta con las bombas de ayuda y mas aún, cuando actualmente se adiciona cloro al efluente con una dosificación de 75 a 100 kg/día, dado que no se proporciona el tiempo de contacto necesario, la desinfección no se efectúa, haciéndose infructuosa la adición del químico. De ésta forma, al no contarse con la desinfección, propiamente no se tiene eficiencia alguna en la remoción de microorganismos fecales y totales

## V.5.7 DIAGNOSTICO HIDRAULICO

Con respecto al diagnóstico hidráulico, adicionalmente a todas las mediciones realizadas, que han sido comentadas a lo largo de este informe, se realizó el levantamiento de tres perfiles hidráulicos en tres días diferentes. Esta información se apoyó en el levantamiento topográfico, sobre todo en las nivelaciones realizadas. Durante la determinación de los niveles para la formación de cada perfil, se determinó el gasto de ingreso a la planta con el fin de cotejar el incremento o disminución de niveles de acuerdo al ingreso de agua. Con los resultados obtenidos se elaboraron los planos 4 y 5 denominado *Perfiles Hidráulicos* en los cuales se presentan los datos obtenidos de las mediciones en campo.

En la figura V.1 *Diagrama de flujo y puntos de control para el balance hidráulico*, se muestra un diagrama de flujo de la línea de agua que permite explicar, el funcionamiento hidráulico del sistema. La línea de agua comienza en la caja de llegada que tiene la función de recibir el influente a la planta y la descarga de recirculación de lodos. Según el proyecto original la caja fue diseñada para la capacidad total de la planta, es decir, para un gasto de 520 lps, y cuenta con tres cámaras: En la primera se recibe el agua del influente para pasarla posteriormente a cualquiera de las dos cámaras restantes, una para cada etapa, en las que se equirreparte el gasto total. La cámara correspondiente a la segunda etapa se encuentra sellada, por lo que se tiene sólo una en operación.

En ésta unidad, el paso del agua a las cámaras de alimentación, se realiza por medio de vertedores rectangulares. El vertedor en operación se ahoga parcialmente, por lo que no es posible medir directamente el gasto que ingresa a la planta. Durante la etapa de aforo se colocó una placa vertedora con el fin de evitar el ahogamiento y contar con una estructura de control en la cual se pudieron medir los gastos. Sin embargo, dado que se operó durante ésta campaña a punto de derrame, utilizando casi totalmente el bordo libre, se deberá sobre elevar la corona de la caja una altura de 50 cm para contar con un bordo libre confiable, una vez que se ponga en marcha la segunda etapa de la planta.

A partir de ésta caja se realiza la alimentación hacia los sedimentadores primarios. Esta alimentación se efectúa por medio de una tubería de acero de 24" (610 mm) de diámetro. Esta tubería se bifurca

Las pérdidas en el primer tramo variaron, de 0.30 a 0.35 m, para los gastos que se midieron. La carga hidráulica máxima disponible para conducir gastos de la caja a los sedimentadores primarios es de 0.40 m, dado que se está recibiendo un 10 % más, del caudal de diseño.

En los sedimentadores primarios el agua vierte a través de los vertedores triangulares desde la cota 21.70 m.s.n.m. (metros sobre el nivel del mar), hasta la 21.10 m.s.n.m. en el canal recolector, con una caída de aproximadamente 0.60 m, bajo las condiciones de flujo.

En el cuadro V.18 *Cálculo teórico de pérdidas en las tuberías hidráulicas del sistema de tratamiento*, se presenta el cálculo teórico de pérdidas para los diferentes tramos de interconexión que integra la planta de tratamiento en la línea de distribución de agua, comparando los resultados obtenidos en éste cuadro, con los medidos en campo, se pueden observar diferencias interesantes que se irán comentando.

Para pasar el agua del canal recolector a la torre de carga que alimenta a los filtros rociadores se tiene una tubería de acero de 30" (760 mm de diámetro) y una longitud de 63.40 m. Las pérdidas calculadas a través de esta conducción para el gasto de 290 lps es de 0.20 m. Esta pérdida no fue posible medirla por diferencias de espejos de agua, debido a que la tubería de descarga de los sedimentadores primarios, trabaja parcialmente llena en un tramo no determinado.

En éste tramo, la carga disponible es de 1.15 m, respetando un desnivel de 0.20 m entre la descarga de los vertedores y el espejo de agua en el canal recolector, para no ahogar la descarga. Sin embargo, si se considera en la torre de carga un bordo libre de 50 cm se obtiene un nivel del agua a la cota 21.28 m s n m, mientras que la elevación del agua en el canal de descarga de los sedimentadores estaría a la cota 21.50 m s n m, con lo que resulta una carga disponible de 22 cm. Lo anterior significa que el diseño es justo para los gastos proyectados y que si se operara con las tasas de recirculación de diseño, no es posible incrementar el gasto de ingreso a la planta.

CUADRO V.18

CALCULO TEORICO DE PERDIDAS EN LAS TUBERIAS HIDRAULICAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

PERDIDAS POR:	K	Tramos :
ENTRADA :	0.5	1.- De caja de llegada al sedimentador primario
CODO :	0.9	2.- De sedimentador primario a la torre de carga 1
TEE :	1.5	3.- Redireccion de carcamo No. 1 a torre de carga 1
REDUCCION :	0.24	4.- De torre de carga 1 a carcamo 1 pasando por rosiadores 1 y 2. "solo tubería de llegada al centro de los rosiadores".
VALVULA DE COMPUERTA :	0.2	5.- De carcamo No. 1 a torre de carga 2.
SALIDA :	1.0	6.- De torre de carga 2 a carcamo 2 pasando por rosiadores 3 y 4. "solo tubería de llegada al centro de los rosiadores".
COMPUERTA :	0.7	7.- Redireccion de carcamo 2 a torre de carga 2
		8.- De carcamo 2 a sedimentador secundario.
		9.- De sedimentador secundario al medidor Parshall.
	n = 0.011	

TRAMO	Q (m <sup>3</sup> /s)	φ	φ <sub>INT</sub>		Area m <sup>2</sup>	Velocidad m/s	V <sup>1/2</sup> g	PERDIDAS POR PIEZAS ESPECIALES										Perdidas mediante Manning		PERDIDA total (m)
			m	m				entrada	salida	codo	tee	reduccion	valv. comp.	compuerta	longitud (m)	perdida (m)				
1	0.1884	16	0.397	0.1237	1.533	0.1183	0.00	0.11826	0.1064	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.5	0.0214	0.497	
	0.314	24	0.565	0.278	1.128	0.0849	0.0324	0.00	0.0584	0.10	0.016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.2	0.0238	0.163	
2	0.314	30	0.746	0.437	0.718	0.0263	0.0131	0.02628	0.0473	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	63.4	0.0371	0.147	
3	0.120	18	0.445	0.155	0.773	0.0305	0.0152	0.03048	0.0549	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	34.6	0.0468	0.129	
4	0.434	30	0.746	0.437	0.693	0.0502	0.0251	0.05021	0.0452	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.0	0.0084	0.082	
5	0.314	30	0.746	0.437	0.718	0.0263	0.0131	0.02628	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	73.0	0.0427	0.129	
6	0.434	30	0.746	0.437	0.693	0.0502	0.0251	0.05021	0.0452	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.0	0.0084	0.129	
7	0.1200	18	0.445	0.155	0.773	0.0305	0.0152	0.03048	0.0549	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36.0	0.0487	0.149	
8	0.1727	30	0.746	0.437	0.395	0.0090	0.0040	0.00795	0.0143	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	57.0	0.0101	0.045	
9	0.314	30	0.746	0.437	0.718	0.026	0.0131	0.02628	0.0237	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.0	0.0135	0.077	

DATOS DEL CANAL DE LLEGADA AL SEDIMENTADOR SECUNDARIO :

LONG DEL CANAL : 3.5 m  
 PENDIENTE DEL CANAL 1%  
 h canal = 0.0029 m

De la torre de carga el agua es alimentada hacia los filtros rociadores, tramo en el que se tienen perdidas de entre 0.15 y 0.30 m. Para la variación de gastos que se reciben en la planta y con las tasas de recirculación que se están aplicando, del  $0.48 Q_{med}$ . En las mediciones efectuadas en campo se encontró que se distribuyen gastos diferentes hacia cada filtro, y por tanto también se midieron pérdidas diferentes.

Estas condiciones se deben a la ubicación a diferente elevación de los brazos distribuidores. La corona de la torre de carga se ubica a la cota 21.78 m.s.n.m., mientras que el agua levanta un nivel hasta la cota 20.35 m.s.n.m., por lo que se tiene una carga disponible descontando un bordo libre de 0.50 m, de 0.93 m. Sin embargo si se opera la planta con la tasa de recirculación de proyecto, que es de 2.5 veces el gasto medio, es decir 650 lps, el agua se desbordaría de la torre de carga, ya que se requiere de una carga de 2.60 m para dicho gasto. Cabe recordar que el gasto de recirculación no es posible bombearlo, con la capacidad instalada de bombeo, ya que el cárcamo cuenta únicamente con tres bombas de 125 lps.

Del cárcamo de recirculación, el agua se bombea hacia una caja elevada, ubicada sobre el mismo cárcamo. La cota de corona de ésta caja corresponde a la cota 22.38 m.s.n.m. y el fondo se ubica a la cota 21.28 m.s.n.m. con un trante disponible, incluyendo bordo libre de 1.10 m. La carga hidráulica que se midió mediante diferencia de niveles de agua desde la caja hasta la torre de carga es de 1.10 m en promedio. Sin embargo, ésta carga no es la que se ocupa realmente en la conducción, debido a que el tubo de descarga funciona parcialmente lleno y no es posible determinar con precisión a partir de qué cota se presenta el llenado de la tubería.

En forma analítica se determinó una pérdida de carga de 0.15 m, tomando en cuenta el gasto de recirculación de una bomba, de 125 lps y el diámetro de 18" y las características geométricas de la línea de conducción. Es interesante observar que la tubería de alimentación no tiene capacidad para conducir el gasto de los tres equipos disponibles ya que se desbordaría la caja de carga. La carga requerida para esta condición es de 1.35 m.

La capacidad máxima con la que se puede operar este tramo es de dos equipos, es decir 250 lps, ya que para tres equipos el gasto requerido para esta condición es de 1.35 m.

anterior permite observar que la planta no tiene la capacidad hidráulica para operar con las tasas de recirculación de proyecto, lo cual permite presuponer que se efectuaron modificaciones al diseño, las cuales no se tienen registradas en forma adecuada.

Como conclusión se puede afirmar que el cárcamo de recirculación primario fue diseñado para operar con dos equipos, más uno en reserva, pero nunca con tres equipos en forma simultánea.

La conducción del efluente de los filtros primarios se realiza a través de un canal de sección rectangular de 0.80 m de ancho y 0.90 m de alto, el canal funciona a superficie libre y no tiene pendiente por lo que funciona por gradiente hidráulico.

Para la conducción del agua del cárcamo de recirculación 1 hacia a la torre de carga 2 se midió, por diferencia de niveles de agua y para los gastos en operación, una carga de 1.25 m. Esta pérdida se midió en forma constante, para los gastos aforados. Sin embargo, como en casos anteriores, éstas pérdidas no es posible determinarlas en forma precisa debido a que la conducción opera parcialmente llena.

En el caso de la conducción del agua desde la torre de carga 2 hacia los filtros rociadores del segundo paso, se presenta el mismo comportamiento hidráulico que para los del primer paso; es decir, se tienen gastos diferentes hacia cada filtro. En términos generales, las pérdidas para los gastos que se manejan oscilan entre 0.15 y 0.30 m. En este tramo la carga disponible, descontando el bordo libre de 0.50 m, es de 0.85 m. De esta carga se utilizan únicamente 0.25 m para el gasto medio de 290 lps.

En caso de que se quisiera operar con la tasa de recirculación de proyecto, es decir 1.7 veces el gasto medio, que equivale a 442 lps para los dos filtros, adicionalmente al gasto medio que se recibe en la planta y, considerando la forma como se distribuyen los gastos hacia cada filtro, se requiere una carga hidráulica de 1.60 m, por lo que se desbordaría la torre de carga. Lo anterior significa que no es posible operar con los gastos de diseño, debido a problemas hidráulicos.

Por otra parte, si se recuerda que el cárcamo de recirculación 2, cuenta con dos equipos de 125 lps y uno de 270 lps, se observa que no es recomendable operar con un gasto mayor al que se obtiene con la bomba de 270 lps. Por lo anterior, únicamente se podría operar con los dos equipos de 125 lps ó con el de 270 lps. Con éstas opciones de operación se tendrían pérdidas de 0.85 m, con lo que el sistema operaría hidráulicamente en forma correcta, dentro del marco de seguridad, ya que con un gasto mayor se correría el riesgo de derramar al disminuir el bordo libre.

Como se sabe, para efectuar la recirculación, las bombas succionan del cárcamo y levantan el agua para descargarla en la caja situada por encima del cárcamo. La cota de corona de la caja es la 17.83 m.s.n.m., mientras que el fondo se sitúa en la cota 16.35 m.s.n.m. por lo que se cuenta con una altura total de 1.48 m sin descontar el bordo libre, se considera que el bordo libre debe ser como mínimo de 0.50 m. Esta caja tiene mayor capacidad que la del primer paso, ya que dispone de un ancho de 0.85 m, un largo de 5.00 m y la profundidad de 1.48 m.

Si se toma en cuenta que la caja elevada tiene una capacidad mayor que la del primer paso, y que el equipamiento mecánico con que cuenta el cárcamo de recirculación es de dos equipos de 25 HP y uno de 60 HP, que también es una capacidad mayor que la del primer paso, se observa que se efectuaron modificaciones al diseño original para que contara con una mayor capacidad. Sin embargo, la tubería de interconexión que tiene un diámetro de 18" (45.7 cm), cuenta con la misma capacidad que la del primer paso, por lo que solo puede manejar el gasto de los dos equipos de 25 HP o bien del de 60 HP. Si se opera con la combinación del equipo de 60 HP, más uno de 25 HP se derramaría la caja elevada, pues se tendrían pérdidas en la línea de interconexión de 1.58 m con lo que se produce el desborde.

La descarga de los filtros del segundo paso también se realiza mediante canales con flujo a superficie libre. Estos canales tienen un ancho de 0.80 m y 0.90 m de alto, y tiene una pendiente del 2 % con lo que, para los gastos aforados, se establecen trantes en la descarga de 0.15 a 0.20 m. Esta descarga se conduce hacia el cárcamo de recirculación 2 y de esta una parte se rebomba hacia los filtros y el excedente se descarga hacia los sedimentadores secundarios.

La interconexión del cárcamo de recirculación se efectúa mediante una tubería de 30" (75.2 cm) de diámetro que descarga en los dos canales que alimentan cada sedimentador. Las pérdidas en este tramo son pequeñas para los gastos aforados, con un valor cercano a los 0.10 m, debido a que la línea trabaja parcialmente llena en un tramo no definido, es difícil establecer las pérdidas por diferencia de niveles de agua, sin embargo las mediciones efectuadas, reportan 0.25 m, casi constante para las condiciones de flujo observadas. Lo anterior es comprensible si se toma en cuenta que el almacenaje de la planta hasta este sitio amortigua los picos de gastos haciendo más uniforme el comportamiento hidráulico.

Como ya se ha mencionado antes, en la descarga de la planta se producen remansos debido a la utilización del agua tratada en riego, lo que origina que se ahogue la descarga de los vertedores de los sedimentadores, el ahogamiento, sin embargo no afecta el tramo entre el cárcamo y los sedimentadores, en forma sustancial, por lo que la pérdida de carga es de 0.25 m.

De tal forma, en el caso de que se requiera sobre elevar los sedimentadores secundarios para evitar el ahogamiento de los vertedores, éste se podría hacer hasta un valor de 0.40 m, la sobre elevación no afectaría el funcionamiento hidráulico de los canales, ya que se ocuparía la carga total disponible de 0.15 m descontando las pérdidas por conducción de 0.10 m del tramo entre el cárcamo y los sedimentadores. Los restantes 0.25 m producirán un remanso en los canales por incremento de nivel en el cárcamo de recirculación. La aceptación del remanso en los canales de conducción entre los filtros y el cárcamo implica aceptar un funcionamiento hidráulico con velocidad mínima de 0.60 m, que todavía es aceptable, ya que velocidades menores producen sedimentación en los canales.

En los sedimentadores secundarios se identificaron dos problemas hidráulicos. El primero de estos problemas es originado por la ubicación de los vertedores triangulares de la descarga de los sedimentadores a diferente elevación en los dos trenes. Esto ocasiona que se establezcan gastos diferentes en cada tanque. de tal manera que, en términos generales hacia el sedimentador secundario 1 ingresa un 45 % del gasto total mientras que para el segundo tren se canaliza el 55 % del gasto.

El segundo problema que se identificó corresponde al ahogamiento de los vertedores producido por el remanso que ocasionan los agricultores al utilizar el agua en riego. La severidad del problema se

desprende de las mediciones efectuadas en el canal Parshall en el que se determinaron diferencias entre la entrada y la salida del Parshall de solamente 0.03 m, mientras que la diferencia de espejos de agua entre el sedimentador y el canal recolector (después de los vertedores) varió desde 0.04 hasta 0.06 m en condiciones de remanso, cuando debería operar con más de 0.10 m para que el vertido sea totalmente libre.

Los problemas presentados sólo es posible corregirlos evitando que los usuarios del agua tratada dejen de construir embalses con los que provocan los remansos o bien entubando el canal de descarga para evitar lo anterior o sobre-elevado los sedimentadores secundarios, como ya se mencionó, no más de 0.40 m.

### V.5.8 LINEA DE LODOS

La forma como ha venido operando la planta de tratamiento en lo referente a la línea de lodos es la siguiente: *El proceso de lodos inicia propiamente, en los sedimentadores primarios, en donde los lodos primarios y secundarios recirculados son sedimentados, recolectados en tolvas mediante un sistema de rastras y extraídos mediante tuberías y válvulas para ser conducidos hacia el espesador.*

La extracción de lodos primarios se realiza dos veces al día, descargando las tolvas una por una. Cada tanque sedimentador cuenta con cuatro válvulas que se abren una a la vez y se deja escurrir el flujo hasta que, visualmente se observa que la concentración de lodo ha disminuido radicalmente. Entonces se cierra la válvula y se procede a abrir la segunda válvula, realizando las mismas actividades. El procedimiento continúa de ésta manera, hasta completar las ocho válvulas de los dos sedimentadores con una duración de alrededor de una hora para todas las maniobras.

Los lodos secundarios se extraen de la misma forma que los primarios, pero estos lodos de los sedimentadores secundarios son conducidos por gravedad hasta el cárcamo de lodos, para bombearlos en conjunto, con el agua excedente del espesador y del efluente del drenaje de los servicios de la planta, hacia la caja de distribución que alimenta a los sedimentadores primarios.

Como puede observarse, el no separar completamente los lodos extraídos de los sedimentadores secundarios de la línea de distribución de agua y regresarlos nuevamente al proceso, se produce un

incremento en la concentración de la carga orgánica del influente reduciendo en forma indirecta la eficiencia del sistema, aunada a los problemas anteriormente mencionados.

Los lodos primarios y secundarios del sedimentador primario, son enviados al espesador, en donde son concentrados para, posteriormente, ser conducidos a dos tanques de estabilización donde se les aplica una lechada de cal. Estos lodos, debido a que los tanques de estabilización están enterrados y no cuentan con un sistema de drenado, ya que no existe ninguna estructura posterior, son extraídos mediante bombas sumergibles para cargarlos en camiones pipa o bien bombearlos a una laguna de secado o al drenaje pluvial para ser conducidos a través de este, hasta la parte baja del predio de la planta en donde se localizan dos lagunas más, lugar donde se dejan secar.

Dado que el sistema no cuenta con unidad de deshidratación, los lodos representan un serio problema no resuelto para la operación de la planta de tratamiento, ya que los lodos hidratados tienen un volumen cinco veces mayor que el que tiene una vez deshidratados.

En el diseño original de la línea de lodos se contemplan las siguientes unidades:

- a) Espesador
- b) Digestores 8(Dos unidades)
- c) Deshidratación (lechos de secado)

Del esquema anterior, se construyó únicamente el espesor de lodos mientras que las unidades de digestión y deshidratación fueron situadas por dos tanques de estabilización con cal, dos tanques para la preparación de la lechada de cal y el almacén para este químico.

Cabe aclarar que en el diseño original de la planta de tratamiento se contemplaba efectuar la descarga de los lodos secundarios en los tanques digestores, pero al no contar con estas unidades, la descarga tuvo que hacerse hasta la caja de distribución, al inicio del proceso de agua.

En el espesador de lodos se tiene un problema que es provocado por la falta de mampara de natas y por la tolva. Cuando se realiza la extracción de lodos del espesador, las natas atrapadas en ésta unidad pasan al canal de recolección, porque no se cuenta con la mampara para que se retengan, lo que provoca que estas sean conducidas hasta el cárcamo de lodos secundarios y que se retornen al

sedimentador primario ocasionando que se incremente la concentración de contaminantes presentes y de sólidos ligeros difíciles de sedimentar. Esto agudiza el problema que se tiene en el sedimentador primario.

Otro problema que se tiene en el espesador se debe a que la tubería de salida es de un diámetro muy pequeño, ya que no se toma en consideración el gasto instantáneo que se genera durante la extracción. Esta tubería se debe reemplazar para que no se tengan problemas de ahogamiento de los vertedores y el canal de recolección. La tubería existente es de 4"  $\varnothing$  (10 cm) y deberán ser sustituidas por una de 8"  $\varnothing$  (20.3 cm).

Otro aspecto importante que disminuye la eficiencia del proceso de la línea de lodos es que el sistema trabaja en batch, con dos periodos de extracción de lodos, uno que se verifica en el turno de la mañana y el otro por la tarde. En cada turno el tiempo en que se drena cada tolva es de aproximadamente 2 minutos. En éstas circunstancias, los lodos llegan al espesador en bloque, por lo que se desborda la capacidad del espesador arrastrando hacia el cárcamo de lodos secundarios sólidos resuspendidos en el espesador y las natas formadas en la superficie, éstos productos son regresados al proceso.

El problema se agrava por el hecho de que los tanques de estabilización no cuentan con una descarga, por lo que se requiere que el personal de operación realice la extracción por bombeo. Sin embargo, a menudo se tienen problemas para realizar ésta operación, debido a que no se cuenta con una política de disposición de lodos establecida y con la capacidad necesaria para la disposición. Por lo anterior, si los lodos estabilizados no se extraen a tiempo, se interrumpe el flujo hacia estos tanques y por lo tanto se reduce aún más la eficiencia del sistema, ya que cuando se descarga al espesador un nuevo volumen de lodos primarios, al encontrar esta unidad saturada, una gran cantidad de sólidos resuspendidos y natas son regresados al sistema a través del cárcamo de lodos.

Como puede observarse en los resultados de los análisis practicados a los lodos primarios, estos son extraídos de los sedimentadores con concentraciones de alrededor de 3.5 %, mientras que, una vez espesados los presentan concentraciones del 4.0 %. Si se toma en cuenta que las concentraciones

esperadas a la salida del espesador deben ser mayores o iguales al 5.0 %, se observa que existe cierta deficiencia en el proceso. Esta eficiencia mínima del espesador se debe en parte a la deficiente forma de operación

Otro punto muy importante que no ha sido definido a la fecha es la política de manejo y disposición de los lodos. Los lodos sin deshidratar son descargados a una laguna adyacente de pequeñas dimensiones que es insuficiente e inadecuada para producir la deshidratación requerida en tiempo y eficiencia deseadas.

Cuando se satura la laguna, los lodos se descargan en volúmenes reducidos en forma directa al suelo, en el terreno disponible de la planta. Otra práctica utilizada es bombearlos hacia el drenaje pluvial de la planta de tratamiento, para que, por este conducto, sean conducidos hasta la parte baja del predio donde se ubican otras dos lagunas. De tal forma, se tiene una acumulación de lodos en diferentes estados de deshidratación en las partes bajas del predio de la planta, los cuales en las épocas de lluvias, son arrastrados poco a poco por las corrientes superficiales hacia la Laguna de las Garzas, que es el cuerpo de agua donde confluye el drenaje natural de la zona.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos de los muestreos de lodos en sus diferentes etapas, incluyendo ocho análisis de CRETIB, que muestran que los lodos en general no presentan Corrosividad, ni Reactividad, ni una Toxicidad importante, no son Explosivos ni Inflamables y únicamente presentan resultados positivos en el estudio Bacteriológico-Infeccioso, se puede decir que no son peligrosos y que pueden ser manejados para su disposición final.

En cuanto al análisis bacteriológico infeccioso, los resultados indican que el contenido de coliformes, aún con todo y la adición de la lechada de cal, es de alrededor de 103 NMP/ 100 ml mientras que los análisis para Staphilococcus y Salmonela resultaron positivos en algunas muestras.

Las características de calidad anteriores serán mucho mejores, una vez que el proceso de lodos sea modificado y se integren al sistema las unidades de digestión y deshidratación, ya que el tiempo de retención de los lodos aumentará en proporción de que los digestores se diseñaron con tiempos de retención de 18 días y en los lechos de secado, el lodo permanecerá al menos otros 20 días. Con

estos tiempos de retención, con la digestión y deshidratación de la materia orgánica y tomando en cuenta las constantes de decaimiento bacterianas, se considera que los lodos serán prácticamente inofensivos

Debido a que se estima una producción diaria de alrededor de 13 m<sup>3</sup> de lodos deshidratados a un 20 % de humedad, tomando en cuenta que aún deshidratados totalmente, el volumen resultante es considerable, se proponen las siguientes opciones de manejo

- a) Construir las unidades faltantes, digestores y lechos de secado.
- b) Remover el uso de los lodos para su incorporación en las tierras agrícolas aledañas al predio de la planta de tratamiento.
- c) Analizar, seleccionar, ubicar y adecuar un sitio para la disposición sanitaria de los lodos
- d) Utilizar parte de estos lodos secos en mejoramiento y mantenimiento de áreas verdes Municipales
- e) Utilizar otra parte de los lodos secos en el vivero Municipal para la producción de especies vegetales
- f) Promover, comercializar y/o realizar convenios para la utilización de los lodos en el mejoramiento de terrenos agrícolas en la región
- g) Promover y utilizar lodos en campañas de reforestación con participación de la comunidad, en zonas desforestadas
- h) Estudiar, programar y comercializar la producción de compostas, utilizando materia prima de la zona como puede ser paja, rastrojo u otros productos disponibles en la región

Con la utilización de varias de estas medidas es posible aumentar la vida útil del sitio de disposición e ir desfasando la construcción de una segunda etapa de dicha unidad

Por otra parte, al contar con un sistema de tratamiento de lodos completo, se establecerá la continuidad en el proceso, requerida para aumentar las eficiencias en la remoción de lodos, eliminando el regreso de los lodos separados, debido a la mala operación del espesador

## V.6 DIAGNOSTICO ELECTRICO DEL EQUIPO

A continuación se hace mención al estado de servicio de los equipos eléctricos al día de los monitoreos, como son: subestación eléctrica, transformador, celda de interruptor general de baja tensión, centro de control de motores (CCM), así como, una revisión al alumbrado exterior e interior de la planta de tratamiento e instalaciones, registros eléctricos y cableado.

### V.6.1 SUBESTACION ELECTRICA

La planta de tratamiento cuenta con una subestación eléctrica de tipo Compacto Elmex (marca registrada), 15 KV, en la cual se puede observar que prácticamente no recibe mantenimiento, por lo que se recomienda:

- a) Limpieza del gabinete y pintura, colocación de malla en los respiraderos.
- b) Limpieza de registros, conduits y sellado de registros además de sellado de la base con el gabinete.
- c) Cambio de terminales de alta tensión.
- d) Limpieza y ajuste de cuchillas seccionadoras.
- e) Limpieza de interruptor general.

### V.6.2. TRANSFORMADOR

El transformador es Mecsa (marca registrada) de 500 KVA, relación 13.2/0.44 kv. 1000 metros sobre el nivel del mar (msnm), BIL A.T. 90 Kv. En general se encuentra en buen estado, esto a la fecha de la inspección, trabaja muy silencioso, además de operar aproximadamente al 25% de su capacidad. Se recomienda:

- a) Limpieza y pintura.
- b) Limpieza y colocación de zapatas en el cable de tierras.
- c) Limpieza y ajuste de cables en Alta y Baja tensión.

### V.6.3 CELDA DE INTERRUPTOR GENERAL EN BAJA TENSION

La planta de tratamiento cuenta con un interruptor general marca Federal Pacific (marca registrada), tipo electromagnético, calibrado a 800 amperes (x), tiempo largo 2 seg. a 6x. tiempo corto calibrado a 0.25 seg. a 6x e instantáneo de 6x.

Se recomienda:

- a) Limpieza y pintura del gabinete.
- b) Colocación de sello en puertas (hule), colocación de malla protectora en respiraderos.
- c) Colocación de tornillería faltante.
- d) Sellado de piso base con el gabinete
- e) Limpieza y ajuste de conexiones.
- f) Colocación de interruptor general para 2 capacitores de 2.5 KVA cada uno, además de cambio de ubicación de los mismos (incluye cableado).
- g) Colocación de conduit protector para cable multiconductor del tablero al equipo de medición de la Comisión Federal de Electricidad (CFE)
- h) Mantenimiento preventivo (limpieza y ajuste) y correctivo (cambio de contactos) del interruptor general.

#### V.6.4 CENTRO DE CONTROL DE MOTORES (CCM)

En la planta de tratamiento se cuenta con un Centro de Control de Motores (CCM), Federal Pacific (marca registrada), a 440 volts , con interruptor general idéntico al descrito anteriormente, medición de Volts y Amperes

Se recomienda:

- a) Limpieza y pintura de gabinete
- b) Mantenimiento preventivo al interruptor general
- c) Cambio de Voltmetro (el instalado esta descompuesto)
- d) Limpieza y apriete de conexiones de todos los arrancadores, además de cambio de lámparas indicadoras y botoneras
- e) Instalación de interruptores generales, contactos y botoneras de algunos arrancadores
- f) Cambio de interruptores de 220 volts al tablero de alumbrado y servicios (existe conexión a un costado del tablero, la cual esta expuesta a fallas por no estar aislado)

En general, se requiere mantenimiento tanto preventivo como correctivo al revisar el Centro de Control de Motores (CCM), se encontro que no todos los arrancadores funcionan, al igual que los equipos conectados, cabe mencionar que la trinchera se encuentra sin limpieza y a su vez existen muchos insectos en su interior, por lo que es urgente y muy necesario limpiarla

### V.6.5 ALUMBRADO EXTERIOR E INTERIOR

En lo que se refiere al alumbrado, las instalaciones presentan varias unidades o focos fundidos por lo que se requiere cambio de lámparas tanto exterior como interior, pero en general solo se requiere limpieza de unidades.

### V.6.6. REGISTRO ELECTRICO, CANALIZACION Y CABLEADO

Este apartado es de gran importancia debido a lo observado en la planta de tratamiento, se aprecia que el estado de servicio que guardan las instalaciones no es el adecuado, por tal razón se propone que se cambie totalmente la distribución de fuerza, ya que toda la canalización exterior se encuentra oxidada y en muchos casos rota, con lo anterior se puede asegurar que poco a poco empezarán a ocurrir cortos circuitos, debido a fallas en el aislamiento de los cables, producidos por rotura e incrustación del conduit en el aislamiento, cabe mencionar que no existe identificación de cables y que en algunos casos en un mismo conduit se instalaron diferentes cables que alimentan varios motores, además de que su continuidad no se puede verificar ya que existen empates inadecuados y cambio de calibre de cable en estos.

En lo que respecta a registros eléctricos, varios se encuentran con aberturas ó sin tapas protectoras, lo que origina que estén sucios y llenos de insectos (se encuentran en ellos víboras e iguanas), se observa que se cableo sin que se estuvieran terminados algunos de estos registros y que después se les dio acabado interior, en consecuencia varios registros en su interior contienen mezcla (concreto) cubriendo los cables, existen registros rotos y azolvados; también se puede observar que todos los conduits que entran o salen de los registros no tienen su monitor contratuerca, lo que ocasiona que al introducir los cables al conduit se corte su aislamiento y estén expuestos a ineficiencias.

Como conclusiones generales se tiene que el equipo en general requiere limpieza, pintura y mantenimiento tanto preventivo como correctivo. En lo que se refiere a la distribución de fuerza, es conveniente su cambio total (registros, conduit y cables), esto se puede realizar no afectando la operación de la planta de tratamiento con la ubicación de nuevas trayectorias que alimentan a los equipos, las botoneras exteriores deberán ser cambiadas en su totalidad considerando que se compren botoneras con sello en el botón de paro como protección. Se considera conveniente realizar

una limpieza general de la planta de tratamiento además de efectuar una fumigación general puesto que existen muchos animales e insectos venenosos

## **V.7 DIAGNOSTICO MECANICO DEL EQUIPO**

Con el fin de llevar a cabo el proceso de tratamiento de aguas residuales en la planta de tratamiento, las unidades o estructuras cuentan con equipos mecánicos, que permiten facilitar o complementar el funcionamiento de cada proceso. A continuación, se describen las unidades o estructuras que cuentan con equipos mecánicos para su operación.

### **V.7.1 SEDIMENTADOR PRIMARIO**

El sedimentador primario cuenta con un sistema mecánico para la extracción de lodos que se depositan en el fondo. Este equipo consiste en lo siguiente: unidad motriz, rastras de fibra de vidrio, un par de juegos de cadenas, cuatro juegos de catarinas, guías laterales y patín.

Esta unidad motriz está formada por un motor, reductor de velocidad y un variador de velocidades con sus respectivos engranes y cadenas que transmiten el movimiento a la catarina principal. Los dos tanques que forman el módulo de sedimentación primaria están equipados con una unidad motriz.

Las rastras están fabricadas a base de fibra de vidrio reforzado y está sujeto a la cadena por medio de un eslabón especial. La sección transversal de la rastra es como "T" de longitud menor al ancho del tanque que permitiendo el paso libre a través del tanque.

La cadena está formada por una serie de eslabones de plástico resistente, estos están unidos por medio de un pasador de acero inoxidable, la lubricación de la cadena se realiza con la misma agua del sedimentador. Las cadenas están localizadas a lo largo de los muros longitudinales que a su vez están sobre la catarinas para dar un movimiento paralelo a las rastras.

Cada juego de catarinas tiene dos engranes y dan movimiento a las cadenas y rastras. Estos están conectados a un eje metálico que en sus extremos tiene cojinetes antifricción, lubricado con grasa que

además funcionan como soportes fijados a los muros de concreto. En cada tanque se tiene cuatro juegos de estas catarinas.

Las guías laterales están formadas por un ángulo de acero fijado al muro longitudinal, que sirve como soporte y guía en la parte superficial del agua, a la cadena y rastras. Esta guía esta colocada de tal manera que las rastras desplazan las natas hacia la parte final del tanque y en el sentido del flujo.

En el fondo de cada tanque se cuenta con dos patines en donde deslizan las zapatas de plástico de cada rastra. Estos patines son solerás de acero que están ahogadas a nivel de piso de cada tanque.

Además cada sedimentador cuenta con un desnatador para la extracción de grasas y materiales flotantes. El desnatador esta formado por dos tramos de tuberías con una ranura longitudinal que al momento de girar capta el material a remover. Para que éstas tuberías giren cuentan con cojinetes en sus extremos que además funcionan como soportes.

Por otro lado para alimentar a cada tanque se tienen válvulas de 16"φ (de diámetro), que permiten el control de flujo a cada tanque. Estas válvulas son de fierro fundido (fo.fo.), tipo compuerta, de vástago fijo y con extremos bridados. Cabe mencionar que éstas válvulas no tienen algún tipo de juntas que permitan desmontarlas para realizar los trabajos de mantenimiento.

También, para extraer los lodos se cuenta con válvulas de 8"φ (de diámetro), en cada tolva. Las válvulas son de fierro fundido (fo.fo.), tipo compuerta, de vástago fijo y extremos bridados. Además se observa que no se cuenta con alguna junta que permita facilitar el desmonte de las válvulas para cambiarlas o darles mantenimiento.

Los sedimentadores secundarios, aún cuando los tanque son más grandes, están equipados en forma idéntica a los primarios y es aplicable todo lo dicho para estos.

De la inspección de campo se pudo observar que todos los motores trabajan adecuadamente, dentro de los rangos establecido por el fabricante ya que no se observaron vibraciones ni desbalanceo

ocasionados por desgaste en rodamientos y cojinetes. Tampoco se detectaron desviaciones ni deflexión en los ejes. Por otra parte, no se observaron trazas de escurrimiento de aceite en la carcaza o en su parte exterior, indicativo de que los sellos y juntas se encuentran en buen estado, tampoco se detectaron sobrecalentamientos. El programa de mantenimiento se descuida en aspectos aparentemente menos importantes como son la limpieza y pintura periódica en tuberías y accesorios.

Tomando en cuenta lo anterior, se concluye que, aún cuando estos equipos no requieren de trabajos de rehabilitación, se debe continuar con la aplicación de los programas de mantenimiento.

### V.7.2 FILTROS ROCIADORES

El equipamiento mecánico con que cuentan los filtros biológicos corresponde al sistema de distribución del agua sobre el medio filtrante. Este sistema consiste en una columna central desde donde se sujetan cuatro brazos que realizan la distribución del agua. Dado que los equipos instalados no son de patente, no se cuenta con la información apropiada para determinar las principales características como son: descripción de los elementos, tipo de materiales, rodamientos y sellos, ya que solamente se cuenta con la información recopilada en campo y la obtenida en base a pláticas con el personal que opera la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Manzanillo, Colima, México.

El sistema de brazos dispone de boquillas que distribuyen el agua residual sobre la superficie del medio filtrante. Este sistema de brazos se llama distribuidor, que se compone de lo siguiente: columna central o de alimentación, columna de carga, brazos distribuidores, tornamesa o centro de soporte o giro y tensores de acero.

La columna central está formada por una tubería de acero con un extremo bridado en donde descansa el distribuidor. Esta tubería es de 30"  $\phi$  (de diámetro), y está protegida o confinada por concreto hasta la altura del medio filtrante.

Para permitir el libre movimiento de los brazos se tiene un centro de giro a base de bujes de gran diámetro. El centro de giro tiene una brida que se conecta a su vez con un sello tipo

"Orrin" que evita el paso de agua a través de la base fija y la parte móvil, el centro de giro esta sujeto por medio de tornillos a la columna central.

La columna central esta compuesta por una base en forma de octágono y un cilindro de 42"φ de diámetro x 1.45 m de altura. En el centro de ésta columna se tiene un eje que sirve de punto de apoyo a los sensores de acero de cada brazo.

Para distribuir el agua se tienen cuatro brazos, cada uno ésta formado por 3 tramos de tuberías de diferentes diámetros. El primer tramo es de 14"φ y de 4.70 m de longitud, el segundo es de 12"φ y de 4.70 m de longitud, el tercer tramo es de 10"φ y 4.80 m de longitud. Estas tuberías están unidas mediante bridas y tornillos. En la parte final de cada brazo se tiene una brida con su respectiva tapa ciega que sirve para darle mantenimiento a los mismos.

En cada tramo de tubería se tiene una serie de boquillas formadas con tuberías de Policloruro de vinilo (PVC) de 1 1/2"φ (de diámetro), así, en la tubería de 14"φ se tienen 12 boquillas, en la 12"φ se tienen 24 boquillas y en la de 10"φ se tienen 38 boquillas. La tubería de PVC se une a la tubería del brazo por medio de un cople soldado a ésta.

Para soportar los brazos del distribuidor se tienen 3 tensores para cada brazo, estos tensores están formados con redondo de 1/2"φ y tramos de tornillos que hacen el trabajo de tensión. Estos tensores tienen en común, como punto de apoyo el eje de la columna central.

En términos generales los cuatro distribuidores presentan corrosión fuerte en todas sus partes, tanto interior como exterior. En lo que respecta a pintura, solo una vez, después de construidos estos equipos, se les ha dado este tipo de mantenimiento, por lo que todas las piezas metálicas se han ido deteriorando paulatinamente. Por lo anterior, es recomendable programar el cambio de estos equipos, ya que el grado de corrosión esta muy avanzado.

Durante los trabajos de campo solo se observa que se realizan actividades de limpieza a brazos de los distribuidores retirando del interior una gran cantidad de arenas que se almacenan durante la operación.

### V.7.3 CARCAMOS DE RECIRCULACION

La planta de tratamiento dispone de dos cárcamos de recirculación : uno para los filtros del primer paso y otro para los del segundo. Estos cárcamos son del tipo húmedo y ambos están equipados con tres bombas centrífugas verticales. El equipamiento electromecánico con que cuenta los cárcamos es similar.

Las bombas cuentan con motores eléctricos IEM (marca registrada), que trabajan hasta el momento del monitoreo sin problemas importantes, ya que se les proporciona mantenimiento preventivo y revisión semestral de sus diferentes partes y accesorios como son: desmontaje de motor, limpieza a las bobinas con solvente dieléctrico, revisión y cambio de rodamientos y pruebas eléctricas en operación. No se detectaron vibraciones y/o desbalanceo, ni sobrecalentamiento o fugas de aceite.

Por tanto se concluye que estos equipos trabajan dentro de parámetros satisfactorios.

Por otra parte, el resto de los elementos metálicos requieren de limpieza y pintura, principalmente en la tubería y accesorios, dado que contienen mucho óxido es probable provocar contratiempos en la operación, en especial, las válvulas.

Los cárcamos requieren de desazolve.

### V.7.4 TORRES DE CARGA

Como en el caso de los cárcamos, el sistema de tratamiento cuenta con dos torres de carga que permiten recibir el gasto o caudal de recirculación y junto con el gasto a tratar, alimentarlo hacia los filtros biológicos. El equipo con que cuentan estas estructuras sirve, principalmente para efectuar el control de flujo hidráulico y esta compuesto por dos compuertas tipo miller que permiten seccionar las tuberías de alimentación hacia cada filtro. Las compuertas se componen de lo siguiente: disco o compuerta de hierro fundido (fo fo), vástago de acero con cuerda sencilla, pedestal que incluye volante con tuerca. La operación de estas compuertas no es frecuente, por lo que el desgaste de piezas mecánicas es mínimo, excepto por la corrosión que, por ser un clima tropical, es perjudicial y también, por el tipo de aguas (residuales) que corroen las partes metálicas.

Estas unidades no están contempladas dentro del programa de mantenimiento, debido a que no es posible sacar de operación. De cualquier modo, a las partes metálicas que no están debajo del agua tampoco se les proporciona ningún tipo de mantenimiento, ya que se observa un grado importante de corrosión.

En conclusión las compuertas operan correctamente y cumplen con el objetivo principal que es el de permitir o impedir el paso del flujo hidráulico a cada filtro rociador. Sin embargo, de no aplicar actividades de mantenimiento, la vida útil de estos equipos se verá reducida

### **V.7.5 SISTEMA DE CLORACION**

La caseta de cloración se encuentra equipada con dos bombas de ayuda para realizar la dosificación de la solución de gas cloro, que provocan el vacío en el inyector y de ésta forma extraer el gas cloro. Estas bombas están instaladas a un costado de la caja que alimenta al canal medidor Parshall. Las bombas de ayuda son centrífugas horizontales con tuberías de succión y descarga de 1 1/2"φ (de diámetro), el tipo de bombas para este tipo de proceso son de tipo turbina que dan mejor eficiencia en cuanto a presión de operación.

La potencia de estas bombas es de 7.5 Hp que resulta excesiva en comparación con una bomba tipo turbina que sería de 1.5 a 3 Hp de potencia nominal. Estos equipos son operados desde el Centro de Control de Motores (CCM) que se ubican en el edificio principal.

Estos equipos operan con motores eléctricos Siemens (marca registrada), en los que no se observaron ruidos, vibraciones, o bien olores anormales, dicho motor ha tenido mantenimiento preventivo y revisión de sus diferentes componentes: desmontaje de motor, limpieza interna de motor eléctrico con solvente dieléctico, inspección de rodamientos en motor y pruebas eléctricas a motor en operación. de tal forma se puede decir que dadas las condiciones descritas, el motor trabaja satisfactoriamente dentro de los parámetros aceptables de operación

En lo que respecta a la bomba centrífuga Ocelco (marca registrada), tanto ésta como su motor han tenido mantenimiento preventivo e inspección periódica semestral de sus partes y componentes: limpieza interna, inspección y engrasamiento de rodamientos, inspección de sellos mecánicos y

montaje y alineación de acoplamiento. No se observó, ni se detectó ruidos, vibraciones, sobrecalentamiento ni goteos o escurrimiento de aceite anormales.

Se concluye que los equipos del sistema de cloración se encuentran en condiciones satisfactorias de operación dentro de parámetros aceptables. Estas condiciones se observaron en todas las bombas centrífugas de cloración, ya que han tenido el mismo programa de mantenimiento y los equipos son iguales, bombas centrífugas "A" y bomba centrífuga "B". Por lo anterior, únicamente se recomienda continuar con los programas establecidos de mantenimiento.

### V.7.6 RED DE CAPTACION DE LODOS

Las unidades o estructuras que conforman la red de captación de lodos y que contemplan equipos electromecánicos para su operación son: espesador de lodos, cárcamo de lodos secundarios, tanques de estabilización con cal y tanques para la preparación de la lechada de cal, a continuación se describe cada uno de ellos

#### V.7.6.1 ESPESADOR DE LODOS

El equipo electromecánico con el que cuenta esta unidad consiste en un sistema de rastras para concentrar y evacuar los lodos de esta unidad. Las rastras están formadas por los siguientes elementos: puente perimetral, unidad motriz, jaula central, columna central y rastras.

El puente perimetral está construido a base de acero estructural y está fabricado con dos viguetas tipo I de 6" (15.2 cm) de peralte, el piso está formado con lámina antiderrapante a todo lo largo del puente. También se tiene un barandal formado con tubo de fierro de 2"φ (10 cm). El puente está apoyado en la columna central de alimentación y en el muro perimetral del tanque. Sobre el muro perimetral se apoyan dos ruedas a las que se transmite el movimiento del motorreductor.

La unidad motriz consiste en un motor y motorreductor que se localiza abajo del puente. Esta unidad transmite el movimiento a las ruedas del punto por medio de una cadena y un juego de catarinas. Este equipo está soportado por una tolva de placa de acero que se encuentra soldada al puente.

Para transmitir a su vez el movimiento del puente a las rastras, se tiene una jaula formada con ángulo de fierro de 2 1/2" (6.35 cm). Todas las partes están soldadas al puentes y a las rastras, que además sirve como soporte a las últimas.

La columna central esta construída a base de concreto reforzado y en sus interior tiene una tubería de alimentación. También tiene cuatro orificios rectangulares donde descarga la tubería. En la parte superior se tiene un mecanismo que sirve como soporte y punto de giro además en este punto se tiene el conmutador que alimenta de energía eléctrica al motor.

Las rastras son una estructura fabricada a base de ángulos de 2 1/2" (6.35 cm), que recorren el fondo del tanque en forma de radar. Para efectuar el barrido del piso, tienen hule de neopreno que concentra los lodos hasta la tolva de extracción de los mismos. Para accionar el funcionamiento del equipo se cuenta con una botonera que permite parar o arrancar los motores de ésta unidad o estructura.

En términos generales, éstos equipos no requieren de ningún trabajo de rehabilitación y únicamente se recomienda proporcionarles el mantenimiento programado en forma constante En lo que respecta a las partes metálicas en general se requiere efectuar labores de limpieza y pintura con el fin de que no se deterioren.

Con el fin de incrementar la eficiencia del espesador, se requiere instalar una tubería de drenado de agua, que deberá ubicarse por encima de la zona de sedimentación de lodos y por debajo de la zona de natas. Con ésta tubería se podrá eliminar parte del agua que se separa de los lodos por gravedad y aumentar su concentración antes de su extracción.

Finalmente, como parte del proyecto de rehabilitación, se requiere habilitar la estructura del espesador con una mampara y un desnatador, con el objetivo de eliminar las natas que se forman y que, al no contar con estos accesorios, son regresadas al inicio de la línea de agua, en la caja distribuidora, en donde crean problemas al proceso y reducen la eficiencia del mismo, al tener que ser removidas nuevamente.

### V.7.6.2 CARCAMO DE LODOS SECUNDARIOS O DE HUMUS

De acuerdo con los datos de proyecto el cárcamo de humus se diseñó para operar con bombas verticales tipo voluta, que no funcionaron correctamente debido a que, al parecer, estos equipos no tenían la capacidad para bombear los lodos hasta la caja de llegada. Por esta razón estos equipos fueron sustituidos por una bomba sumergible de 15 HP para un gasto de bombeo de 24 lps y una carga dinámica total de 22 m. Esta bomba opera en forma automática debido a que cuenta con peras que accionan el paro y arranque del equipo.

Este equipo tiene como características principal que el medio motriz (motor eléctrico), se encuentra directamente acoplado a la bomba estando ambos sumergidos en el líquido a bombear y tiene la ventaja, sobre las demás bombas, que su instalación es relativamente fácil, al carecer de flechas largas y de que su posición dentro del agua puede ser vertical, horizontal o inclinada. Este equipo no requiere reemplazo ya que su mantenimiento y supervisión es periódica, además de que por su fabricación requiere poco mantenimiento.

En el momento de l monitoreo realizado la operación del cárcamo de lodos secundarios se realizo de forma manual debido a requerimientos de operación.

Este equipo también se tiene contemplado dentro del programa de mantenimiento preventivo semestral que se aplica en la planta por lo que en términos generales no requiere de actividades de rehabilitación, aunque se requiere contar con un equipo adicional que permita contar con un margen de seguridad en el caso de mantenimiento mayor del equipo existente.

### V.7.6.3. TANQUES DE ESTABILIZACION DE LODOS

Para la mezcla de los lodos con cal se dispone de dos tanques. En estos tanques se cuenta con agitadores que mezclan el lodo espesado con cal. El agitador esta integrado por un motor, reductor, flecha y turbina de mezclado.

El agitador ésta acoplado a un motor Smcyclo (marca registrada) de 15 HP el cual cuenta con mantenimiento preventivo semestral durante la inspección no se percibio ruido, ni vibraciones u valores anormales por lo que se concluye que el motor trabaja dentro de los rangos adecuados de operación.

El reductor de velocidad también cuenta con un programa de mantenimiento preventivo, durante la supervisión no se presentaron ruidos o vibraciones anormales por lo que también se concluye que el reductor de velocidad trabaja satisfactoriamente y no requiere de un mayor servicio. El mantenimiento también ha sido de pintura a estructuras metálicas y equipo, el equipo esta colocado al centro del tanque y se encuentra soportado por un puente fabricado a base de viguetas de acero de 8" de peralte, la superficie de rodamiento es de rejillas tipo Irving de 1 1/2" de peralte.

Para estos equipos se requiere continuar con el mantenimiento preventivo compuesto de engrasado, lubricado y pintura en sus motores, ya que en términos generales se encuentran en buen estado.

Para la alimentación desde el espesador a los tanques, se tienen válvulas de compuerta, que permiten descargar hacia uno u otro tanque. Por otro lado, aún cuando se tienen válvulas para la extracción de lodos hacia un cárcamo, tanto los equipos como el cárcamo dejaron de usarse desde la inauguración de la planta por diversos problemas en el manejo de los lodos.

Mientras se llevo a cabo el monitoreo, la extracción de lodos se realizó con una bomba sumergible de 15 HP, que descarga los lodos a un camión pipa, para su disposición dentro de la planta.

#### **V.7.6.4 TANQUES DE PREPARACION DE CAL**

Para preparar la lechada de cal se tiene dos agitadores que realizan el mezclado entre la cal y el lodo. Estos equipos funcionan, el único inconveniente por la cual se sacaron de operación es por que no cuentan con la capacidad adecuada para mantener en suspensión la lechada de cal. Estos agitadores están formados por un motor de 0.5 HP y una base en donde se acopla el motor y flecha de este equipo.

La lechada de cal se extrae por medio de tuberías de fierro galvanizado (fo.go.) de 1 1/2"φ (de diámetro), con sus respectivas válvulas de compuerta que están tapadas por los sedimentos de cal. Para el paro y arranque de estos agitadores se tienen botoneras que no son operadas.

Estas unidades quedarán fuera de uso una vez que se pongan en operación los digestores de lodos, debido a que se modificará el proceso de tratamiento de lodos.

## V.8 DIAGNOSTICO ARQUITECTONICO

El diagnóstico Arquitectónico de los edificios y elementos que conforman la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de Manzanillo, Colima, México, se realizó tomando en cuenta el funcionamiento óptimo que debe tener cada uno de dichos elementos. Las diferentes edificaciones deben localizarse buscando su mejor ubicación y en congruencia con las unidades y estructuras que componen el tratamiento, teniendo también presente la uniformidad en cada una, en formas sencillas y funcionales y con los materiales regionales de calidad y procesos constructivos tradicionales.

Para ello se llevaron acabo las siguientes actividades.

- 1) Se realizaron recorridos en el exterior e interior de cada una de las edificaciones existentes, con la finalidad de determinar las áreas con que cuentan y así poder diagnosticar si estas son suficientes.
- 2) Se realizó un levantamiento detallado de los acabados y accesorios que hacen falta en los edificios, como son Pintura en exteriores e interiores, aplanados, acabados, pisos, techos, cancelaría, herrería, muebles en sanitarios y equipamiento. El levantamiento incluyo número de piezas y se determinó la cuantificación y medidas físicas de los muebles
- 3) Se verificó que estuviesen en buenas condiciones la cerca de malla ciclónica de protección, en toda el área perimetral del predio
- 4) Se checó el estado de las obras exteriores de la planta de tratamiento como son áreas verdes, vialidades y guarniciones para determinar el tipo de mantenimiento requerido con el fin de lucir un ambiente estético de la misma
- 5) Se revisó el drenaje y alcantarillado pluvial, incluyendo las tapas en los registros sanitarios
- 6) El estado físico de la pintura en equipos y barandales, así como el alumbrado (alumbrado en interiores y luminarias exteriores), y la subestación eléctrica

Todas estas actividades se aplicaron a las edificaciones que integran la planta de tratamiento de aguas residuales como son

Edificio central o administrativo, edificio de servicios, caseta de vigilancia (acceso principal), almacén de agua y caseta de drenaje.

Edificaciones tales que necesitan de mantenimiento arreglo en su interior y en fachadas exteriores, así como también, el equipamiento en sus instalaciones.

Dentro del diagnóstico arquitectónico se consideraron las áreas de: servicios, alumbrado, subestación eléctrica, áreas verdes, cerca perimetral (malla ciclónica) y vialidades.

### **AREAS DE OPERACION**

El acceso principal a la planta de tratamiento de Salhua está ubicado al noroeste, este es a través de una reja o portón de herrería de doble abatimiento y esta controlado por la caseta de vigilancia, dicho acceso continua por una vialidad principal de 6 m de ancho y que se une a otra que circunda las estructura o unidades de tratamiento, utilizada para conducir personal y vehículos por toda la planta, siguiendo de frente por la vialidad principal se localiza el edificio central o administrativo y del lado derecho se encuentra ubicado el edificio de servicios, los dos edificios cuentan con un área de estacionamiento, del lado izquierdo se ubica el almacén de cal, siguiendo por la vialidad principal a la derecha y al fondo se encuentra la caseta de cloración, con un área de maniobras que se usa para carga y descarga en el suministro de los cilindros de cloro, ahí también se almacenan lo ya que para el transporte de los mismos se utiliza un camión externo.

Los edificios de operación y de servicios, se ubican junto a las unidades o estructuras del tratamiento, para el funcionamiento dentro de la planta y con la debida cercanía a la vialidad de la misma, para su fácil acceso vehicular y peatonal.

El predio de la planta está rodeado, para su protección, por una cerca o malla ciclónica, colocada sobre postes de acero galvanizado, ésta malla requiere de mantenimiento.

### **RED DE AGUA POTABLE**

Originalmente, el suministro de agua potable a la planta de tratamiento, era por medio de una toma de agua de la red municipal que se encuentra fuera de servicio. Sin embargo, el sistema utilizado toma como base una cisterna, que es abastecida mediante camiones pipa y desde donde se alimenta todo el sistema.

La conducción de agua potable, se efectúa a través de tuberías de cobre, con diámetro de 1" (2.54 cm), desde la cisterna hasta los tinacos, ubicados, uno en la azotea del edificio central o administrativo, abasteciendo la demanda para sanitarios y laboratorio y el otro en la azotea del edificio de servicios, que abastece la demanda en las regaderas y sanitarios del personal técnico que labora en la planta, desde la cisterna se dota de agua potable también a la caseta de vigilancia a través una tubería con las mismas características. Esta infraestructura no requiere de rehabilitación ya que se encuentra en buenas condiciones

### ***DRENAJE SANITARIO***

Para la recolección de las aguas residuales que se generan dentro de la planta de tratamiento, existe una red de drenaje que conduce las aguas de desecho, para ser tratadas dentro de la misma planta. Los puntos de generación y recolección de aguas residuales son: Caseta de vigilancia, edificio central o administrativo y edificio de servicios. Las aguas que se generan son vertidas a la línea de descarga de agua excedente del espesador de lodos, mediante la que son conducidas hasta el cárcamo de lodos secundarios para, desde allí, ser bombeadas hacia la caja inicial de distribución.

### ***DRENAJE PLUVIAL***

Existe una red pluvial formada con tubería de concreto simple con diámetro de 30 cm. Los colectores se localizan a lo largo de las vialidades y la recolección de agua se efectúa por medio de las tapas de los pozos de visita. El sistema de drenaje descarga en unas lagunas que se encuentran ubicadas del lado sureste al fondo de la planta de tratamiento.

### ***AREAS ADMINISTRATIVAS***

Para el caso de áreas administrativas, se refiere a un edificio central o administrativo y el edificio de servicios, quienes a continuación se describen:

#### ***EDIFICIO CENTRAL O ADMINISTRATIVO***

Este Edificio tiene la ubicación apropiada y acorde a las actividades que le corresponden dentro de la planta de tratamiento y tiene una jerarquía a través de la plaza de acceso, se diseño con formas rectilíneas, conjuntando todos los espacios para que sean funcionales y con las dimensiones mínimas necesarias, pero con un espacio para los usuarios. Esta edificación se ejecutó de forma adecuada y

mantenimiento correctivo como es: resane, suministro y aplicación de pintura en interiores y fachadas exteriores, muros techos y trabes. Se requiere efectuar la Impermeabilización de la azotea.

Esta cuenta con las siguientes áreas :

Recepción o vestíbulo, oficina principal (responsable de la planta), laboratorio de análisis, almacén de equipo/reactivo, Centro de Control de Motores (CCM) de la planta, sanitarios hombres y mujeres.

### ***MODIFICACIONES, AMPLIACIONES, DETALLES O REPARACIONES NECESARIAS***

Debido al uso que se le da a este edificio y las áreas con las que cuenta, se concluye que es suficientes para lo que fue proyectada, exceptuando el área de laboratorio, la que requiere de más espacio para el equipo y para poder realizar los análisis diversos del agua. Estructuralmente se encuentra en buenas condiciones, no ha sido afectado por algún asentamiento o sismo, para este edificio es necesario darle mantenimiento de:

#### ***a) PINTURA***

Suministro y aplicación de pintura tipo vinílica color blanca. Esto en fachadas exteriores, pretilos y muretes de cubo de tinaco en azotea, así como también en sus muros, techos y trabes de toda su área interior. También será necesario suministrar y aplicar pintura tipo esmalte en protecciones de herrería que están instaladas en lado exterior de la ventanería y puerta de acceso. Ya que estas se encuentran oxidadas debido al deterioro de la pintura.

#### ***b) IMPERMEABILIZACION***

En el área total de azotea se requiere el suministro y aplicación de tela asfáltica e impermeabilizante tapa goteras a dos capas, cuidando el no obstruir las bajadas de agua pluvial y los chaflanes de la azotea.

La impermeabilización consiste fundamentalmente en aplicar una primera capa de un sellador e imprimador; posteriormente un revestimiento impermeable en dos capas con membrana de refuerzo intermedio y finalmente un acabado protector.

**c) PUERTAS**

Se requiere el suministro, cambio y colocación de dos puertas de madera de hoja de triplay de 6 mm de espesor tipo tambor o de aluminio anodizado en acceso a sanitarios de hombres y mujeres, para estas se incluyen sus cerraduras

**d) PISO**

En el área de Vestíbulo o Recepción en el piso se requiere el suministro, cambio y colocación de loseta de barro medida 0.20 m x 0.20 m de la región, ya que algunas piezas se encuentran rotas.

**e) ALUMBRADO INTERIOR**

Para el edificio administrativo se requiere el suministro, cambio y colocación de gabinetes de lamparas fluorescentes en locales interiores del edificio, estos se encuentran viejos, rotos y dañados. En todos los gabinetes de las lamparas fluorescentes se hace necesario el mantenimiento, suministro, cambio e instalación de los tubos fluorescentes y balastras que están fundidos y quemados incluyendo acrílicos de protección ya que no cuentan con ellos, están rotos, chuecos o quemados

**f) SANITARIOS**

Suministro e instalacion de muebles sanitarios (inodoros y lavamanos) En los sanitarios de hombres y mujeres se hace necesario el reemplazar los muebles de ambos, ya que por su uso y antigüedad estan muy deteriorados, se deberán de instalar tanques del inodoro de bajo consumo de agua Incluso se tendrá que efectuar la instalación de una regadera de agua a presión o de chorro, ya que no existe y es necesaria para emergencia de algún accidente que se suscite en el área de laboratono Dar mantenimiento periódico a las instalaciones hidrosanitarias para evitar alguna fuga o desperdicio de agua debido a algún desperfecto

**EDIFICIO DE SERVICIOS**

La función principal para la que se construyo este edificio, es la de dar servicio al personal tecnico que realiza las actividades operacionales de la planta de tratamiento y unido con el Edificio Central o Administrativo cumplir con las funciones y servicios de todo el personal. Las áreas de fachadas exactas se detallan en el presupuesto, lo que es necesario detallar el presupuesto

Este edificio cuenta con las siguientes áreas de servicio :

Recepción o acceso, salón de usos múltiples, sanitarios, baños-regaderas y lockers y almacén - bodega.

Entre estos se describen.

### **MOBILIARIO**

El área de Usos Múltiples no cuenta con ningún mueble para que se pueda usar o acondicionar ésta área como cocineta/ comedor o de sala de juntas del personal que labora en la planta, solo existe instalada la acometida hidrosanitaria para tal fin. Por lo que se hace necesario dotar de una estufa y una tarja.

### **SANITARIOS Y REGADERAS**

Solo son usados como servicio los muebles sanitarios inodoro y lavamanos. Puesto que las regaderas no están en servicio, porque no existe el suficiente suministro de agua potable para que se usen. Por tal motivo el personal terminando su turno de trabajo no se asea o baña en el sitio, lo realiza en sus casas al finalizar sus labores. En ésta área solo son usados los gabinetes o lockers para guardar artículos personales como mochilas o ropa de cada trabajador.

### **TINACO**

Este instalado en la azotea requiere el suministro de su tapa puesto que no cuenta con ella y por lo tanto requiere de mantenimiento y limpieza.

### **ALUMBRADO INTERIOR**

Se requiere el suministro, cambio e instalación de gabinetes de lamparas fluorescentes e incandescentes en interiores de este edificio ya que todas se encuentran deterioradas, rotas o dañadas. En los gabinetes se hace necesario el mantenimiento suministro, cambio e instalación de tubos fluorescentes y balastras que están fundidas o quemadas, y reemplazar los acrílicos de protección ya que estos se encuentran rotos y quemados.

### ***g) SERVICIOS***

Como servicios se refiere a: agua potable, muebles sanitarios, comunicación, alumbrado exterior, áreas verdes, malla ciclónica, vialidades vehiculares, guarniciones y banquetas, herrería y protecciones de puertas y ventanas que a continuación se describen.

#### ***AGUA POTABLE***

Acarreo, Carga y Descarga.

El agua potable es suministrada por medio de camiones pipa que descargan en la cisterna para así tener agua potable suficiente para uso doméstico de sanitarios, tarjas y lavamanos

La cisterna cuenta con una bomba centrífuga horizontal de 1 HP de fuerza. Que es usada para suministrar a la red de alimentación puesto que no cuenta con la presión suficiente o necesaria para alimentar los depósitos elevados o tinacos, para dotar de agua potable a las regaderas, sanitarios y tarjas de laboratorio de análisis de los Edificios.

Para dar la carga requerida a los muebles sanitarios y regaderas se cuenta con dos tinacos para su almacenamiento instalados sobre las azoteas del Edificio Central y del Edificio de Servicios

Para el suministro de agua caliente se requiere una unidad de calentador de agua de 40 litros y es necesario suministrar, colocar, conectar probar y dejar en condiciones de operación dicho mueble

#### ***COMUNICACION***

Para comunicarse de la planta de tratamiento hacia el exterior, debido a las condiciones de su ubicación no se cuenta con red e instalación de línea telefónica, porque para la planta no existen postes ni cableado telefónico que suministre estos servicios, e internamente no se cuenta con la red o línea de interfon para intercomunicación con el interior o exterior de la misma planta de tratamiento

Solo se cuenta con un aparato de radiocomunicación de alta frecuencia, instalado con antena aérea para tener comunicación con el sistema operador

### ***ALUMBRADO EXTERIOR***

El trabajo que se desarrolla dentro de la planta de tratamiento en horario nocturno es escaso, por lo que el alumbrado exterior es usado para fines de vigilancia, por las noches solo labora en ella la persona que como vigilante-velador cuida las instalaciones

Debido a lo anterior su objetivo es el de alumbrar exteriormente y será el de iluminar las áreas de proceso y áreas de circulación o tránsito peatonal.

Las luminarias están colocadas estratégicamente de tal forma que se cubre principalmente el alumbrado de acceso y vigilancia, área de maniobras y de estacionamiento, así como, áreas de proceso o unidades, y áreas de circulación o vialidades. El alumbrado en los edificios y vialidades es mínimo, este está sujeto al alumbrado interior de cada edificación.

Se requiere, urgentemente, el enderezar y nivelar los postes de las luminarias exteriores, así como dar mantenimiento en su anclaje a los mismos puesto que están flojos y ladeados con peligro de caerse.

Se requiere el suministro y aplicación de pintura tipo esmalte en postes y brazos de luminarias, como están a la intemperie y por ser zona costera están expuestos a la corrosión y oxidación.

### ***AREAS VERDES***

En la planta no se cuenta con personal de jardinería para dar mantenimiento a estas áreas, por lo que se requiere: Poda general de áreas de jardines, palmeras, árboles y arbustos, así como limpieza de la malla ciclónica de maleza y basura que se ha acumulado.

### ***VIALIDADES VEHICULARES***

Estas se encuentran con algunos baches, los que se han formado en épocas de lluvia, por lo que se forman pequeños vados y hoyos, se hace necesario tapanlos con arena-grava.

### ***GUARNICIONES Y BANQUETAS***

Estas se encuentran en buen estado y se deben de conservar pintadas en su extensión total o vía peatonal y la reposición de 10 metros de banquetas.

### ***HERRERIA***

Para el acceso principal a la planta de tratamiento se cuenta con un portón de acceso de herrería de dos hojas, está anclado y soldado de la caseta de vigilancia al murete de barda que para delimitar el predio se encuentra construido. En su estructura se encuentra dañado y chueco, ya que como no existe vigilancia para abrirlo y cerrarlo se ve que es golpeado frecuentemente por el camión cisterna o las camionetas que usa el personal que labora en la planta.

Para el caso de protecciones de puertas y ventanas se encuentran oxidadas por la intemperie y requieren aplicación de pintura tipo esmalte

### ***CASETA DE VIGILANCIA***

La caseta de vigilancia ubicada en el acceso principal, cuenta con un espacio para uno o dos vigilantes, tiene un área integrada para el servicio de sanitario, con iluminación y ventilación natural y amplia visión a los accesos y gran parte de las instalaciones de la planta. Esta se encuentra alejada de los demás elementos de la planta para amortiguar los malos olores

Se requiere dar mantenimiento, suministro y aplicación de pintura tipo vinílica en el exterior e interior, la cual se encuentra deteriorada en muros, trabes y techos exteriores, también se requiere la impermeabilización de la azotea

Adicionalmente se requiere de suministro, cambio y colocación de gabinetes en el interior y exterior, sección 0.30 x 0.30 m para foco incandescente de 100 watts. En el área del baño se requiere el suministro y colocación de los muebles sanitarios

### ***TALLER DE MANTENIMIENTO***

Este se localiza a la entrada de la planta de tratamiento y fue construido provisionalmente por la empresa constructora ya que no era parte del proyecto original, el cual se adecuó con una área para la reparación y el mantenimiento del equipo electromecánico y otra área como bodega de refacciones y herramientas diversas, que se utilizan para las necesidades de la planta

## **V.9 DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL**

Como parte del diagnóstico general de operación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Manzanillo, Colima, México, se realizó una revisión estructural de cada unidad de tratamiento, así como de los edificios de servicios. La revisión consistió en observar los muros de unidades y edificios respectivamente, para detectar hundimientos, grietas, fracturas, pandeo en paredes, losas, tensores, columnas, travesaños, acabados, tuberías, etc. Dentro de la revisión se verificaron las características de los materiales con los que construyeron los edificios y estructuras de la planta.

Para realizar el diagnóstico se dividieron las estructuras en unidades de proceso y edificios de servicios y se tomó en cuenta que la ciudad de Manzanillo, se localiza en región "D", de la carta de regionalización sísmica, considerada como de máxima sismicidad, así como, el ACI-350 (Estructuras Sanitarias de Concreto para el Mejoramiento del Ambiente), el ACI-318 (Reglamento de las Construcciones de Concreto Reforzado), el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (1993) y sus normas Técnicas Complementarias en vigor (1996).

### ***UNIDADES DE PROCESO***

#### ***a) CAJA DE LLEGADA O DE DISTRIBUCION***

La caja de llegada es una estructura de concreto armado que tiene como función principal recibir el agua residual cruda y distribuirla a los sedimentadores primarios, esta formada por tres cámaras. la primera tiene conectada la tubería a presión de alimentación, que se ubica a un costado y a nivel de fondo, las otras dos cámaras son simétricas y una tiene conectada la tubería para alimentar a los sedimentadores de la primera etapa y la otra tiene la preparación para alimentar a la segunda etapa aun no constituida.

Esta estructura está construida a base de muros y una losa de cimentación y se encuentra en buenas condiciones ya que no presenta agrietamientos o hundimientos diferenciales perceptibles. En los muros no se detectó corrosión por la agresividad que tiene el agua residual al concreto, debido a la generación de ácido sulfídrico en algunos casos.

Las únicas partes metálicas expuestas al agua, son las guías para colocar agujas en los muros vertedores, que si presentan signos de corrosión, debido a que se encuentran en la interface agua aire. Estas guías no se ocupan ya que solo esta construida la primer etapa y no es necesario realizar el desvío del agua

Esta caja tiene un andador de concreto que atraviesa las dos cámaras simétricas, a este andador solo le falta un barandal de protección y una escalera manna para dar acceso al mismo

#### ***b) SEDIMENTADOR PRIMARIO***

Esta unidad es de concreto armado y se compone de dos tanques separados únicamente por un muro común, existen partes que componen el sedimentador que son de concreto como, tolvas para almacenamiento y facilidad de extracción de lodos, mamparas y canales para recolección de agua Estas unidades se encuentran conectadas a la caja de llegada y distribución por medio de tuberías que están ahogadas en los muros de concreto, así como las tuberías de salida Esta estructura esta formada con losas de cimentación y muros desplantados sobre esta Durante la revisión no se detectaron agrietamientos fracturas u otro tipo de falla estructural, solo se observó que las paredes del canal de recolección presentan algunas zonas donde existe corrosión Esta corrosión del concreto se debe probablemente tambien a la erosion producto de la caída del agua a estas paredes

Este sedimentador tiene andadores, escaleras marinas y barandales metálicos que presentan signos de corrosión Las rejillas principalmente son las que presentan corrosion en alto grado ya que durante los trabajos de este diagnostico se cambiaron por rejilla de fibra de vidrio

Para verificar hundimientos diferenciales se niveló esta estructura y se verificaron los niveles obtenidos con los niveles de proyecto, observándose que solo se registraron variaciones de 1 a 3 centímetros. Estas vanaciones mínimas pueden ser imputables principalmente a los acabados que se dieron durante la construccion y no a los asentamientos diferenciales

#### ***c) CAJAS DE DISTRIBUCION O TORRES DE CARGA 1 Y 2***

La caja de distribucion 1 es una estructura de concreto armado que recibe el efluente de los sedimentadores primarios y lo distribuye a los dos filtros de primera etapa esta caja tiene muros de 75

cm, que para este tipo de estructuras se recomienda sean como mínimo de 30 cm de espesor, debido a la agresividad del agua residual hacia el concreto y el acero.

Esta caja esta sobre una losa de cimentación en donde se desplantaron los muros. Esta unidad no presenta problemas de corrosión en sus muros de concreto, las únicas partes afectadas de la estructura son los barandales, escaleras y pisos de operación que son de rejilla tipo Irving. Las conexiones con los otros tanques se realizaron ahogando la tubería de acero a los muros de concreto, en estos puntos no se detectó alguna falla o fuga de agua ya que las tuberías se encuentran a nivel de fondo.

De acuerdo al levantamiento topográfico realizado, la estructura no tiene diferencias de niveles que afecten su funcionamiento, durante estos trabajos se observó que la banquetta perimetral presenta hundimientos y fracturas. Las rupturas y dislocaciones de la banquetta, se debieron seguramente a que el relleno, cuando se construyó ésta estructura, no se compactó correctamente.

La torre de carga 2 es idéntica a la primera, la única diferencia es que esta solamente sobresale 1.5 m aproximadamente del nivel de terreno es decir que ésta se desplanto semidesenterrada. Durante la inspección no se detectó ninguna falla estructural que afecte el funcionamiento u operación de ésta unidad. Las partes metálicas como rejillas, barandales y escaleras presentan corrosión por estar a la intemperie o por estar sumergidas dentro del tanque

#### ***d) FILTRO BIOLÓGICO***

Esta estructura es de forma circular y esta construida a base de concreto armado, en ésta unidad se lleva a cabo el proceso biológico de la planta de tratamiento. Los muros del tanque se desplantaron sobre una losa de cimentación, que es lo mas común en este tipo de estructuras. En el interior del tanque se tienen los componentes siguientes: medio filtrante que es a base de piedra bola, distribuidor central a base de tuberías de acero telescopiado, falso fondo formado con viguetas de concreto que permiten el paso del agua hacia un canal central, trabes de soporte de viguetas de concreto, canal de recolección de agua, canal perimetral de ventilación y para recolección de agua, columna de soporte de distribuidor de agua y ducto de conducción hacia el cárcamo de recirculación.

Las partes de concreto que componen los filtros no presentan problemas de agrietamientos, fracturas u otras fallas que pongan en riesgo la estabilidad o funcionamiento de éstas unidades. Estructuralmente los espesores de los muros son los mínimos recomendados por los reglamentos vigentes para este tipo de estructuras.

#### **e) SEDIMENTADOR SECUNDARIO**

Los sedimentadores secundarios son similares a los primarios, ya que tienen la misma función, pero se diseñan de mayores dimensiones. Esta unidad es de concreto armado y se compone de dos tanques con un muro común entre sí, ésta estructura tiene en su interior equipo para la remoción de lodo, además existen otras partes que componen el sedimentador y que también son de concreto tales como; tolvas para almacenamiento y extracción de lodos, mamparas y canales para recolección de agua. Estas unidades se encuentran conectadas al cárcamo de recirculación 2 por medio de una tubería que se conecta a un puente canal de concreto y posteriormente a los canales de distribución de cada sedimentador, la salida de agua se realiza por medio de canales y posteriormente con tubería que descarga al canal Parshall. En la revisión de campo no se detectaron agrietamientos, fracturas u otro tipo de falla estructural, durante estos trabajos se tuvo la oportunidad de observar uno de estos tanques vacíos, ya que se estaban realizando actividades de mantenimiento a las rastras. La inspección visual que se realizó indica que el concreto interior en muros y losa de fondo está en buenas condiciones, con muy poca erosión imputable a la corrosión.

Estas unidades tienen andadores, escaleras marinas y barandales metálicos que presentan signos de corrosión.

Para verificar hundimientos diferenciales de cada estructura se realizó el levantamiento topográfico referido con el que se verificaron los niveles existentes que fueron comparados con los niveles de proyecto y observándose que solo variaron en algunos centímetros. Estas variaciones se deben probablemente a los acabados obtenidos después de la construcción, debido a que no se detectaron tendencias de asentamiento en alguna dirección o zona.

**f) CARCAMOS DE RECIRCULACION 1 Y 2**

Estas estructuras son de concreto armado, originalmente los dos tanques eran de forma cilíndrica según el proyecto, físicamente los tanques se construyeron formando un polígono de once lados de diferentes longitudes. Dentro del cárcamo se alojan tres equipos de bombeo que recirculan el efluente de los filtros, el agua bombeada es elevada hasta una caja que se ubica en la parte superior del cárcamo, ésta caja tiene un largo igual al diámetro del cárcamo.

El cárcamo de recirculación 1 tiene ubicado el equipamiento por debajo del nivel de corona, los equipos están soportados por viguetas de acero tipo I que están ancladas a los muros por medio de taquetes de expansión, el piso de operación es de rejilla tipo Irving. A este cárcamo descargan dos canales de concreto que conducen el efluente de los filtros 1 y 2. La tapa de los canales está formada por traveses precoladas unidas con mortero para evitar el paso de arena o tierra al interior de estos.

En la revisión de esta estructura no se observaron agrietamientos o fugas que pongan en peligro la estabilidad o funcionamiento de esta unidad. La estructura que soporta el equipo de bombeo no presenta problemas de corrosión ni de tipo estructural. La caja de descarga tampoco tiene fracturas o fallas en los muros o fugas que puedan afectar su operación. Las tuberías que descargan es ésta caja presentan corrosión probablemente por estar a la intemperie o por estar en contacto con el agua y por falta de mantenimiento.

El cárcamo de recirculación 2 es de mayores dimensiones que el primero, el equipo instalado se encuentra a nivel de corona del tanque y están soportados por viguetas de acero tipo I que están ancladas y ahogadas a los muros, el piso de operación es de rejilla tipo Irving. A este cárcamo descargan dos canales de concreto que conducen el efluente de los dos filtros del segundo paso. La tapa de los canales, es similar a los del cárcamo 1 y está formada por traveses precoladas unidas con mortero para evitar el paso de arena o tierra al interior de estos.

En la revisión de ésta estructura no se observaron agrietamiento o fugas que pongan en peligro la estabilidad o funcionamiento de ésta unidad. La estructura que soporta el equipo de bombeo no presenta problemas de corrosión ni de tipo estructural. La caja de descarga tampoco tiene fracturas o fallas en los muros o fugas, que puedan afectar su operación. Las tuberías de descarga de las

bombas presentan corrosión probablemente por estar a la intemperie, por estar en contacto con el agua o por falta de mantenimiento.

Con la nivelación de estas dos estructuras se verificaron los niveles obtenidos del levantamiento y no se observaron cambios con los de proyecto

***g) CARCAMO DE LODOS SECUNDARIOS O CARCAMO DE HUMUS***

Esta unidad es una estructura de concreto que aloja un equipo de bombeo Estructuralmente este cárcamo no tiene problemas debido a que no se detectaron fallas o fracturas. La nivelación realizada no presento cambios de nivel considerables que indiquen algún asentamiento diferencial ya que los niveles levantados concuerdan con los de proyecto.

***h) ESPESADOR DE LODOS***

Esta estructura no presenta problemas ya que no se detectaron grietas o fallas en los muros A esta estructura solo se le ha hecho una modificación la cual consistió en colocar un tubo de 6" de diámetro para extraer las natas de la superficie del tanque. La nivelación realizada no detecto cambios en los niveles de esta estructura que pongan en riesgo la estabilidad o funcionamiento de la misma

***i) TANQUE DE ESTABILIZACION CON CAL***

Esta unidad es una estructura de concreto que esta formada por dos tanques de dimensiones iguales y que tienen un muro divisorio en común, sobre estos tanques existe un pasillo a base de acero estructural en donde se localizan dos agitadores al centro de cada tanque

Este tanque además cuenta con tuberías de eliminación desde el espesador y que atraviesan los muros, la salida se realiza por la parte inferior del tanque, cada salida tiene una válvula y esta a su vez cuenta con una caja de válvulas Esta caja se encuentra adosada y colada monolíticamente con los tanques, en medio de estas dos cajas se encuentra un pequeño cárcamo de bombeo en donde descargan las tuberías que extraen el lodo

Durante la revisión no se detectaron problemas estructurales que pongan en riesgo la estabilidad o funcionamiento de esta unidad. También se reviso el puente que soporta los agitadores en donde no se detectaron problemas de corrosión que es el principal agente que provoca la falla de las estructuras metálicas.

### ***EDIFICIOS DE SERVICIOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES***

#### ***a) EDIFICIO PRINCIPAL***

En este edificio se localiza la oficina del responsable de la planta, el laboratorio, el centro de control de motores y baños de servicios. El edificio en general es una estructura que esta construida con zapatas corridas, castillos, trabes, cadenas y losa de concreto armado. En los muros no se detectaron agrietamientos o fallas, ni en castillos o trabes. De acuerdo con la información proporcionada por el personal de la planta, este edificio no ha tenido problemas estructurales desde que se construyo y solo se ha realizado una modificación que consistió en abrir una puerta, para comunicar el laboratorio con otra oficina y formar uno solo.

#### ***b) EDIFICIO DE SERVICIOS***

En este edificio se localizan los servicios generales de la planta como: baños y regaderas, lavabos, vestidores almacén y bodega y un cuarto de servicios generales. Este edificio que también es una estructura que esta construida con zapatas corridas, castillos, trabes, cadenas y losa de concreto armado. Durante la revisión no se detectaron agrietamientos o fallas, en muros, acabados, ni en castillos o trabes. De acuerdo con la información proporcionada por el personal de la planta este edificio no ha tenido problemas estructurales desde que se construyo.

#### ***c) EDIFICIO PARA PREPARACIÓN Y ALMACEN DE CAL***

Este edificio se utiliza como su nombre lo indica para almacenamiento y preparación de cal. todos los edificios de la planta se construyeron a base de zapatas corridas, castillos, trabes, cadenas y losa de concreto armado. Durante la revisión solo se detecto que parte de los muros a base de celosía estaban destruidos por falta de mantenimiento y por que este edificio se utiliza para alojar otros materiales. en forma general no se observaron agrietamientos o fallas, ni en muros, en acabados y ni en columnas o trabes porsupuesto.

**d) CASETA DE VIGILANCIA**

La caseta de vigilancia es la estructura mas pequeña que existe dentro de los edificios de la planta de tratamiento. En la inspección de ésta caseta se observaron diferentes fallas estructurales que fueron ocasionadas debido a que la puerta de acceso esta apoyada sobre uno de los castillos de ésta estructura. El peso de la puerta ha ocasionado que toda la estructura sea atraída y que provoque la falla de castillos, muros y trabes. Para solucionar este problema es necesario desligar la puerta y la estructura de la caseta. La rehabilitación consistirán en reparar y reforzar los castillos, además de reparar los muros.

**e) EDIFICIO DE CLORACION**

El edificio de cloración se divide en dos zonas la primera es una caseta en donde se alojan los equipos que realizan la dosificación de cloro, y la segunda en donde se almacenan los cilindros de cloro. Esta caseta es una estructura que esta construida con zapatas corridas, castillos, trabes, cadenas y losa de concreto armado, muros de tabique y de celosía. En la caseta de cloración se detectaron fallas en los muros colindantes con el almacén de cloro, ya que este sufrió daños producto del sismo de 95. Los daños detectados se concentraron en las columnas y en especial en donde se localizan los empotramientos con el piso y la losa. Las reparaciones realizadas se efectuaron en estos puntos y consistieron en colocar placas de acero que confinaran las partes afectadas. a estas placas se soldaron con trabes de acero para reforzar las columnas dañadas.

CAPITULO VI

REHABILITACION DE LA PLANTA DE  
TRATAMIENTO Y DISEÑO DE  
LAS UNIDADES FALTANTES

## CAPITULO VI

### REHABILITACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO Y DISEÑO DE LAS UNIDADES FALTANTES

Tomando en cuenta la información recopilada durante la elaboración del levantamiento físico, el levantamiento topográfico y el diagnóstico general de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Ciudad de Manzanillo, Colima, México, se proyectaron las unidades necesarias para complementar la línea de distribución de agua y la línea de captación de lodos, así como las acciones propuestas para la rehabilitación de la misma

#### VI.1 DETERMINACION Y DESCRIPCION DE LAS UNIDADES FALTANTES

En las siguientes líneas se describen en forma general las unidades requeridas para complementar el sistema de tratamiento de la planta de tratamiento. Las unidades proyectadas, tanto de la línea de distribución de agua como de la línea de captación de lodos, corregirán los principales problemas mencionados en los capítulos anteriores. Así mismo, se efectuará la descripción de los proyectos de rehabilitación propuestos y requeridos para el mejoramiento del funcionamiento de la planta de tratamiento, los detalles y datos constructivos se presentan en croquis, figuras y planos, y son complementados con los catálogos de conceptos y especificaciones correspondientes

Las unidades faltantes de la línea de distribución de agua que se consideraron como proyecto fueron: El sistema de pretratamiento con cribado y desarenación, y el tanque de contacto de cloro, incluyendo el canal aforador o medidor tipo Parshall

En la línea de lodos se incluyen las unidades que se requieren para tener un sistema completo de tratamiento de lodos. Las estructuras que se diseñaron fueron: cárcamo de bombeo de lodos, digestor de lodos y lechos de secado

Para realizar el proyecto de las unidades se consideró la calidad del agua cruda o sin tratar y la tratada, los gastos de operación y las alternativas más viables, esto con el fin de aprovechar la infraestructura existente, la disponibilidad de terreno y tomando en cuenta las observaciones del personal operativo

La información obtenida durante la caracterización, demuestra que las aguas residuales que entran a la planta de tratamiento son de tipo doméstico con residuos industriales nulos o muy reducidos. Lo anterior fue verificado con la información recopilada y reportada por la Comisión de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado de Manzanillo (CAPDAM), en donde existe un buen número de análisis físico-químicos correspondientes hasta el año de 1996 que permiten una evaluación estadística más completa. Estos resultados reflejan que el agua residual que llega a la planta de tratamiento tiene características cuantitativas similares a un agua residual de tipo doméstico de concentración media.

Por lo que es conveniente realizar el diseño de las unidades de tratamiento faltantes considerando valores conservadores con la siguiente composición básica.

Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días	DBO <sub>5</sub> =	270 mg/l
Sólidos Suspendidos Totales	SST =	250 mg/l
Grasas y Aceites	G y A =	88 mg/l

De acuerdo con las condiciones particulares de descarga fijadas por la Comisión Nacional del Agua (CNA) a la planta de tratamiento, se requiere producir agua con una Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO<sub>5</sub>) y Sólidos Suspendidos Totales (SST) de 30 mg/l, para poder descargar al cuerpo receptor, que en éste caso es la Laguna de las Garzas.

Con relación a la calidad bacteriológica, ésta se encuentra reglamentada bajo la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, publicada el 6 de enero de 1997, para rehuso de agua tratada en riego agrícola, por lo que el efluente de la planta de tratamiento deberá tener la siguiente composición:

Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días	DBO <sub>5</sub> =	30 mg/l
Sólidos Suspendidos Totales	SST =	30 mg/l
Coliformes totales		= 1,000 NMP/100 ml
Coliformes fecales		= 200 NMP / 100 ml
Huevos de helminto		= 2 Org/l

Con los parámetros fijados anteriormente se proyectó el tanque de contacto con cloro, que permitirá tener el tiempo mínimo de contacto requerido para eliminar los agentes patógenos presentes en el agua tratada.

### **GASTOS O CAUDALES DE DISEÑO**

Para 1997, el sistema de alcantarillado tenía el 89 % de cobertura, sirviendo a una población de 80,852 habitantes, una dotación de agua potable de 412.5 l/habitante por día y una aportación estimada de aguas residuales de 309.4 l/habitante por día originando los siguientes gastos o caudales:

$$\text{Gasto medio} = 80,852 \text{ (habitantes)} \times 309.4 \text{ (l / hab x día)} / 86,400 \text{ (seg/día)} = 289.54 \text{ lps}$$

De acuerdo al Manual de Diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento publicado por la Comisión Nacional del Agua (CNA), los coeficientes aplicados para obtener los gastos mínimos y máximos serán:

$$\text{Gasto mínimo} = 0.5 \times 289.54 = 144.77 \text{ lps}$$

$$\text{Coeficiente de Harmon} = 2.17$$

$$\text{Gasto máximo instantáneo} = 289.54 \times 2.17 = 628.30 \text{ lps}$$

A finales de 1980 se diseñó la planta de tratamiento de aguas residuales de la Ciudad de Manzanillo, Colima, México, para una capacidad total de 520 litros por segundo (lps, como se utilizará de acuerdo a como se acostumbra designar ésta unidad) dividida en dos módulos de 260 lps cada uno, por lo que el módulo existente tiene una sobrecarga hidráulica aproximada del 11 % del gasto hidráulico de diseño. Sin embargo, de acuerdo al diagnóstico elaborado, ésta sobrecarga no afecta al proceso de tratamiento de aguas residuales, siempre y cuando se implementen las medidas correctivas indicadas.

Con la intención de evitar el sobre-dimensionamiento en el diseño de los sistemas de cloración y tratamiento de lodos, y sobre todo continuar con la modulación del proyecto original se considerarán las variaciones de gastos o caudales en función del gasto medio del diseño original correspondiente a 260 lps.

#### **VI.1.1 LINEA DE DISTRIBUCION DE AGUA**

Las unidades faltantes de la línea de distribución de agua son: el sistema de pretratamiento con oxidación y decantación, el tanque de coagulación y floculación en la planta de tratamiento.

#### VI.1.1.1 PRETRATAMIENTO

Los sistemas de pretratamiento se utilizan para eliminar las partículas sólidas flotantes como basuras y arenas que contienen las aguas residuales. Con esta estructura se pretende acondicionar el caudal de agua que entra a la planta de tratamiento, con el fin de evitar los problemas que se tienen por la falta de ésta unidad. El pretratamiento se ubicará antes de la caja de llegada o de distribución existente, con esta unidad o estructura se removerán los materiales o partículas que afectan la operación de las unidades subsecuentes.

La unidad de pretratamiento se compone de dos procesos unitarios que son:

**a) Desbaste de sólidos gruesos (rejillas)**

La tarea de las rejillas es separar sólidos orgánicos e inorgánicos grandes flotantes o suspendidos en el agua residual que llega a la planta de tratamiento. Estos sólidos consisten generalmente en trozos de madera, telas, papel, envases de plástico, plásticos en general, etc.

La limpieza de las rejillas se realizará en forma manual con la ayuda de un rastrillo de jardín y la basura removida se colocará en una charola de escurrimiento dispuesta para éste fin.

Posteriormente el material se colocará en una bolsa o deposito cerrado para su disposición final en el tiradero Municipal. Para facilitar la operación de estos canales se tienen tres compuertas que cuentan con un operador mecánico, que permitirán sacar de operación el canal que requiera limpieza o mantenimiento. Los canales son de 1.50 m de ancho y altura libre de 1.10 m, en la sección de compuertas y de cribado se cuenta con dos puentes con barandales que permiten la operación y que brindan mayor seguridad.

**b) desbaste de sólidos finos (desarenador)**

La función del desarenador es lograr la sedimentación de las arenas y cualquier otro material que tenga peso específico superior al de los sólidos orgánicos contenidos en el agua residual que se recibe en la planta de tratamiento. Estas estructuras reducen los problemas causados por obstrucciones o por el desgaste de los equipos donde interviene la arena. Con ésta estructura se evitará que la caja de llegada o de distribución se azolve e incluso la arena pase al sedimentador primario.

Para estos desarenadores se proponen cámaras de flujo horizontal en donde se mantiene una velocidad de 0.3 m/s. La velocidad se controla por medio de un vertedor proporcional con el cual se mide el caudal de agua de entrada, y además cuenta con la geometría requerida para manejar el gasto máximo y el mínimo por cada canal

La estructura del pretratamiento se compone de tres canales de 1.50 m de ancho, que están en serie con los de cribado, esto permite tener un canal fuera de operación para realizar la limpieza de arenas y mantenimiento.

Los tres canales desarenadores tienen tolvas con la capacidad suficiente para almacenar material retenido, al final de los canales se dispone de otra tolva que permite la extracción de las arenas con el propósito de facilitar la operación y mantenimiento. La tolva longitudinal se dimensionó de acuerdo a la diferencia de tirantes o alturas de agua que se presentan cuando se tiene una velocidad de 0.30 y 0.35 m/s. La descarga de agua se realizará en un contenedor construido con tabique, donde se drenará el agua que contiene la arena. El drenaje de ésta se conectará a la red de drenaje de natas del sedimentador primario.

Los detalles de este proyecto se presentan en los planos *7 Arreglo General-Proyectos Complementarios*, *8 Pretratamiento-Funcional*

#### VI.1.1.2 DESINFECCION

Considerando la infraestructura existente, en particular la caseta de cloración y el almacén de cloro, para la desinfección solo fue necesario proyectar un tanque de contacto con cloro. Esta unidad se proyectó con los criterios de bibliografía especializada y de acuerdo a los requerimientos del mismo proceso. El número de tanques se proyectó en función del número de etapas que tiene la planta de tratamiento. La construcción de esta unidad garantizará la remoción de organismos patógenos, presentes en el efluente o caudal de agua a la salida de la planta de tratamiento.

El tanque de contacto con cloro es una estructura de concreto que en su interior tiene mamparas que forman una serie de canales manteniendo el agua durante un periodo mínimo de tiempo que garantiza la desinfección de ella.

La línea de solución de cloro iniciará en la caseta de cloración y el punto de inyección de la solución de cloro se colocará en el primer canal cerca de la tubería de llegada a la estructura.

Para ubicar ésta unidad se consideró la localización de las estructuras existentes, como la caseta y almacén de cloro, tuberías de entrada y salida, así como niveles de plantilla.

Con el fin de medir el efluente o caudal de agua de salida de la planta de tratamiento se colocará un canal Parshall con ancho de garganta de 0.91 m, en el sitio de descarga de agua del tanque con cloro. En éste canal se colocarán dos reglas graduadas que permitirán leer los niveles  $h_1$  y  $h_2$  antes y dentro de la garganta. Con estos niveles se determinará el gasto de operación a partir de la ecuación correspondiente.

Los equipos para dosificación de cloro serán los mismos, solo se cambiarán de ubicación las bombas de ayuda, estas se colocarán al inicio del primer canal del tanque de contacto. El agua a utilizar no debe contener cloro ya que dañaría las tuberías y partes de las bombas de ayuda. En la memoria de cálculo comprendida en el subcapítulo *VI.2 Diseño de las unidades faltantes* del presente capítulo, se pueden observar los parámetros de diseño de ésta estructura y en el plano 9 *Tanque de Contacto con Cloro y Medidor Parshall-Funcional* se presenta el proyecto funcional. Por otra parte, en el capítulo *VII Procedimientos de Construcción* del presente trabajo se incluyen los catálogos de conceptos y especificaciones de construcción.

#### **VI.1.2 LINEA DE LODOS**

Considerando los problemas de operación y sobre todo de manejo y disposición de lodos, se planteó complementar el sistema con los procesos de estabilización y deshidratación de lodos. De acuerdo al análisis de alternativas se optó por diseñar un digestor aeróbico y un sistema de deshidratación basándose en lechos de secado.

En la realización del proyecto de las unidades o estructuras faltantes se consideraron parámetros de diseño, así como los estimados a partir de las condiciones de operación de la planta de tratamiento, además se considero la infraestructura existente para el tratamiento de lodos incluyendo la disposición de terreno.

El sistema propuesto para tratamiento de lodos se realizará de acuerdo a las siguientes estructuras: espesador de lodos, cárcamo de bombeo, digestor aeróbio y lechos de secado.

La concentración de lodos se realizará en el espesador existente, que es alimentado desde el sedimentador primario por medio de gravedad, es de sección circular, con equipo de recolección y concentración de lodos, al cual se le deberán implementar accesorios o dispositivos para mejorar su funcionamiento como es, la mampara perimetral y el desnatador, además se deberá incluir la rehabilitación del sistema de rastras. En los apartados siguientes se describen los proyectos mencionados

#### VI.1.2.1 DIGESTOR DE LODOS

Para la estabilización de lodos se diseñaron dos tanques circulares de concreto con aereadores superficiales de alta velocidad. Los aereadores son de 60 HP, auto-soportados por medio de un flotador y centrados por medio de cables de acero

Estas estructuras cuentan con la tubería necesaria para alimentar a cada uno de los tanques, y tuberías independientes para extracción de lodos. Además, con lo anterior, existe la flexibilidad para trabajar por lo menos con un tanque, permitiendo dejar fuera de operación al otro para su mantenimiento o rehabilitación

Con el propósito de dar mantenimiento a cada aereador se propone un mecanismo que permite su extracción del tanque y colocación sobre una plataforma diseñada para éste fin

Para la alimentación de lodo a los digestores, debido a que la descarga o tubería de salida de lodo del espesador esta profunda, se diseño un cárcamo de bombeo de lodos que elevara el lodo espesado hasta cada uno de los digestores. La operación de ésta unidad se efectuará de forma automática ya que contará con un sistema de peras (sensores eléctricos) que arrancará o parará los equipos de bombeo en funcion de los niveles de operación del cárcamo

Ademas, para la descarga de los lodos que se extraen de los sedimentadores secundarios, la línea o tubería de conexión en cada parte del cárcamo de humos o recolector de lodos secundarios, será conectada al sistema de tuberías para la descarga de los lodos primarios a través de un digestor

los digestores propuestos. Con esta modificación se evitará regresar los lodos secundarios a la caja de llegada o de distribución.

Después de su digestión, el lodo estabilizado será conducido por gravedad mediante tuberías de polietileno de alta densidad (PEAD) con diámetro de 6" (15.24 cm), hasta destinarlos en los lechos de secado propuestos. En el plano *10 Digestor de Lodos-Funcional*, se muestran los detalles de los proyectos funcionales.

#### VI.1.2.2 LECHOS DE SECADO

La deshidratación de lodos se realizará de la forma más económica y sencilla posible, para esto el lodo se descargará en lechos o cajones para su secado por medio de percolación y evaporación. Para la deshidratación de lodos se dispondrá de 28 lechos o cajones, de los cuales, cada lecho tendrá la capacidad para almacenar la cantidad de lodo generado en un día, por lo tanto, el período de estancia y en consecuencia de secado en cada lecho será de 28 días. Los lechos se construirán basándose en muros de tabique y castillos, desplantados sobre dalas de concreto y armadas con acero. Para evitar la contaminación del subsuelo, el fondo de los lechos se impermeabilizará con una membrana plástica para evitar pérdidas por percolaciones. Para facilitar la deshidratación, en los lechos de secado se colocará una capa de arena y otra de grava que permitirá la filtración del agua. Estas camas o capas contarán con una granulometría específica para permitir la separación de sólidos. A lo largo de los lechos o cajones de secado se instalarán tuberías perforadas para recolectar el agua filtrada a través del medio de soporte, es decir, de la arena y la grava.

La distribución de lodo a cada lecho de secado se realizará por medio de tuberías de polietileno de alta densidad (PEAD) con diámetro de 6" (15.24 cm), y trabajarán por medio de gravedad, es decir, no se requiere bombeo, y en cada lecho se colocará una válvula de seccionamiento que permitirá descargar el lodo cuando se requiera.

De acuerdo con los cálculos estimados, el lodo permanecerá en los lechos durante 28 días, para su deshidratación, para este tiempo el lodo contendrá aproximadamente un 20 % de humedad. Al término de éste periodo, el lodo prácticamente deshidratado se extraerá como costra en forma manual, mediante pala y carretilla y se colocará en el terreno disponible de la planta de tratamiento.

Como en el caso de los anteriores proyectos, los parámetros y criterio de diseño se presentan en la memoria de cálculo comprendida en el subcapítulo VI.2 *Diseño de las unidades faltantes* del presente capítulo, mientras que en el plano 11 *Lechos de Secado-Funcional*, se muestran los detalles del proyecto funcional

### VI.1.3 PROYECTO DE REHABILITACION

En éste apartado se describen y se presentan los detalles de construcción de las acciones o complementos recomendados para corregir los problemas observados en el funcionamiento de la planta de tratamiento de la Ciudad de Manzanillo, Colima, México, cuyo resumen se muestra en el cuadro VI.1 *Acciones Propuestas para la Rehabilitación de la Planta de Tratamiento de la Ciudad de Manzanillo, Colima, México*.

De las acciones 20 a la 25 únicamente se incluyeron en éste capítulo, ya que corresponden a acciones que no requieren de diseño.

En el cuadro VI.1 se presentan las acciones propuestas para corregir las deficiencias de operación de la planta de tratamiento. En dicho cuadro en la primera columna se presenta el número de orden para identificar la acción, en la siguiente columna se anota la unidad a la que se debe aplicar la acción, en las siguientes seis columnas se anota el tipo de actividad en función de los diagnósticos estructural, arquitectónico, hidráulico, eléctrico, mecánico y funcional.

Sobresalen en los cuadros anteriores, además de los proyectos de las unidades faltantes, las obras propuestas para los filtros rociadores, ya que son las unidades con más problemas de funcionamiento

Las obras propuestas para corregir el mal funcionamiento de los biofiltros son

- a) Completar la depuración del medio de empaque respetando la granulometría del proyecto
- b) Cambiar el sistema de distribución actual, que es hidráulico, por uno de tracción motriz que incluye variadores de velocidad

Estas obras de rehabilitación permitirán mejorar las eficiencias de operación de los filtros que son muy bajas actualmente al 20%.

DIAGNOSTICO Y REHABILITACION PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MANZANILLO, COLIMA, MEXICO

ACCIONES PROPUESTAS PARA LA REHABILITACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE MANZANILLO, COLIMA, MEXICO

Acción No.	Unidad	Recomendaciones derivadas de cada diagnóstico.					
		Estructural	Arquitectónico	Hidráulico	Eléctrico	Mecánico	Funcional
1	Pretratamiento	Proyecto	Integrar al plano general	Proyecto	Ninguno	No requiere	Proyecto
2	Sedimentador primario	Ninguno	Ninguno	Remediación de placas vertederos	Ninguno	Ninguno	Ninguno
3	Sedimentador Primario	Ninguno	Ninguno				Rehabilitar desanador
4	Sedimentador primario	Ninguno	Ninguno		Sistema automatizado de control de válvulas de purga de lodos		
5	Cárcamo de recirculación pir-ninguno maru	Ninguno	Ninguno	Múltiple para descargar directamente a la torre de carga	Ninguno	Múltiple	Múltiple
6	Filtros rotatorios del 1° y 2° paso	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Motoreductor y cableado de alimentación, habero de control	Disyuntores completos	Múltiple
7	Filtros rotatorios del 1° y 2° paso	Ninguno	Ninguno	Ninguno			Modificación del sistema motor de los distribuidores
8	Cárcamo de recirculación se cunidero	Ninguno	Ninguno	Múltiple para descargar directamente a la torre de carga	Ninguno	Múltiple	Depuración del modo de empaque
9	Sedimentador secundario	Const de mangapas	Ninguno	Mangapas	Ninguno	Ninguno	Múltiple
10	Sedimentador secundario	Sobreelevación	Ninguno	Sobreelevación 40 cm	Ninguno	Ninguno	Mangapas
11	Sedimentador secundario	Remediación de valdotes	Ninguno	Remediación	Reubicación de equipo	Reubicación de equipo	Sobreelevación
12	Tanque de contacto con ciclo y canal parshall	Proyecto	Integración al plano general	Proyecto	Ninguno	Ninguno	Cambio de Placa Veredora
13	Caja de distribución	Sobreelevación	Ninguno	Sobreelevación	No requiere	No requiere	Proyecto
14	Tubería de lodos secundario	Ninguno	Ninguno	Interconexión	Ninguno	Ninguno	Sobreelevación
15	Digestar y cárcamo de bombeo de lodos	Proyecto	Integración	Proyecto	Ninguno	Ninguno	Interconexión
16	Lectros de secado	Proyecto	Integración	Proyecto	Proyecto	Proyecto	Proyecto
17	Espeador de lodos	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Proyecto	Proyecto
18	Espeador de lodos	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Rehabilitación de desanador	Proyecto
19	Línea de interconexión	Ninguno	Ninguno		Ninguno		Trabaje de drenaje de agua
20	Planta de tratamiento	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Rehabilitación, canalización		Rehabilitación línea de interconexión
21	Planta de tratamiento	Ninguno	Rehabilitación arquitectónica	Ninguno	Rehabilitación, canalización general del cableado eléctrico	Ninguno	Ninguno
22	Planta de tratamiento accesorios, inyectores	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Mantenimiento de limpieza y pintura general	Ninguno
23	Sedimentadoras pir-ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Motoreductor sumergible para sistema de raseros	Ninguno
24	Cárcamo de lodos secundarios	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Motoreductor sumergible de 15 HP	Suministro de equipo de te-	Ninguno
25	Áreas verdes	Ninguno	Maopredadora	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Equipo
26	Malesterios	Ninguno	Reposición de revestimiento	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Equipo

Modificado el sistema de tracción de los distribuidores, se puede incluso eliminar la recirculación, sin embargo, de ésta afirmación, no existe ninguna formulación teórica que permita estimar las eficiencias. Por lo anterior deberá ponerse en marcha el nuevo sistema de distribución y efectuar mediciones de calidad para verificar el incremento de eficiencia.

En caso de que se quisiera incrementar la recirculación a un valor mayor de 1.0 Qmed (gasto medio), se tendría que instalar en cada descarga de las bombas una válvula de control que permita regular el gasto que se envía hacia la torre de carga, evitando así el vaciado de los cárcamos.

A continuación se describen cada una de las acciones propuestas para la rehabilitación de la Planta de Tratamiento de aguas residuales de la Ciudad de Manzanillo, Colima, México.

### **ACCION 1 Pretratamiento**

Corresponde al proyecto de la estructura de pretratamiento que ya fue descrita anteriormente en éste capítulo

### **ACCION 2 Sedimentador primario**

Se propone renivelar las placas vertedoras del sedimentador primario, siendo los siguientes datos de proyecto a utilizar para esta acción:

Número de unidades	2
Gasto medio por unidad	Qmed = 130 lps
Gasto de operacion	Q = 145 lps
Gasto máximo extraordinario de la planta	Qmax. ext. = 846.3 lps
Gasto máximo extraordinario por unidad	Qmax. ext = 423.15 lps
Número de canaletas por unidad	4
Número de placas por canal	2
Número total de placas	8
Longitud de la placa	3.90 m
Longitud total de placas vertedoras	31.20 m

Se proponen vertedores triangulares con ángulo  $\theta = 90^\circ$ , para el cual el gasto se calcula con la

ecuación:

$$Q = C_e \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) \sqrt{g}(h_1 + K_v)^{5/2}$$

donde:

- q = Gasto en m<sup>3</sup>/s
- $\theta$  = Angulo del vertedor en ° (grados).
- g = Constante gravitacional que vale 9.81 m/seg<sup>2</sup>
- h<sub>1</sub> = Carga hidráulica sobre el vertedor
- C<sub>e</sub> y K<sub>v</sub> = Coeficientes cuyos valores para  $\theta = 60^\circ$  valen 0.577 y 0.0012 mm

Con los datos anteriores la ecuación se reduce a:

$$Q = 1.0434 (h_1 + K_v)^{2.5}$$

Con los resultados del análisis se seleccionó un vertedor triangular de 60°, con una profundidad de 0.12 m, cada placa de 3.90 m que alojará 12 vertedores, para un caudal o gasto de cero, es decir, al vértice de la cresta vertedora.

Para evitar las imperfecciones en la geometría de estas placas, deberán ser troqueladas y galvanizadas en placas de acero al carbón de 1/4" (0.635 cm) de espesor.

### **ACCION 3 Sedimentador primario**

Correspondiente, también, al sedimentador primario y se refiere a colocar una canastilla en el registro de descarga del desnatador y proporcionar mantenimiento al propio desnatador.

### **ACCION 4 Sedimentador primario**

Correspondiente, de igual forma al sedimentador primario y se refiere a colocar un sistema automatizado de control de válvulas de purga de lodos para tener un mejor control de la salida de los mismos hacia el espesador de lodos.

### **ACCION 5 Cárcamo de recirculación primario**

La acción siguiente corresponde al cárcamo de recirculación 1 y se refiere a la instalación de válvulas de control en las descargas de las tuberías de las bombas, para regular el gasto de descarga y estar en posibilidad de incrementar la tasa de recirculación sin que se vacíe el cárcamo.

En forma adicional se propone sobreelevar 0.40 m los muros de la caja de descarga ubicada en la parte alta del cárcamo, con el fin de evitar que la turbulencia generada por la descarga de agua extraída del mismo cárcamo de recirculación desborde la caja.

#### ***ACCION 6 Filtros rociadores de primer y segundo paso***

Para ésta acción de rehabilitación se incluyen todas las actividades tendientes a mejorar el funcionamiento de los biofiltros con sistema mecánico de rociadores, para el sistema de distribución se propone cambiar los tubos distribuidores para que la tracción o giro se verifique por medios electromecánicos mediante un motorreductor de  $\frac{3}{4}$  de Hp y no por empuje hidráulico.

#### ***ACCION 7 Filtros rociadores de primer y segundo paso***

Complementariamente a la acción anterior, se considera efectuar la depuración del medio de empaque o filtrante, cuyas acciones más importantes son: remover o retirar el medio sin dañar el falso fondo, realizar un cribado para eliminar las granulometrías inferiores a 2 1/2" (6.35 cm) y restituir nuevamente el medio, al mismo tiempo, aprovechar la extracción del medio filtrante para realizar las inspección y limpieza del bajo fondo con el fin de favorecer la aireación del biofiltro y la explotación de banco, acarreos y reposición del volumen de material faltante, respetando la granulometría recomendada, entre 4" (10 cm) y 2 1/2" (6.35 cm)

#### ***ACCION 8 Cárcamo de recirculación secundario***

Para poder incrementar la tasa de recirculación del segundo paso de los biofiltros, se propone instalar valvulas de control en las descargas o tuberías de las bombas y sobreelevar los muros de la caja de descarga ubicada en la parte superior del cárcamo de recirculación 2

#### ***ACCION 9 Sedimentador secundario***

Siguiendo, esta acción corresponde al sedimentador secundario y es, en conjunto con las acciones 10 y 11, la propuesta de rehabilitación de estas estructuras. Consiste en desviar el flujo o caudal de agua de ingreso del sedimentador hacia el cuerpo del mismo, evitando con esto la resuspensión de

sólidos. Para resolver este problema se propone colocar codos de 90° y 10° (25 cm) de diámetro en los orificios de ingreso. en conjunto con las acciones mencionadas.

#### ***ACCION 10 Sedimentador secundario***

Esta acción, corresponde al sedimentador secundario y consiste en sobreelevar los tanques 0.30 m con el fin de restablecer el bordo libre de los sedimentadores debido a la renivelación de las placas vertedoras. Con esta acción se corregirá el problema de inundación de estas unidades. En el plano correspondiente se presentan los detalles constructivos de todas las acciones propuestas para estas estructuras y en el catálogo de conceptos se presentan las cantidades de obra del proyecto de rehabilitación.

#### ***ACCION 11 Sedimentador secundario***

La última acción propuesta para los sedimentadores secundarios, consiste en la sustitución y renivelación de las placas vertedoras. Estas placas fueron diseñadas usando la metodología presentada para los sedimentadores primarios. Los datos para este proyecto son:

Número de canales por tren (estructura)	3
Número de placas vertedoras (por estructura)	4
Longitud por placa	13.0 m
Longitud total de vertedores	52.0 m

Los gastos de diseño se presentaron en el cálculo de la acción 2, en donde cada placa de 13.0 m caben 34 vertedores.

#### ***ACCION 12 Tanque de contacto con cloro y canal parshall***

Esta acción corresponde al proyecto del tanque de contacto con cloro que ya fue descrito anteriormente en este capítulo.

#### ***ACCION 13 Caja de distribución***

Aquí se referirá a la sobreelevación de la caja de llegada o distribuidora de la planta de tratamiento de Salahueta, para corregir el problema de derrames eventuales que se presentan para gastos máximos extraordinarios. Para ésta caja distribuidora se propone una sobreelevación de 0.50 m.

**ACCION 14 Línea de captación de lodos secundarios**

Esta acción se refiere a la interconexión de la línea de conducción por bombeo de los lodos secundarios, para poder descargarlos en primera instancia al espesador y posteriormente al digestor de lodos cuando éste se construya. Con la anterior medida se evitará que los lodos secundarios sean regresados al sistema disminuyendo con esto la eficiencia del proceso.

**ACCION 15 Digestor y cárcamo de bombeo de lodos**

La siguiente acción corresponde al proyecto de los digestores de lodos y su cárcamo de bombeo que fueron anteriormente descritos.

**ACCION 16 Lechos de secado**

Esta vez se refiere al proyecto de los lechos de secado que también fue descrito al principio de este capítulo.

**ACCION 17 Espesador de lodos**

Las acciones de rehabilitación propuestas para el espesador de lodos consisten en la instalación de un desnatador y la ampliación de la tubería de descarga de sobrenadante

Se propone la construcción de un sistema de desnatado que permita retener y canalizar las natas y sobrenadantes del espesador hacia el cárcamo de lodos y, posteriormente, hacia los digestores, con el fin de evitar que regresen a la línea de agua

**ACCION 18 Espesador de lodos**

Esta acción también corresponde a la propuesta de rehabilitación del espesador y consiste en sustituir la tubería de descarga del canal perimetral que recolecta el sobrenadante, que es de 4" (10 cm) y que es insuficiente, por 8" (20 cm) de diámetro. Con esta acción se evitara la inundacion de los canales y por tanto de los vertedores de descarga del sobrenadante

Las características de diseño y constructivas de presentan en el plano indicado y los conceptos de obra en el catalogo correspondiente

**ACCION 19 Tubería de interconexión**

Esta acción corresponde al proyecto de sustitución de la tubería de interconexión entre los redamientos, para permitir la línea de fuga hacia los altos del manantial base. Esta sustitución

obedece a que la tubería existente falló y se encuentra en mal estado por lo que se hace urgente su cambio. La tubería utilizada es de acero de 30" (760 mm) de diámetro y será sustituida por una tubería paralela de Polietileno de Alta Densidad (PEAD) del mismo diámetro. Para mantener el sistema en operación, se completó el proyecto con un By-Pass (tubería de desvío que permite mantener en operación el sistema de tratamiento), provisional que permitirá desviar el flujo en forma directa hacia los filtros.

***ACCION 20 Planta de tratamiento de aguas residuales de Manzanillo, Colima, México***

Esta acción corresponde a la rehabilitación de las canalizaciones eléctricas y el proyecto se origino debido al deterioro que sufren los registros y canalizaciones eléctricas. Aun cuando éste proyecto no es prioritario es recomendable que en cuanto se obtengan recursos económicos se programe la obra para evitar problemas de cortes de energía que interfieran con la operación continua de la planta de tratamiento.

***ACCIONES 21 Y 22 Planta de tratamiento de aguas residuales de Manzanillo, Colima, México***

Las acciones propuestas para la rehabilitación y mantenimiento general de la planta de tratamiento se resumen en el cuadro VI.1 *Acciones Propuestas para la Rehabilitación de la Planta de Tratamiento de la Ciudad de Manzanillo, Colima, México*, con los números del 20 al 25.

De esta forma, en la acción 21 se propone realizar la rehabilitación arquitectónica que consiste en efectuar el resanado de paredes, enyesado, pintura, carpintería, reposición de puertas, herrería, jardinería y plomería, con lo cual se rehabilitará el aspecto estético y funcional de la planta de tratamiento.

Mediante la acción 22, se propone la limpieza y pintura general de todos los elementos metálicos de la planta para garantizar la protección y durabilidad de dichos accesorios.

Como resultado de la aplicación de todas las acciones indicadas se formó el catálogo de obra de la rehabilitación y mantenimiento general de la planta de tratamiento incluyendo las cantidades de obra a desarrollar incluidas en el capítulo siguiente *VII Procedimientos de Construcción*.

## VI.2 DATOS DE PROYECTO

Los datos básicos considerados para el diseño de las unidades de tratamiento faltantes y el sistema de lodos son los presentados a continuación:

- Población en 1997 (fecha en que se realizó el monitoreo) 90,609 habitantes
- Población servida (1997) 80,852 habitantes
- Dotación 412.50 l/hab x día
- Aportación (75% de la dotación) 309.40 l/hab x día
- Tipo de planta Filtros rociadores de alta tasa, en dos etapas, en serie con recirculación y medio filtrante de piedra, con desinfección terminal.
- Tratamiento de lodos Separado con espesamiento y estabilización con cal
- Capacidad total de la planta 520 lps
- Modulación 2 (dos) módulos de 260 lps cada uno
- Características de las aguas crudas
  - Demanda Bioquímica de Oxígeno
  - DBO<sub>5</sub> : 270 mg/l
  - Sólidos Suspendidos Totales y Volátiles
  - SST : 250 mg/l
  - SSF 50 mg/l
  - SSV : 200 mg/l
- Gastos de diseño
  - Gasto mínimo : 130 lps
  - Gasto medio 260 lps
  - Gastos máximo instantáneo : 564.2 lps
  - Gastos máximo extraordinario : 846.3 lps
- Características del agua tratada
  - Demanda Bioquímica de Oxígeno
  - DBO<sub>5</sub> 30 mg/l
  - Sólidos Suspendidos Totales
  - SST 30 mg/l
  - Coliformes Totales 1,000 NMP/100 ml
  - Coliformes Fecales 200 NMP/100 ml
  - Huevos de Fluido 2 Org /100 ml

### VI.3 DISEÑO DE LAS UNIDADES FALTANTES

A continuación se presentan las memorias de cálculo de las estructuras o unidades faltantes.

#### VI.3.1 PRETRATAMIENTO

##### 1) *Tratamiento preliminar*

##### *Cribado*

##### *A. Bases de diseño*

A.1 Número de unidades	3 (tres)
A.2 Tipo de unidad	Rejillas
A.3 Inclinación de las cribas	60° (con la horizontal)
A.4 Características de la rejilla.	
- Espacio libre entre barras	3/4" - 1/2" (12.7 - 19.05 mm)
- Espacio de las barras	1/4" - 3/8" (6.35 - 9.53 mm)
- Profundidad de las barras	1" (25.4 mm)
A.5 Material de la rejilla	Acero C.R. 1045
A.6 Limpieza	Manual
A.7 Disposición del material retenido	Relleno sanitario o incineración
A.8 Plataforma de recolección	3 - 5 % (con drenado hacia el canal)
A.9 Eficiencia de recolección	75 - 85 %
A.10 Sección	Rectangular
A.11 Relación ancho: tirante	2 : 1
A.12 Velocidad a $Q_{max}$ . (gasto máximo)	0.60 m/s
A.13 Gastos o caudales de proyecto	
- Máximo	376 lps
- Medio	290 lps
- Mínimo	145 lps

##### *B. Canal de conducción a gasto máximo*

B.1 Area de la sección hidráulica a gasto máximo.	$A = 0.376 / 0.60 = 0.627 \text{ m}^2$
B.2 Tirante de agua a gasto Máximo.	$t = 0.627 / 1.12 = 0.56 \text{ m}$
B.3 Ancho del canal.	$a = 2 \times 0.56 = 1.12 \text{ m}$

B.4 Pendiente del canal.

$$P_m = 1.12 + 2 ( 0.56 ) = 2.24 \text{ m}$$

$$R_h = 0.627 / 2.24 = 0.28 \text{ m}$$

$$S = ( 0.60 \times 0.013 \times 0.280^{2/3} ) = 0.003$$

**C. Cámara de cribado**

**C.1 Condiciones.**

La cámara se diseñará para gasto máximo y se revisaran las velocidades a través de la rejilla y los tirantes de agua en el canal para gasto medio y mínimo.

C.2 Area libre a través de las aberturas de las rejillas.  $A = 0.376 / 0.60 = 0.627 \text{ m}^2$

C.3 Ancho libre de las aberturas de las rejillas.  $a_1 = 0.627 / 0.56 = 1.12 \text{ m}$

C.4 Número de espacios libres.  $N_e = 1.12 / 0.0191 = 58.79 \approx 59 \text{ espacios}$

C.5 Ancho libre ajustado  $A_a = 59 \times 0.0191 = 1.12 \text{ m}$

C.6 Número de barras  $N_b = 59 - 1 = 58 \text{ barras}$

C.7 Ancho y profundidad de las barras.  
 ancho  $1/4"$  (6.35 mm)  
 profundidad  $1"$  (25.4 mm)

$$\text{longitud} = (0.56 + 0.5) / \text{sen } 60^\circ = 1.22 \text{ m}$$

C.9 Ancho de la cámara  $a_c = 1.12 + (8^2 \times 0.0064) = 1.50 \text{ m}$

C.10 Largo de la cámara  $L = 2.50 \times 1.5 = 3.75 \text{ m}$

**D. Eliminación de la materia cribada**

La materia cribada, previamente removida, se almacenará en contenedores cerrados y se transportara diariamente a un relleno sanitario para su disposición

**E. Análisis y dimensionamiento**

E.1 Coeficiente de eficiencia  $C_e = (59 \times 0.0191) / 1.5 = 0.75$

**E.2 Tirante real de agua y velocidad a gasto máximo**

**E.2.1 Tirante aguas arriba de la rejilla ( $d_2$ )**

Aplicando la ecuación de la energía entre el canal de llegada y entrada de la cámara de cribado

Consideraciones

- El piso de la cámara es horizontal
- El nivel de referencia es el piso de la cámara = 0.00 m
- La plantilla de concreto en la entrada es 0.00 m

$$0.0 + 0.56 + (0.60^2 / 19.62) = 0.0 + d_2 + [0.376 / \{(1.50 d_2)^2 / 19.62\}] +$$

$$+ 0.25 (0.60^2 / 19.62) - [0.376 / \{(1.50 d_2)^2 / 19.62\}]$$

para  $d_2 = 0.566$  (por tanteos)

$$0.578 = 0.578$$

**E.2.2** Velocidad aguas arriba de la rejilla.  $V = 0.376 / (1.5 \times 0.566) = 0.44 \text{ m/s}$

Velocidad real a través de las aberturas libres de las rejillas.

$$V = 0.376 / 1.12 \times 0.566 = 0.59 \text{ m/s}$$

**E.2.3** Pérdida de carga a través de la rejilla.  $h = 0.00843 \text{ m}$

Por lo tanto, se considera  $0.011 \text{ m}$

**E.2.4** Tirante de agua y velocidad aguas abajo de la rejilla.  $d_3 = 0.554$

Aplicando la ecuación de la energía en la cámara de cribado, antes y después de la rejilla.

**E.2.5** Velocidad aguas abajo de la rejilla.  $V_3 = 0.376 / (1.5 \times 0.554) = 0.45 \text{ m/s}$

**E.3** Revisión de las condiciones hidráulicas de la cámara de cribado para gasto medio.

**E.3.1** Condición de flujo. - Ancho del canal  $a_c = 1.124 \text{ m}$

- Pendiente  $S = 0.0003$

**E.3.2** Velocidad  $V = (1/0.013) \times (0.0003)^{1/2} \times Rh^{1.40} Rh^{2/3}$

**E.3.3** Radio hidráulico.  $Rh = 1.12 d / (1.124 + 2d)$

**E.3.4** Tirante

El valor de "V" debe satisfacer la ecuación de continuidad.  $d = 0.458 \text{ m}$

**E.3.5** Velocidad.  $V = 1.40 \times [(1.12 \times 0.46) / (1.12 + (2 \times 0.46))]^{2/3}$

$$V = 0.56 \text{ m/s}$$

**E.3.6** Area hidráulica  $A_h = 1.12 \times 0.46 = 0.52 \text{ m}^2$

**E.3.7** Gasto.  $Q = 0.51 \times 0.56 = 0.29 \text{ m}^3/\text{s}$

Haciendo lo anterior para gasto medio y gasto mínimo se concluye lo siguiente:

Resumen de las características de diseño de la cámara de cribado.

- Ancho libre	1.12 m
- Ancho total	1.50 m
- Largo	3.75 m
- Tirante	0.56 m
- Pérdida de carga	0.0112 m
- Pendiente	0.0003

## 2) Desarenación

### A) Bases de diseño

Para el diseño de los desarenadores se considerará la eliminación de arenas media y fina, manteniendo una velocidad horizontal de 30 cm/s, regulada por una sección de control, aguas abajo, tipo vertedor proporcional (sutro)

Las fronteras del desarenador son: canal de salida del proceso de cribado, aguas arriba, y vertedor proporcional (sutro) aguas abajo.

### B) Dimensionamiento

#### B.1 Análisis de gasto máximo ( $Q_{\max} = 0.376 \text{ m}^3/\text{s}$ )

Condiciones aguas arriba del desarenador, en el canal de cribado

- Tirante de agua	0.55 m
- Ancho del canal	1.50 m
- Velocidad	0.45 m/s

B.2 Ancho del canal desarenador.  $A = 0.376 / 0.30 = 1.25 \text{ m}^2$

B.3 Tirante en la sección aguas arriba del desarenador a partir de la ecuación de la energía.

$$Dh = 0.44 \times [0.45^2/2g - (0.30 \times 2 \times 0.0026)]$$

Considerando una diferencia de niveles entre las cámaras de cribado y desarenación igual a:

$$Z_3 - Z_4 = 0.282 \text{ m se tiene,}$$

$$0.282 + 0.554 + 0.45^2/2g = d_4 + (0.30 \times 2 \times 0.0026)$$

$$d_4 = 0.839 \text{ m Resolviendo la ecuación por prueba y error}$$

$$0.846 = 0.846$$

B.4 Ancho del canal  $a_c = 1.25 / 0.839 = 1.50 \text{ m}$

La diferencia del nivel 0.282 m será para que se mantenga el mismo ancho que en la cámara de cribado

#### B.5 Longitud del canal desarenador

La longitud del canal depende de la trayectoria de las partículas que se sedimentan más lentamente y del tirante del agua. Para una velocidad de sedimentación de 4.5 cm/s y una velocidad horizontal de 30 cm/s, se tiene (la velocidad de sedimentación de 4.6 cm/s se usa para diámetros de partículas de 0.20 mm y velocidades horizontales de 30 cm/s)

$$L = (0.30 / 0.046) \times d = 6.52 \text{ d}$$

$$L = (6.52 \times 0.84) = 5.47 \approx 5.50 \text{ m}$$

$$L = 1.5 \times 5.5 = 8.25 \text{ m}$$

**B.6 Resumen de las características de diseño de la cámara de desarenación.**

- Ancho 1.50 m
- Largo 8.25 m
- Tirante 0.84 m

**B.7 Deposito de arena.**

**B.7.1 Volúmen para el deposito de arena.**

Diferencia de tirantes.  $D = 0.84 - 0.72 = 0.12 \text{ m}$   
 $Vd = 0.12 \times 1.5 \times 8.25 = 1.48 \text{ m}^3$

**B.7.2 Tolva de arenas**

Base superior :	Longitud 8.25 m; Ancho 1.50 m;
Base inferior :	Longitud 7.83 m; Ancho 1.08 m; Altura 0.21 m
Area base mayor,	$1.5 \times 8.25 = 12.38 \text{ m}^2$
Area base menor,	$1.08 \times 7.83 = 8.46 \text{ m}^2$

$$V = 1/3 \{ 0.21 [ 12.38 + 8.46 + \sqrt{12.38(8.46)} ] \} = 2.17 \text{ m}^3$$

**B.8 Vertedor proporcional (Características geométricas de la escotadura del vertedor sutro).**

Para:  $a = 0.025 \text{ m}; h = 0.814 \text{ m};$   
 $B = 1.50 \text{ m}; Q = 0.38 \text{ m}^3/\text{s} = 2q; q = 0.19 \text{ m}^3/\text{s}$   
 $h + 2/3 [ (0.81 + 2/3) \times 0.025 ] = 0.83 \text{ m}$   
 $b = 0.19 / [ 0.83 \times \sqrt{2g(0.025)} ] = 0.32 \text{ m}.$

**VI.3.2 TANQUE DE CONTACTO DE CLORO**

- a) Número de unidades por módulo 1 (una)  
 b) Gasto máximo  $Q = 564 \text{ l/s} = 33.84 \text{ m}^3/\text{minuto}$   
 c) Volúmen  $V = 33.84 \times 15 = 508 \text{ m}^3$

Volúmen requerido, adoptando un tiempo de retención de 15 minutos para gastos máximo.

**d) Largo ancho**

Adoptando un tanque de sección rectangular con tirante de agua de 2.50 m y relación largo-ancho,  $L = 2.0 a$ .

$$\text{Area} = 20.30 \text{ m}^2 \text{ (Area neta)}$$

$$a = \sqrt{203.30/2} = 10.08 \text{ m}$$

$$L = 2 \times 10.08 = 20.16 \text{ m}$$

Con lo que se obtiene 12 canales de 1.50 de ancho y 11 mamparas de 25 cm de espesor.

Por tanto el área total por tanque será:  $At = 20.75 \times 12.00 \text{ m} = 249.00 \text{ m}^2$

d) Velocidad horizontal entre mamparas

Velocidad media horizontal del agua entre mamparas;  $V_{med} = 15.59 / 3.75 = 4.15 \text{ m/min}$

e) Dimensión del tanque de contacto

Forma: rectangular con mamparas longitudinales;	Tirante = 2.50 m;
Longitud = 16.50 m; Ancho total = 20.65 m;	Profundidad = 2.85 m;
Longitud de mamparas = 14.0 m;	Espesor de mamparas = 0.25 m;
Espacio entre mamparas = 1.65 m;	Número de mamparas = 10
Número de canales = 11	Relación largo-ancho = 8.5

### 1) Sistema de cloración

#### Datos de proyecto

Gasto hidráulico a tratar  $Q = 520 \text{ lps} = 44,928.0 \text{ m}^3/\text{día}$

Dosis  $10 \text{ mg/l} = 0.01 \text{ kg/día}$

Desinfectante Gas cloro en solución

a) Cantidad de cloro requerido  $cl_2 = 449.28 \text{ kg/día} = 990.48 \text{ Lb/día}$

Considerando un factor de seguridad del 20 % por recomendación del fabricante  
 $Ccr = 539.14 \text{ kg/día} = 1,188.57 \text{ Lb/día}$

b) revisión de la capacidad del clorador

De acuerdo a catálogos consultados Tipo de clorador V - NOTCH  
Serie V - 2020  
Capacidad 900 kg/día

c) Revisión del inyector

Considerando una contrapresión en el punto de descarga mínima de  $10 \text{ psi} = 7 \text{ m c.a.}$  y un factor de seguridad del 10 %,  $Bp = 0.77 \text{ kg/cm}^2 = 10.95 \text{ Lb/pulg}^2$

De la grafica de inyectores de W and T y con los datos anteriores se obtiene

Presión de operación  $55 \text{ Lb/pulg}^2 = 3.87 \text{ kg/cm}^2$

Gasto de operación  $24 \text{ gpm} = 1.51 \text{ lps}$

d) Gasto de bombeo

Considerando un factor de seguridad del 20 % en el gasto se obtiene

Gasto de bombeo  $Q = 1.89 \text{ lps} = 30.00 \text{ gpm}$

e) Carga dinámica total.

Tomando en cuenta que el punto de succión y descarga de la bomba se ubican cerca del clorador se considerara un 15 % mas de la presión de operación del inyector.

Carga dinámica total  $4.45 \text{ kg/cm}^2 = 63.25 \text{ Lb/pulg}^2$

f) Características de la bomba.

Tipo de bomba : Turbina; Serie : 110;

Capacidad : 31.2 gpm; Carga dinámica total . 65 Lb/pulg<sup>2</sup>;

Revoluciones : 1750 r.p.m.;

Número : J5T; Potencia : 3BHP;

Diámetro de succión : 2  $\phi$  (diámetro); Diámetro de descarga : 1 1/4  $\phi$ ;

Motor : Nema 145 T 3 HP

## 2) Revisión de las dimensiones del almacén de cloro

De acuerdo con los gastos a tratar se tienen cilindros de 908 kg.

a) Número de cilindros en operación.

Velocidad de descarga a una contrapresión de 2.45 Kg/cm<sup>2</sup> y una temperatura de 21°C

$$Vd = 163.2 \text{ kg/día}$$

$$N_{cop} = 2.75 \approx 3 \text{ cilindros}$$

b) Tiempo de duración.

$$t_o = 6.06 \text{ días}$$

c) Cantidad de cloro en reserva.

Por recomendación se deberá considerar cilindro(s) en operación y en reserva.

Tiempo de reserva 20 días; Cantidad de cloro en reserva  $Cl_{2r} = 8,985.6 \text{ kg}$

d) Número de cilindros en reserva  $N_{cr} = 9.90 \approx 10 \text{ cilindros}$

e) Número de cilindros en el almacén.  $N_c = 13 \text{ cilindros}$

f) Dimensiones de los cilindros. Largo  $L = 2.1 \text{ m}$

$$\text{Diámetro } \phi = 0.76 \text{ m}$$

g) Ancho del almacén.  $A = 2a + i = 4.5 \text{ m}$

donde : a = ancho de accesos 1.2 m; i = largo del cilindro

h) Largo del almacén.  $L = N_c \times D + e(N_c - 1) + (e_1 \times N_e) + 2a$

donde:  $N_c$  = Número de cilindros = 13 cilindros;       $D$  = Diámetro de cilindros = 0.76 m;  
 $e$  = Espacio entre cilindros = 0.24 m;       $e_1$  = Espacio para maniobras = 1.0 m;  
 $a$  = ancho de acceso = 1.2 m;       $N_e$  = Espacios para maniobras = 1.0;  
 $L$  = 16.16 m

i) Altura libre del almacén.       $H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4$

donde:  $h_1$  = altura de la plataforma del camión = 1.1 m  
 $h_2$  = altura de paso de cilindro = 1.9 m       $h_3$  = altura desarrollo del polipasto = 0.8 m  
 $h_4$  = peralte de trabe "I" de 12" = 0.30 m      Altura total = 4.10 m

### VI.3.3 CANAL AFORADOR O MEDIDOR DE CAUDAL, PARSHALL

Tomando en cuenta los gastos de operación de la planta de se considera un canal Parshall de 36" de ancho de garganta.

- a) Tirante a gasto máximo.       $Q = 2.184 \text{ ha}^{1.566}$   
 $h_a = (0.520 / 2.184)^{1/1.566} = 0.400$
- b) Grado de sumergencia.       $S = 70 \%$
- c) Para un grado de sumergencia del 70 %.       $h_b = 0.280 \text{ m}$
- d) Elevación de la cresta

Conociendo las características del canal de conducción

$$X = 0.391 - 0.280 = 0.11 \text{ m}$$

e) Pérdida de carga para las condiciones de flujo anterior

De monograma de pérdidas del canal Parshall  $h_f = 0.16 \text{ m}$

f) Profundidad aguas arriba de la canaleta

$$y = 0.391 + 0.16 = 0.551 \text{ m}$$

#### Calculo de tirante en el vertedor de salida

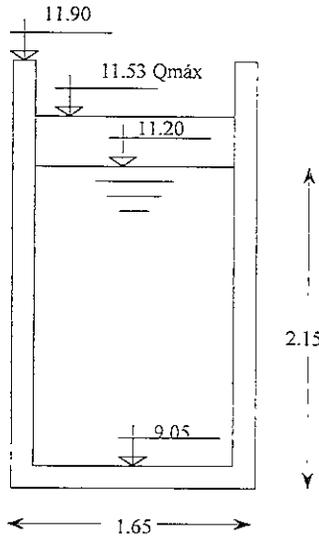
Datos      Gasto = 564 lps  
 Profundidad = 2.15 m  
 Longitud = 1.65 m

Ecuación de Rehbock       $Q = 2/3 L \cdot h^{3/2} (0.605 + 1/1050 h^{-3} + 0.03 h^2)^{1/2} \sqrt{2g}$

Con el flujo se obtiene la carga sobre el vertedor

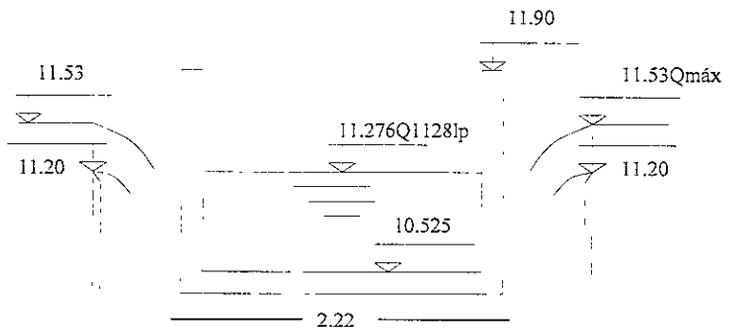
$h = 0.3265 \text{ m} = 32.65 \text{ cm}$

Acotaciones en metros (m).



Canal de entrada a medidor Parshall

Acotaciones en metros (m).



Datos del proyecto:

$$Q_{max} = 1,128 \text{ lps}$$

Cálculo del tirante en el canal Parshall

$$h_a = 0.655 \text{ m}$$

$$Q = 2.18 h_1^{1.566}$$

$$h_1 = (Q / 2.18)^{1/1.566} = 0.66$$

Para un grado de sumergencia del 70 %

$$h_2 = 0.70 \times h_1 = 0.46 \text{ m}$$

$$P_2 = T_2 - h_2 = 0.9 - 0.46 = 0.44 \text{ m}$$

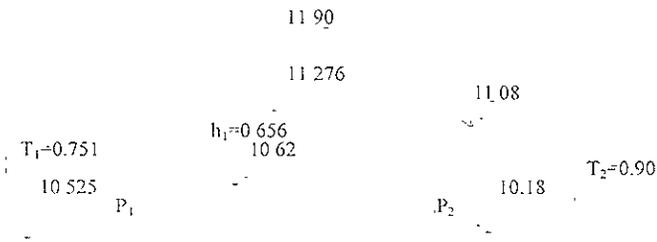
$$P_1 = T_1 - h_1$$

$$P_1 = 1.16 - 0.656 = 0.50$$

$$Ah = 0.26$$

$$T_1 = T_2 + Ah = 0.90 + 0.26 = 1.16$$

Acotaciones en metros (m).



### VI.3.4 PRODUCCION DE LODOS

Existen diferentes métodos para determinar la cantidad de lodos producidos en un sistema de tratamiento que depende de diversos factores, tanto de criterios de cálculo como de funcionalidad y proceso de tratamiento

De los diversos criterios para calcular la cantidad de lodos se encuentran los siguientes:

- Cálculo con los datos de aportación de aguas negras
- Cálculo por población equivalente con los datos de Imhoff, Muller & Thistlethwayte
- Cálculo con los sólidos suspendidos y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) removida

En este caso con los tres métodos son aplicables y se obtienen resultados similares, sin embargo se emplea el criterio de cálculo con los datos de Sólidos Suspendidos y DBO removida, debido a que

• Obtiene valores más precisos de lodos

La producción de lodos considerando la aportación de aguas residuales es de 4,650 kg/día y 4,546 kg/día por población equivalente, mientras que para la el criterio aplicado es de 5,794 kg/día como se verá a continuación.

#### VI.3.4.1 LODOS PRIMARIOS

a) Gastos medio por módulo: ( $Q_{med}$ )	260 l/s
b) Sólidos Suspendedos Totales: (SST)	250 mg/l
c) Remoción de SST en el sedimentador primario:	55 %
d) Concentración de sólido:	3 %
e) Densidad:	1.02
$SST = (22,464 \times 250 \times 1000) / 1'000,000 = 5,616 \text{ kg/día}$	
Producción de lodos primarios = 5,616, x 0.55 = 3,089 kg / día	
Volúmen = 100 m <sup>3</sup> / día	

#### VI.3.4.2 LODOS SECUNDARIOS

a) Gastos medio por módulo:	260 l/s
b) Remoción de DBO <sub>5</sub> en el sedimentador primario:	25 %
Demanda Bioquímica de oxígeno a los 5 días (DBO <sub>5</sub> )	
c) DBO <sub>5</sub> del influente a filtros:	202 mg/l
d) DBO <sub>5</sub> del efluente de filtros:	30 mg/l
e) Eficiencia de remoción de DBO <sub>5</sub> :	90 %
f) Concentración de sólidos:	2 %
g) Densidad:	1.025
h) Producción de lodos:	0.70 kg/kg de DBO removida
DBO removida = $(172 \times 0.260 \times 86,400) / 1,000 = 3,864 \text{ kg/día}$	
producción de lodos secundarios = 3,864, x 0.70 = 2,705 kg/día	
Volúmen = 132 m <sup>3</sup> / día	
Volúmen de lodos combinados = 232 m <sup>3</sup>	
Pesos de lodos combinados = 5,794 kg/día	

**Revisión del espesador de lodos**

- a) Número de unidades por módulo 1 (uno)
- b) Pesos de lodos  $W = 5,794 \text{ kg/día}$
- c) Diámetro del espesador  $\phi = 10.00 \text{ m}$
- d) Area del espesador  $A = 78.54 \text{ m}^2$
- e) Carga de sólidos  $C_s = 5,794 / 78.54 = 73.77 \text{ kg/m}^2 \times \text{día}$
- g) Volumen de lodos después del espesador para 5 % de concentración de lodos  
 $V = 5,794 / (1.02 \times 1,000 \times 0.05) = 114 \text{ m}^3 / \text{día}$
- h) Tiempo de retención (Tr)  
para un tirante de agua de 3.00 m  
Volumen = 190.80 m<sup>3</sup>  
Tr = 190.80 / 114 = 1.67 día

**VI.3.5 DIGESTOR AEROBIO**

- a) Número de unidades por módulo 1 (uno), dividido en dos tanques de operación alterna
- b) Volumen de lodo por tanque  $V = 114 / 2 = 57 \text{ m}^3 / \text{día}$
- c) Volumen por tanque para tiempo de retención de 18 días  
Volumen = 1,026 m<sup>3</sup>
- d) Dimensiones de los tanques  
Considerando tanques de seccion cuadrada de. 3.00 m de profundidad  
Area = 342 m<sup>2</sup>  
L = 18.50 m
- e) Requerimiento de oxigeno en condiciones estándar  
Considerando que el 40 % del tejido se oxida totalmente y suministrando 2 kg / kg de Sólidos  
Suspendidos Volátiles (SSV) destruidos, Sólidos Volátiles = 2,897 x 0.80 = 2,318 kg SV / día  
Requerimiento = 2,318 x 0.4 x 2 = 1,854 kg de O<sub>2</sub> / día  
Requerimiento = 77.25 kg de O<sub>2</sub> / hr
- f) Oxígeno a transferir en condiciones de campo  
Para una altura al nivel del mar, temperatura media 20°C y 2mg/l de oxigeno en los digestores,  
aplicado  $N = N_0 (\beta C_{sw} - C) / (9.17) 1.024^{T-20}$   
en donde  $\beta = 1$  y  $\alpha = 0.25$

$N$  = kg de  $O_2$  / HP transferido a condiciones de campo.

$N_0$  = kg de  $O_2$  transferido en agua limpia a  $20^\circ C$  y cero oxígeno disuelto.

$\beta$  = Factor de corrección por salinidad.  $\alpha$  = Factor de corrección de transferencia de oxígeno.

$C_{sw}$  = Concentración de saturación para las condiciones de campo, en mg/l.

$C_l$  = Concentración de oxígeno en el digestor, en mg/l.  $T$  = Temperatura, grados centígrados ( $^\circ C$ ).

Aplicado:  $\beta = 1$  ;  $\alpha = 0.85$  ;  $T = 0.75 N_0$

Por tanto cada aereador deberá suministrar

Requerimiento =  $77.25 / 0.75 = 103 \text{ kg } O_2 / \text{hr} = 227 \text{ lb } O_2 / \text{hr}$

Instalado un aereador por tanque, cada equipo deberá transferir

Requerimiento =  $227 \text{ lb } O_2 / \text{hr}$

Considerando una transferencia de oxígeno de los aereadores de  $4 \text{ lb} / \text{hr} \times \text{HP}$  se requerrán aereadores de 60 HP.

g) Nivel de potencia para mezcla completa  $\text{Volúmen del digestor} = 1,027 / \text{m}^3$

Nivel de mezcla =  $60 / 1027 = 58.42 \text{ HP} / 1000 \text{ m}^3$ ; El nivel de potencia para mezcla es correcto

### VI.3.5 LECHO DE SECADO

a) Peso de lodo aplicado a los lechos de secado;  $W = 5,794 \times 0.60 = 3,476 \text{ kg} / \text{día} = 7,663 \text{ lb} / \text{día}$ .

b) Densidad de lodo  $d = 63.67 \text{ lb} / \text{pie}^2$

c) Concentración de lodos  $5 \%$

d) Carga de sólidos  $C_s = 51.8 \text{ lb} \times 0.05 = 2.6 \text{ lb} / \text{pie}^3 \times \text{día}$

e) Porcentaje de drenaje de agua de lluvia  $43 \%$

f) Porcentaje promedio de evaporación en lodo seco  $75 \%$

g) Area de secado

El análisis detallado del lecho de secado tomando en cuenta los registros climatológicos de la región y considerando los valores correspondientes al 83 % de probabilidad de ocurrencia.

Area de secado =  $(7,663 / 2.6) \times 22.7 = 67,100 \text{ pie}^2 = 6,234 \text{ m}^2$

Adoptando lechos de 6.00 m de ancho y 30.00 m de longitud el área por lecho es de  $225 \text{ m}^2$ .

Por lo que se requerirá la construcción de 28 lechos de secado.

Considerando muros divisorios de 20 cm de espesor el área de lechos será de:

$A = 108 \text{ m} \times 60.60 \text{ m} = 6,544.8 \text{ m}^2$ .

CAPITULO VII  
PROCEDIMIENTOS DE  
CONSTRUCCION

## CAPITULO VII

### PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION

#### VII.1. ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCION

A lo largo de la construcción y para el proyecto de rehabilitación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de Manzanillo, Colima, México, se tomaron las especificaciones de construcción de La Comisión Nacional del Agua (CNA)

Para fines de ésta tesis, a continuación solo se describen las especificaciones más relevantes, es decir, no se mencionan todas las incluidas en los catálogos de conceptos, ya que cada procedimiento constructivo requiere de al menos una especificación y no es el objetivo de éste trabajo describir todos y cada uno de ellos.

#### *EXCAVACION DE ZANJAS*

Se entenderá por "excavación de zanjas" la que se realice según el proyecto y/u órdenes de la supervisión para alojar la tubería de las redes de agua potable y alcantarillado incluyendo las operaciones necesarias para amacizar o limpiar la plantilla y taludes de las mismas, la remoción del material producto de las excavaciones, su colocación a uno o ambos lados de la zanja disponiéndolo en tal forma que no interfiera con el desarrollo normal de los trabajos y la conservación de dichas excavaciones por el tiempo que se requiera para la instalación satisfactoria de la tubería. Incluye igualmente las operaciones que se deberán efectuar el Contratista para alojar el material manualmente o con equipo mecánico previamente a su excavación cuando se requiera

El producto de la excavación se depositará a uno o a ambos lados de la zanja, dejando libre en el lado que fije la supervisión un pasillo de 60 cm entre el límite de la zanja y el pie del talud del bordo formado por dicho material

Las excavaciones deberán ser afinadas en tal forma que cualquier punto de las paredes de las mismas no diste en ningún caso más de 5 cm de la sección de proyecto, cuidando que esta operación se realice en forma sistemática. El fondo de la excavación deberá ser afinado

minuciosamente a fin de que la tubería que posteriormente se instale en la misma quede a la profundidad señalada y con la pendiente de proyecto.

Las dimensiones de las excavaciones que formarán las zanjas variarán en función del diámetro de la tubería que será alojada en ellas. La profundidad de la zanja será medida a partir del nivel natural del terreno, hasta el fondo de la excavación.

La supervisión deberá vigilar que no transcurra un lapso mayor de 7 días desde el momento en que inicie la excavación hasta aquel en que se termine el relleno de la misma, incluyendo el tiempo necesario para la colocación y prueba de la tubería.

Las características y forma de los ademes y puntales serán fijados por la supervisión sin que éste releve al contratista de ser el único responsable de los daños y perjuicios que directa o indirectamente se deriven por falla de los mismos.

La excavación de zanjas se medirá en metros cúbicos con aproximación de una decimal. Al efecto se determinarán los volúmenes de las excavaciones realizadas según el proyecto y/o las órdenes de la supervisión.

Se considerará que las excavaciones se efectúan en material lodoso cuando por la consistencia del material se dificulte su extracción, incluso en el caso en que se haya usado bombeo para abatir el nivel del agua que lo cubría

### ***EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS***

Se entenderá por excavación para estructuras las que se realicen para alojar las cimentaciones que formen parte de ellas, incluyendo las operaciones necesarias para amacizar o limpiar la plantilla o taludes de la misma, la remoción del material producto de las excavaciones a la zona de libre colocación disponiéndolo en tal forma que no interfiera con el desarrollo normal de los trabajos y la conservación de dichas excavaciones por el tiempo que se requiera para la construcción satisfactoria de las estructuras correspondientes.

Cuando las excavaciones no vayan a cubrirse con concreto o mamposterías, se harán con las dimensiones mínimas requeridas para alojar o construir las estructuras; con un acabado esmerado hasta las líneas o niveles previstos en el proyecto y/o los ordenados por la supervisión, con una tolerancia en exceso de 25 cm al pie de los taludes que permita la colocación de formas para concreto, cuando ésto sea necesario

La pendiente que deberán tener los taludes de estas excavaciones será determinada en la obra por la supervisión, según la naturaleza o estabilidad del material excavado considerándose la sección resultante como sección de proyecto.

Las excavaciones para estructuras se medirán en metros cúbicos con aproximación de un decimal. Al efecto se determinará directamente en las excavaciones el volumen de los diversos materiales excavados de acuerdo con las secciones de proyecto y/o las órdenes de la supervisión.

#### ***INSTALACION DE TUBERIA DE ACERO SOLDADA***

Se entenderá por este concepto el conjunto de todas las maniobras y trabajos que se deben ejecutar, para la debida colocación de la tubería en zanjas, sobre silletas o en el sitio que designe La Comisión Nacional del Agua, previa unión mediante junta soldada. Cada tubo se alineará con el ya instalado, por medio de un alineador exterior o interior, según el diámetro de la tubería de que se trate

El tipo de alineador que se utilice, según el caso, deberá tener potencia suficiente para volver el extremo del tubo a su forma circular en caso de que esté ovalado y si el diámetro del tubo que se está alineando tiene diferencia pequeña con el diámetro del tubo con el cual se va a unir, se repartirá la diferencia en toda la circunferencia del tubo y en ningún caso se permitira que el escalon así formado sea mayor que 1/16"

El alineamiento del tubo será hecho en tal forma que no sea visible ninguna desviación angular entre dos tubos consecutivos. La separación entre las partes planas (topos) de los bisceles en la unión de los dos tubos, deberá ser aproximadamente de 1/16", de tal manera que se asegure una completa penetración de la soldadura, sin quemadura

Los extremos de la tubería y accesorios que van a ser soldados deben estar biselados. Cuando en el campo se haga necesario hacer un bisel éste deberá hacerse con máquina biseladora oxiacetilénica de mano para formar un bisel semejante a los de fábrica.

Todos sus accesorios, tales como cables, portaelectrodos, etc., deberán ser del tipo y tamaño adecuados para el trabajo y estar en todo tiempo en condiciones de asegurar soldaduras de buena calidad, continuidad de operación y seguridad para el personal.

Mientras se aplica el primer cordón de soldadura, se mantendrá el tubo a una altura mínima de 0.40 m sobre el terreno y completamente alineado con el tipo de alineador adecuado debidamente colocado y deberá terminarse totalmente el cordón antes de mover el equipo de sostén o quitar el alineador.

Cada soldadura se hará con el número de cordones y tamaños de electrodos que se fijan en las especificaciones particulares, de acuerdo con el diámetro y espesor de la tubería. Si de acuerdo con su experiencia el constructor desea emplear otro procedimiento de soldadura diferente al indicado en las particulares del proyecto, deberá hacerlo previa autorización.

La soldadura terminada deberá presentar un aspecto uniforme y deberá limpiarse y cepillarse completamente sin dejar nada de escoria. La soldadura seguirá el procedimiento manual de arco metálico protegido, con soldadura a tope en los diversos tramos de tubería y el constructor deberá presentar previamente el procedimiento de soldadura.

Dentro del proceso de soldado deberá evitarse condiciones atmosféricas adversas. No deberá moverse la tubería hasta que la soldadura este fría, a temperatura tolerable al tacto. La calidad de la soldadura será juzgada por la supervisión de acuerdo con lo antes descrito.

Al término de la jornada de trabajo, se procederá a cubrir los extremos de la tubería para evitar la entrada de materias extrañas y animales, mediante tapas protectoras que serán presentadas para su aprobación a la supervisión; éstas tapas se retirarán una vez que hayan cumplido su cometido.

Antes de bajar la tubería, se debe revisar nuevamente y se preparará el fondo de la zanja quitando los obstáculos, piedras irregularidades que signifiquen puntos de concentración de cargas que puedan dañar al revestimiento durante las maniobras de bajo de la tubería.

La bajada de la tubería deberá hacerse cuidadosamente, empleando bandas de lona u otro material suave. No se permitirá el uso de fibra o metal que pueda dañar la protección. La maniobra se efectuará procurando que la tubería quede sujeta a esfuerzos de comprensión y no de tensión cuando sea colocada en el fondo de la zanja. Salvo el caso en que la supervisión lo autorice, la tubería deberá bajarse al día siguiente, pero no antes de 24 horas después de haber sido esmaltada para que esté suficientemente seca.

La instalación de tubería de acero se cuantificará por metro lineal.

### ***INSTALACION DE TUBERIA DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD***

La instalación de tubería de polietileno de alta densidad, es un sistema en el que las uniones se llevan a cabo por medio de termofusión, ésto es calentando simultáneamente las dos partes por unir hasta alcanzar el grado de fusión necesaria, para que despues con una presión controlada sobre ambos elementos, se logre una union monolitica 100 por ciento hermética y más resistente que la propia tubería

Generalmente las especificaciones para la instalación de tuberías de PVC, son las mismas que para las de asbesto cemento

La instalacion sera medida en metros con aproximacion de un decimo, al efecto se determinarán directamente en la obra las longitudes de tubería colocadas en funcion de su diametro, y de acuerdo al proyecto. Debiendo incluir las siguientes actividades que se mencionan con carácter enunciativo

- a) Revision de la tubería para certificar su buen estado
- b) Maniobras y acarneos para colocarla al lado de la zanja
- c) Instalacion y union de la tubería, bajada de la misma, y prueba hidrostática con manejo del agua y reparaciones que se pudiesen requerir

### **PRUEBA HIDROSTATICA DE TUBERIA DE ACERO**

Por prueba hidrostática de la tubería de acero, se entenderá a todas las maniobras que se realicen en un tramo de línea de conducción para probar la tubería mediante inyección de agua a presión hasta la indicada en el proyecto. La tubería se llenará lentamente de agua y se purgará al aire atrapado, mediante la inserción de válvulas de admisión y expulsión de aire en la parte más alta de la tubería, una vez que haya escapado el aire se procederá a cerrar las válvulas de admisión y expulsión de aire, y se aplicará la presión de prueba mediante una bomba adecuada de alta presión que se conectará a la tubería.

Una vez alcanzada la presión de prueba se sostendrá ésta continuamente durante el tiempo necesario para revisar cada tubo, las juntas, válvulas y piezas especiales a fin de localizar posibles fugas, las cuales no deberán existir a lo largo de la línea.

El seccionamiento del tramo se llevará a cabo a través de tapones de prueba o válvulas de seccionamiento que estarán ubicados en función de las condiciones topográficas o de acuerdo a las indicaciones de la residencia de construcción.

### **PROTECCION ANTICORROSIVA PARA TUBERIA DE ACERO; SUPERFICIE EXTERIOR**

El recubrimiento de los tubos se hará inmediatamente después que el Supervisor de la Comisión Nacional del Agua haya aprobado la limpieza de la tubería, en un lapso no mayor de cuatro horas, por consiguiente no deberán limpiarse áreas grandes, sino únicamente aquellas que alcancen a recubrir en el tiempo especificado.

Terminada la aplicación, la película protectora deberá quedar uniforme y libre de escurrimientos, gotas, agrietamientos, corrugados, descubiertas. Todas las irregularidades deberán ser removidas, a juicio del residente, serán simplemente reimprimidas, limpiadas nuevamente cepillándolas y/o soplandolas con chorro de arena para ser posteriormente retocadas aplicando nuevamente el material de impresión. La aplicación de recubrimientos a base de un sistema anticorrosivo de productos de alquitrán de hulla colocado en caliente y refuerzos mecánicos, se sujetará a:

A) Suministro y aplicación de una capa de esmalte anticorrosivo a base de brea de hulla, colocada en caliente con un espesor de película seca de 40 a 50 milésimas de pulgadas.

B) Suministro de una envoltura de malla de fibra de vidrio vidrio-flex o similar de 18" de ancho, con traslapes de 10 cm en las uniones punta y cola de las bobinas y de 1.5 a 2.5 cm en espiral, con espesor de 20 a 22 milésimas de pulgada.

C) Suministro de revestido final de fieltro de acabado envoltura exterior, de filamento de vidrio de 18" de ancho, con traslape de 10 cm en las uniones punta y cola de las bobinas de 1.5 a 2.5 cm en espiral, a un espesor de 30 a 35 milésimas de pulgada.

La aplicación del esmalte, con los refuerzos mecánicos deberán hacerse en una sola operación y con el equipo automático adecuado, de manera que los refuerzos mecánicos queden embebidos con el esmalte.

### ***INSTALACION Y JUNTEO DE TUBERIA DE CONCRETO PREENFORZADO***

Se entenderá por "Instalación de tuberías" al conjunto de operaciones que se deben ejecutar, para la correcta colocación de la tubería en los lugares que señale el proyecto y/o las órdenes de la supervisión, son aplicables también las recomendaciones del fabricante, con la finalidad de dar claridad a los trabajos, así como precisión al alcance del concepto, se deberá tomar en cuenta lo siguiente:

Antes de instalar la tubería se preparara el fondo de zanja quitando los obstáculos, piedras o irregularidades que signifiquen puntos de concentracion de carga que puedan dañarla durante las maniobras de bajada, alineamiento, etc.

Se debera afinar el fondo de la zanja de tal manera que se puedan efectuar las maniobras necesarias para su instalación, sin que esto obstruya el tendido. La colocacion de la tubería deberá efectuarse de manera que se evite el arrastre, los raspones y el rodarlas, así como cualquier operacion que pueda dañar cualquier parte de la pieza. Deberán utilizar gruas de capacidad adecuada y suficiente para colocar cada pieza sobre la zanja.

Las juntas de las tuberías se revisaran desde el interior del tubo. La penetracion de la espiga o extremo macho se controlara con dos toques colocados en el asiento de la campana a 180° uno del otro. Cuando se haya comprobado que este extremo esta correctamente colocado se rebajaran los

topes y se introduce un escantillón dentro del hueco de la junta hasta tocar el empaque y poder así detectar cualquier irregularidad en su posición a lo largo de toda la circunferencia.

Durante el descenso, acoplamiento y tendido de las tuberías deberán observarse siempre las condiciones siguientes:

- a) Evitar la instalación de tubos que se encuentren dañados, revisándolos antes en forma cuidadosa.
- b) Lubricar perfectamente las espigas de los tubos y verificar la colocación adecuada de los anillos en las ranuras correspondientes.
- c) Evitar golpes que dañen a las tuberías durante su manejo.
- d) Revisar la posición final de las gomas, mediante el procedimiento que se describe a continuación

Los materiales, salvo que específicamente se ordene otra cosa por la supervisión, deberán ser nuevos y su calidad especificada a sus respectivas clases y manufacturas, y serán sometidos a su aprobación, los datos respecto al fabricante de aquellos que vayan a formar parte integrante de las obras, junto con sus especificaciones e información pertinentes, así como muestras de los mismos cuando esto sea ordenado.

Los materiales y artículos usados o instalados sin la aprobación mencionada, lo serán a riesgo de ser rechazados.

Previamente a su instalación, la tubería deberá estar limpia de tierra, exceso de pintura, aceite, polvo o cualquier material extraño que se encuentre en su interior o en las caras exteriores de los extremos del tubo. En la colocación preparatoria para junteo de las tuberías de concreto presforzado.

Se observarán las normas siguientes:

- a) Una vez bajadas al fondo de las zanjas deberán ser alineadas y colocadas de acuerdo con los datos del proyecto y/o las órdenes de la supervisión, procediéndose a realizar el junteo o el acoplamiento

- b) Evitar que la tubería sea dañada por las piezas de los dispositivos mecánicos, o de cualquier otra índole usados para moverlas.
- c) La tubería se manejará e instalará de tal modo que no resienta esfuerzos causados por deflexión.
- d) Al proceder a su instalación se evitará que penetre en su interior agua o cualquier otra sustancia y que se ensucien las partes de las juntas.
- e) La supervisión comprobará durante el tendido de hilos o cualquier otro procedimiento que juzgue conveniente, que tanto en planta como perfil la tubería quede instalada con el alineamiento señalado por el proyecto
- f) Cuando se presenten interrupciones en los trabajos o al final de cada jornada de labores, deberán taparse los extremos abiertos de las tuberías, cuya instalación no esté terminada, de manera que no puedan penetrar en su interior materias extrañas, tierra, basura, etc.

Una vez instalada la tubería con alineamiento y la pendiente de proyecto y/o lo ordenado por la supervisión deberá ser anclada en forma definitiva con atraques de concreto de la forma, dimensiones y calidad que se señale en los planos y/o los que ordene la supervisión. Los atraques se construirán en los codos, cambios de dirección o de pendiente, para evitar en forma definitiva movimientos de la tubería producidos por la presión hidrostática normal en su interior o por los golpes de ariete cuando los hubiere

#### **INSTALACION DE VALVULAS Y PIEZAS ESPECIALES**

Se entenderá por instalación de válvulas y piezas especiales, el conjunto de operaciones que se deberán realizar para colocar según el proyecto y/o las ordenes de la supervisión, las válvulas y piezas especiales que formen parte de redes de distribución de agua potable

Las juntas, válvulas, cajas de agua, campanas para operación de válvulas y demás piezas especiales serán manejadas cuidadosamente a fin de que no se deterioren. Previamente a su instalación, la supervisión inspeccionará cada unidad para eliminar las que presenten algún defecto en su manufactura. Las piezas defectuosas se retirarán de la obra y no podrán emplearse en ningún lugar de la misma debiendo ser repuestas por La Comisión Nacional del Agua o por quien las haya suministrado originalmente.

Antes de su instalación las piezas especiales deberán ser limpiadas de tierra, exceso de pintura, aceite, polvo o cualquier otro material que se encuentre en su interior o en las juntas.

Previamente al tendido de un tramo de tuberías se instalarán los cruceros de dicho tramo, colocándose tapas ciegas provisionales en los extremos de esos cruceros que no se conecten de inmediato. Si se trata de piezas especiales con brida, se instalará en ésta una extremidad a la que se conectará una junta o una campana de tubo, según se trate respectivamente del extremo liso de una tubería o de la campana de una tubería de macho y campana. Los cruceros se colocarán en posición horizontal, con los vástagos de las válvulas perfectamente verticales, y estarán formados por las cruces, codos, válvulas y demás piezas especiales que señale el proyecto y/u ordene la supervisión.

Las válvulas que se encuentren localizadas en tubería al descubierto deberá anclarse con concreto si son mayores de 12" de diámetro.

Previamente a su instalación y a la prueba a que se sujetarán junto con las tuberías ya instaladas, todas las piezas especiales de fierro fundido que no tengan piezas móviles se sujetarán a pruebas hidrostáticas individuales con una presión de 10 kg/cm<sup>2</sup>. Las válvulas y piezas de presión hidrostática individuales del doble de la presión de trabajo de la tubería a que se conectarán, la cual en todo caso no deberá ser menor de 10 kg/cm<sup>2</sup>.

Durante la instalación de válvulas o piezas especiales dotadas de bridas, se comprobará que el empaque de plomo que obrará como sello en las uniones de las bridas, sea del diámetro adecuado a las bridas, sin que sobresalga invadiendo el espacio del diámetro interior de las piezas.

La unión de las bridas de piezas especiales deberá de efectuarse cuidadosamente apretando los tornillos y tuercas en forma de aplicar una presión uniforme que impida fugas de agua. Si durante la prueba de presión hidrostática a que serán sometidas las piezas especiales conjuntamente con la tubería a que se encuentren conectadas, se observarán fugas, deberá de desarmarse la junta para

volverla a unir de nuevo, empleando un sello de plomo de repuesto que no se encuentre previamente deformada por haber sido utilizado con anterioridad.

## VII.2. METODOLOGIA DE CONSTRUCCION PARA LAS UNIDADES FALTANTES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

En este subcapitulo se presenta el procedimiento constructivo de la unidad de pretratamiento, como un ejemplo de las unidades faltantes que componen la rehabilitación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de Manzanillo, Colima, México.

Los procedimientos constructivos de las demás unidades que forman parte del proyecto de rehabilitación no se incluyen en ésta tesis, ya que es demasiada información incluir los procedimientos constructivos para todas las unidades, para mas información de los procesos constructivos se recomienda consultar la documentación del proyecto en La Comisión Nacional de Aguas (CNA)

### *PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA UNIDAD DE PRETRATAMIENTO*

Esta etapa es posterior al diseño hidráulico, sanitario y estructural correspondientes a esta unidad. Una vez estudiada el área disponible dentro del predio de la Planta de Tratamiento, se determino que cerca de las unidades que realizan el tratamiento primario es el mejor lugar para ubicar el pretratamiento, porque así se minimiza la longitud de las líneas de conducción requeridas para conducir el agua a esta etapa del proceso, y ser conducida posteriormente a la caja de llegada o de distribución.

En base a la configuración del diseño hidráulico, es conveniente dividir la construcción de la unidad de pretratamiento en cinco etapas principales

- 1) Losa de cimentación
- 2) Muros de cimentación
- 3) Losa de fondo
- 4) Muros de la unidad de pretratamiento
- 5) Losa de maniobras

***LAS ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCION DE LA UNIDAD DE PRETRATAMIENTO SON LAS SIGUIENTES:***

- 1) Desmante, desenraice, desyerbe y limpia de terreno para propósitos de construcción en una área sin construir donde actualmente hay vegetación tipo árido y semiárido.
- 2) Ruptura y demolición a mano o a máquina de concreto armado existente en una zona que será ocupada por la unidad de pretratamiento.
- 3) Limpieza, nivelación y trazo en planta, de la geometría de la unidad; empleando estacas, mojoneras líneas con cal, etc.
- 4) Excavación en material tipo II en seco, para desplante de estructuras hasta alcanzar los niveles 20.15 y 19.20, según el caso.
- 5) Carga con pala del material vegetal no apto para construcción producto de la excavación a camiones de volteo.
- 6) Carga con pala del material producto de la demolición del concreto existente a camiones de volteo.
- 7) Colado de la plantilla de concreto con  $f'c=100$  kg/cm<sup>2</sup> de la losa de cimentación
- 8) fraguado y curado de la plantilla de concreto
- 9) Colocación de cimbra en el perímetro de la losa de cimentación.
- 10) Habilitado del acero de la losa de cimentación.
- 11) Acarreo en camiones del material producto de la demolición.
- 12) Armado del acero de refuerzo para la losa de cimentación amarrando con alambre recocido cada cruce de varillas.
- 13) Colocación de las instalaciones y herrería en la losa de cimentación.
- 14) Colado con concreto hidráulico con  $f'c=250$  kg/cm<sup>2</sup> de la losa de cimentación.
- 15) Fraguado y curado del concreto de la losa de cimentación.
- 16) Acarreo en camiones del material restante producto de la excavación.
- 17) Extendido del material producto de la excavación.
- 18) Habilitado del acero de refuerzo vertical de muros y de la primera parte de las escaleras de concreto.
- 19) Colocación del acero de refuerzo vertical de muros y de la primera parte de las escaleras de concreto

- 20) Habilitado del acero de refuerzo horizontal de muros.
- 21) Armado con el acero de refuerzo horizontal de muros amarrando con alambre recocado cada cruce de varillas
- 22) Decimbrado perimetral de la losa de cimentación.
- 23) Colocación de cimbra para muros.
- 24) Colocación de las instalaciones y herrería en la losa de cimentación.
- 25) Colado con concreto hidráulico con  $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$  de los muros de cimentación.
- 26) Fraguado y curado del concreto de los muros de cimentación
- 27) Decimbrado de los muros de cimentación
- 28) Habilitado del acero de refuerzo losa de fondo como plantilla de canales.
- 29) Relleno del interior de los muros con material producto de excavación.
- 30) Compactación del relleno del interior de los muros al 90% de la prueba Proctor estándar.
- 31) Fabricación y colocación de plantilla de concreto hidráulico con  $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$ .
- 32) Fraguado y curado de plantilla de concreto hidráulico
- 33) Relleno exterior de las zanjas con material producto de la excavación
- 34) Compactación del relleno de las zanjas al 85% de la prueba Proctor estándar.
- 35) Armado del acero de refuerzo de la losa de fondo amarrando con alambre recocado cada cruce de varillas
- 36) Colocación de cimbra perimetral de la losa de fondo
- 37) Colocación de las instalaciones y herrería en la losa de fondo.
- 38) Colado con concreto hidráulico con  $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$  de la losa de fondo
- 39) Colocación de banda ojillada de PVC de 9" para sellar las juntas constructivas frías de colado
- 40) Fraguado inicial de losa de fondo.
- 41) Fraguado final de losa de fondo
- 42) Habilitado del acero de refuerzo de muros del tanque de pretratamiento.
- 43) Descimbrado de losa de fondo
- 44) Armado del acero de refuerzo de muros del tanque de pretratamiento amarrando con alambre recocado cada cruce de varillas para la primera parte de los muros del tanque de pretratamiento
- 45) Colocación de la cimbra para la primera parte de los muros del tanque de pretratamiento
- 46) Colocación de las instalaciones y herrería para la primera parte de los muros del tanque de pretratamiento

- 47) Armado del acero de refuerzo de muros del tanque de pretratamiento amarrando con alambre recocido cada cruce de varillas para la segunda parte de los muros del tanque de pretratamiento.
- 48) Colocación de la cimbra para la segunda parte de los muros del tanque de pretratamiento.
- 49) Colocación de las instalaciones y herrería para la segunda parte de los muros del tanque de pretratamiento.
- 50) Habilitado del acero de refuerzo de la losa de maniobras
- 51) Colado con concreto hidráulico con  $f_c=250 \text{ kg/cm}^2$  de los muros del tanque de pretratamiento.
- 52) Fraguado y curado del concreto de los muros del tanque de pretratamiento.
- 53) Decimbrado de los muros de del tanque de pretratamiento.
- 54) Armado del acero de refuerzo de muros de la losa de maniobras amarrando con alambre recocido cada cruce de varillas.
- 55) Colocación de la cimbra para la segunda parte de los muros de la losa de maniobras.
- 56) Colocación de las instalaciones y herrería para la losa de maniobras.
- 57) Colado con concreto hidráulico con  $f_c=250 \text{ kg/cm}^2$  de los muros de la losa de maniobras
- 58) Fraguado y curado del concreto de la losa de maniobras.
- 59) Decimbrado de los muros de la losa de maniobras.
- 60) Colocación de las instalaciones y herrería para la losa de maniobras.



VII.4 CATALOGO DE CONCEPTOS DE OBRA

DIAGNOSTICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA CIUDAD DE MANZANILLO, COLIMA PRESUPUESTO BASE PARA LA DESHIDRATACION DE LODOS UNIDAD DE LECHOS DE SECADO CATALOGO DE CONCEPTOS			
CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
	DESPLANTE DE MATERIAL NO APTO PARA CIMENTACION Y/O DESPLANTE DE TERRAPLENES Y EN BANCO DE PRESTAMO		
LS01	DESPERDICIANDO EL MATERIAL, CON ACARREO A 40 METROS	m <sup>3</sup>	3,185.81
LS02	EXCAVACION CON EQUIPO PARA DESPLANTE DE LECHOS DE SECADO.	m <sup>3</sup>	5,809.22
	INSTALACION DE TUBERIA DE PVC CON COPLER INTEGRAL DE		
LS03	DE 6" ( 154 mm ) DE DIAMETRO.	m	412.90
	INSTALACION DE TUBERIA DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD DE		
LS04	DE 6" ( 154 mm ) DE DIAMETRO	m	972.80
	MUROS DE TABIQUE ROJO RECOCIDO, HASTA 6.0 m DE ALTURA, JUNTEADO CON MORTERO-CEMENTO-ARENA 1.5 DE.		
LS05	14 cm DE ESPESOR.	m <sup>2</sup>	1,291.17
	FABRICACION Y COLADO DE CONCRETO VIBRADO Y CURADO.		
LS06	f'c = 150 kg / cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	86.00
LS07	f'c = 200 kg / cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	99.90
	CIMBRA DE MADERA PARA ACABADOS NO APARENTES EN:		
LS08	EN DALAS, CASTILLOS Y CERRAMIENTOS	m <sup>2</sup>	1,634.37
	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACERO DE REFUERZO:		
LS09	f'y = 4000 kg / cm <sup>2</sup>	kg	7,283.08
LS10	SUMINISTRO DE TUBERIA DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD, RD-41 DE 6" ( 152 mm ) DE DIAMETRO, PERFORADO CON 13 ORIFICIOS DE 3/4" F POR METRO LINEAL	m	775.60
LS11	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ARENA CON TAMAÑO MAXIMO DE 0.3 A 1.2 mm DE DIAMETRO.	m <sup>3</sup>	1,311.19
LS12	SUMINISTRO Y COLOCACION DE GRAVA CON TAMAÑO MAXIMO DE 3.17 A 25.4 mm DE DIAMETRO	m <sup>3</sup>	2,851.75
LS13	SUMINISTRO Y COLOCACION DE MEMBRANA DE HULE BUTILO CON ESPESOR DE 30 MICRAS, CON JUNTEO VULCANIZADO PARA IMPERMEABILIZAR EL FONDO DE LOS LECHOS	m <sup>2</sup>	6,399.52
LS14	COMPACTADO Y AFINE CON BAILARINA DE LA SUPERFICIE DONDE SE COLOCARA LA MEMBRANA IMPERMEABLE		6,399.52

DIAGNOSTICO Y REHABILITACION PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MANZANILLO, COLIMA, MEXICO UNIDAD DE FILTROS ROCIADORES CATALOGO DE CONCEPTOS			
CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
FIL01	DESMONTE, DESENRAICE, DESHIERBE Y LIMPIA DE TERRENO P/PROPOSITOS DE CONSTRUCCION EN VEGETACION	m <sup>2</sup>	325
FIL02	LIMPIEZA Y TRAZO DE AREA DE TRABAJO	m <sup>2</sup>	940
FIL03	EXCAVACION EN MATERIAL COMUN, EN SECO P/DESPLANTE DE ESTRUCTURAS	m <sup>3</sup>	1100
FIL04	EXTENDIDO Y BANDEADO DE MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACION	m <sup>3</sup>	750
FIL05	EXTRACCION DE MATERIAL GRANULAR COMPUESTO POR GRAVA MEDIA Y FINA	m <sup>3</sup>	4800
FIL06	CRIBADO DE MATERIAL PARA CUMPLIR CON LA GRANULO- METRIA	m <sup>3</sup>	4800
FIL07	COLOCACION DE FILTRO	m <sup>3</sup>	4800
FIL08	ACARREO DE MATERIALES	m <sup>3</sup> -km	84000
FABRICACION Y COLADO DE CONCRETO HIDRAULICO			
FIL09	DE f C=100 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	56.23
FIL10	DE f C=150 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	21.32
FIL11	DE f C=250 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	321
FIL12	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACERO DE REFUERZO fy= 4200 kg/cm <sup>2</sup>	kg	2561
FIL13	CENTRO DE CONTROL DE MOTORES 440/254 V, 3F, 3H, ALAMBRADO CLASE 1, TIPO B SERV INT NEMA 1, PREPARA- DO PARA ALOJAR INTERRUPTOR GENERAL DE 3X225 AMP, VOLTIMETRO ESC 0-600 V TRANSFORMADORES DE CORRIENTES ESC 200/5 A AMPERIMETRO ESC 0 200A, CONMUTADORES Y CONTE- NIENDO ADEMÁS 2 ARRANCADORES A TENSION REDUCIDA TIPO AUTOTRANS- FORMADOR PARA MOTORES DE 60 HP	pra	1
FIL14	SUMINISTRO, MONTAJE, PRUEBA Y PUESTA EN OBRA DE SISTEMA DE CONTROL DE NIVEL INTEGRADO POR INTERRUPTOR FOR INDICADOR CON CONTACTO NA SENSOR DE M RCU 500 RESISTENTE A LA CORRIENTE CASI DE CORRIENTE SIN CONTACTO CON EL NIVEL	UNIDAD	1

DIAGNOSTICO Y REHABILITACION PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO  
DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MANZANILLO, COLIMA, MEXICO

DIAGNOSTICO Y REHABILITACION PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MANZANILLO, COLIMA, MEXICO UNIDAD DE DIGESTORES Y CARCAMO DE LODOS CATALOGO DE CONCEPTOS			
CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
CAR01	DESMONTE, DESENRAICE, DESHIERBE Y LIMPIA DE TERRENO P/PROPOSITOS DE CONSTRUCCION EN VEGETACION	m <sup>2</sup>	650
CAR02	LIMPIEZA Y TRAZO DE AREA DE TRABAJO	m <sup>2</sup>	800
CAR03	EXCAVACION EN MATERIAL COMUN, EN SECO P/DESPLANTE DE ESTRUCTURAS	m <sup>3</sup>	150
CAR04	EXTENDIDO Y BANDEADO DE MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACION	m <sup>3</sup>	700
CAR05	INSTALACION DE TUBERIA DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD DE 101 MM POR 1440 MM DE LONGITUD FABRICADO Y COLADO DE CONCRETO VIBRADO Y CURADO		
CAR06	DE f' C=100 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	23.02
CAR07	DE f' C=150 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	35.23
CAR08	DE f' C=250 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	162
CAR09	MUROS HASTA 4 00M DE ALTURA	m <sup>2</sup>	210
CAR10	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACERO DE REFUERZO fy= 4200 kg/cm <sup>2</sup>	kg	79520
CAR11	ACARREO KM SUBSECUENTES DE MATERIALES PETREOS ARENA, GRAVA, MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACION EN CAMION DE VOLTEO,DESCARGA A VOLTEO EN CAMINO	m <sup>3</sup>	230
CAR12	ACARREO REVESTIDO Y LOMERIO SUAVE PAVIMENTADO	m <sup>3</sup> -ton	2100
CAR13	ACARREO KM SUBSECUENTES DE CEMENTO, ACERO, TABIQUE EN CAMINO	ton-km	99
CAR14	SUMINISTRO Y APLICACION DE PINTURA	m <sup>2</sup>	2178
CAR15	SUMINISTRO, MONTAJE, PRUEBA Y PUESTA EN OBRA DE SISTEMA DE CONTROL DE NIVEL, INTEGRADO POR INTERRUPTOR TIPO "PERA" CON CONTACTO, SENSOR DE MERCURIO, RESISTENTE A LA CORROSION. CABLE DE COBRE TIPO SUMERGIBLE DE 2 X 12 AWG.	UNIDAD	1

DIAGNOSTICO Y REHABILITACION PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MANZANILLO, COLIMA, MEXICO UNIDAD DE PRETRATAMIENTO CATALOGO DE CONCEPTOS			
CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
PTR01	COMPUERTA DESLIZANTE DE 106 CM X 106 CM CON GUIAS Y ANCLAS, FABRICADA SEGUN PLANO PT-111 (CNA O DESIME) CON MECANISMO ELEVADOR TIPO MP-121	pza	3
PTR02	VERTEDOR SUTRO FORMADO CON PLACA DE ACERO ASTM-36 DE 7 93 MM (5/16) DE ESPESOR, CON GUIAS Y ANCLAS DE ACUERDO A PLANO DE PROYECTO	pza	3
PTR03	RASTRILLO PARA ELIMINAR BASURA DE REJILLAS FORMADO CON VARILLA DE 3/8" DE DIAMETRO Y TUBO DE 1/2" DE DIAMETRO	pza	1
	FABRICADO Y COLADO DE CONCRETO VIBRADO Y CURADO		
PTR04	DE f' C=100 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	6.5
PTR05	DE f' C=150 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	7
PTR06	DE f' C=250 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	136
PTR07	MUROS HASTA 4.00M DE ALTURA	m <sup>2</sup>	750
PTR08	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACERO DE REFUERZO fy= 4200 kg/cm <sup>2</sup>	kg	15780
PTR09	ACARREO KM SUBSECUENTES DE MATERIALES PETREOS ARENA, GRAVA, MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACION EN CAMION DE VOLTEO, DESCARGA A VOLTEO EN CAMINO	m <sup>3</sup>	450
PTR10	ACARREO REVESTIDO Y LOMERIO SUAVE PAVIMENTADO	m <sup>3</sup> -ton	1200
PTR11	ACARREO KM SUBSECUENTES DE CEMENTO, ACERO, TABIQUE EN CAMINO	ton-km	56

DIAGNOSTICO Y REHABILITACION PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO  
DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MANZANILLO, COLIMA, MEXICO

DIAGNOSTICO Y REHABILITACION PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MANZANILLO, COLIMA, MEXICO UNIDAD DE TANQUE DE CONTACTO DE CLORO CATALOGO DE CONCEPTOS			
CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
CLO01	DESMONTE, DESENAIACE, DESTERBE Y LIMPIA DE TERRENO P/PROPOSITOS DE CONSTRUCCION EN VEGETACION	m <sup>2</sup>	950
CLO02	LIMPIEZA Y TRAZO DE AREA DE TRABAJO	m <sup>2</sup>	850.23
CLO03	EXCAVACION EN MATERIAL COMUN, EN SECO P/DESPLANTE DE ESTRUCTURAS	m <sup>3</sup>	1546
CLO04	RELLENO DE TEPETATE COMPACTADO PARA EXCAVACIONES	m <sup>3</sup>	321
CLO05	EXTENDIDO Y BANDEADO DE MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACION	m <sup>3</sup>	850.23
	FABRICADO Y COLADO DE CONCRETO HIDRAULICO		
CLO06	DE f'c=100 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	70.25
CLO07	DE f'c=150 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	23.25
CLO08	DE f'c=250 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	350.25
CLO09	ACARREO DE MATERIALES	m <sup>3</sup> -km	15021.32
CLO10	MUROS HASTA 4.00M DE ALTURA	m <sup>2</sup>	674.23
CLO11	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACERO DE REFUERZO fy= 4200 kg/cm <sup>2</sup>	kg	102036.36
CLO12	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACERO DE REFUERZO fy= 4200 kg/cm <sup>2</sup>	kg	2561
CLO13	SUMINISTRO Y APLICACION DE PINTURA	m <sup>2</sup>	380.23
CLO14	SUMINISTRO Y COLOCACION DE IMPERMEABILIZANTE	m <sup>2</sup>	770
CLO15	REPELLADO Y APLANADO DE MUROS	m <sup>2</sup>	1052.36
CLO16	SUMINISTRO Y APLICACION DE PRIMARIO COMEX 5X1 PARA MUROS	m <sup>2</sup>	1052.36
CLO17	CIMBRA DE MADERA PARA ACABADOS COMUNES	m <sup>2</sup>	1235.32
CLO18	SUMINISTRO Y COLOCACION DE MALLA ELECTROSOLDADA	m <sup>2</sup>	715.65

CAPITULO VIII  
CONCLUSIONES Y  
RECOMENDACIONES

## CAPITULO VIII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Después de observar y de analizar los problemas en el funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de Manzanillo, Colima México, a continuación se describen los factores involucrados y las causas que originan tal situación desfavorable, con el propósito de presentar una serie de medidas para dar solución y asegurar un buen funcionamiento de la planta

Como resultado de las actividades desarrolladas a lo largo del presente trabajo, se detectaron diversos problemas, los más importantes originados por unidades faltantes, errores de diseño, construcción y con un gran peso específico, prácticas inadecuadas de operación y mantenimiento. Las concentraciones de parámetros de contaminación encontradas en los análisis del agua residual a la salida de cada una de las unidades de tratamiento, son indicativas de que las unidades no cumplen con su función

En cuanto a las unidades faltantes con respecto al proyecto original, se tiene que para la línea de distribución de agua no se construyó la estructura del pretratamiento que es necesaria, debido a que llegan hasta la planta una gran cantidad de sólidos gruesos (basura en general) y arenas que deben ser removidos con el fin de evitar problemas en el proceso

Así mismo, no se ha construido el tanque de contacto con cloro, la ausencia del mismo provoca que la *desinfección del efluente se efectue en forma incompleta*, aunado a las deficiencias de las estructuras que se encuentran funcionando

Por otro lado, en la línea de captación de lodos no se construyó la unidad de deshidratación de los mismos, por lo que la disposición de lodos producidos se hace muy difícil debido al volumen que ocupan, la omisión de esta unidad incide en la calidad del agua tratada, ya que al no contar con un tren completo de tratamiento de lodos, se efectúan prácticas inadecuadas de operación, tales como la cantidad de sólidos que son regresados del carcamo de bombeo de lodos secundarios (carcamo de humus) a la caja de llegada o de distribución perteneciente a la línea de agua, también, debido a

---

que no se cuenta con la suficiente continuidad en la extracción de lodos de los sedimentadores se produce una gran resuspensión de sólidos que son regresados nuevamente al sistema.

La falta de remoción de lodos de desecho en los sedimentadores primarios y secundarios, tanto en cantidad como en continuidad, es un factor que está afectando el proceso. En éste tipo de procesos se recomienda que los lodos se deben remover conforme se vayan generando y no dejar que se acumulen en los sedimentadores, trayendo como consecuencia su descomposición.

Para resolver lo antes expuesto se plantea la construcción del digestor de lodos, que sustituirá a los tanques de estabilización con cal y la unidad de lechos de secado, unidad para deshidratar los lodos extraídos, que favorecerá el tratamiento del material ya que los rayos del sol actúan como agentes desinfectantes que permitirán reducir o eliminar los microorganismos que permanezcan después de la digestión.

En conclusión, con un tratamiento completo de lodos y favoreciendo la operación de las unidades que componen la planta de tratamiento, se podrá dar cumplimiento a la normatividad referente a descarga de aguas residuales a cuerpos receptores y a la prueba de Corrosividad, Reactividad, Explosividad, Toxicidad, Inflamabilidad y Biológico-Infecioso (CRETIB), y así, evitar costos excesivos de disposición de lodos, además de que será posible incorporar los mismos para mejoramiento de suelos agrícolas sin causar alteraciones ecológicas, o disponerlos sin medidas adicionales de control ambiental.

Por otro lado, la ineficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales se debe a la falta de supervisión y a la forma de operar y dar mantenimiento que se tiene para la planta de tratamiento, por lo que se concluye que el personal carece de interés hacia su trabajo y no está capacitado para operar la planta en forma apropiada. Se recomienda capacitar al personal en cada una de las áreas de la planta, esto permitirá que el operador conozca cada una de las unidades con el fin de entender el funcionamiento, propósito, problemas, causas y soluciones para llevar a acabo la operación eficiente del sistema de tratamiento.

Del diagnostico efectuado se derivaron otras medidas necesarias para corregir los problemas más importantes detectados, entre ellos se encuentra lo siguiente:

La carga hidráulica que permite el movimiento de los brazos de distribución de los filtros biológicos es variable, lo que provoca que en algunas zonas del filtro la lamina de agua distribuida no cumpla con especificaciones y con tiempo de retención adecuados, debido a que la distribución no es uniforme, en otras zonas del lecho filtrante el incremento de microorganismos es mínimo. Otro factor importante, es la mala granulometría de los medios de empaque, causando encharcamientos y con ello condiciones inadecuadas en el proceso. Por lo anterior, se propone la automatización de los rociadores o tubos distribuidores y selección o cribado del medio filtrante.

Se concluye que la regulación en la cantidad del agua residual de alimentación a la planta de tratamiento de aguas residuales, la distribución apropiada del gasto o caudal en cada una de las unidades o estructuras del sistema de tratamiento, los ajustes del equipo y accesorios en estas unidades y el establecimiento de condiciones de operación mínimas, son aspectos básicos que, con pocos recursos economicos pueden dar resultados positivos.

Se recomienda que la Comision de Agua Potable Drenaje y Alcantarillado de Manzanillo (CAPDAM, Organismo Operador) ubique, caracterice y vigile cada una de las descargas de tipo industrial y que detecte la incorporación de agua potable o del acuífero a los colectores y dé solución a este problema manteniendo un control apropiado del agua de suministro.

## ANEXOS



2 INFRAESTRUCTURA EXISTENTE DE ALCANTRILLADO  
 DISEÑO Y RECONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE MEXICO  
 PLAN DE OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE MEXICO

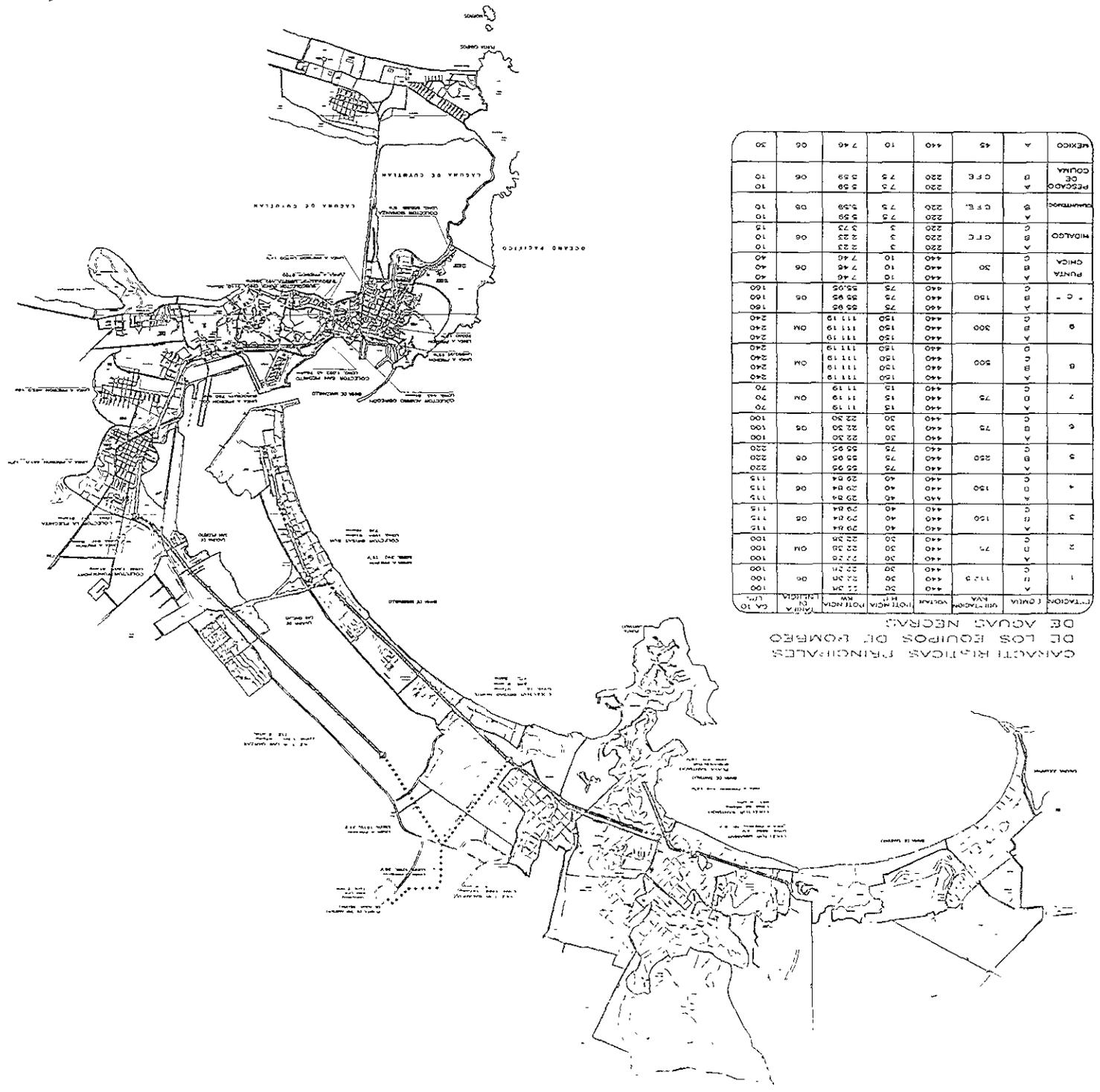
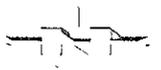
- 1 - ADOPTAR EN LOS DISEÑOS DE LAS OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE MEXICO LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y SALUBRIDAD QUE SE INDICAN EN EL PLAN DE OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE MEXICO
- 2 - LA INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA QUE PROPORCIONEN POR LA AUTORIDAD COMPETENTE EN MATERIA DE SALUBRIDAD Y SEGURIDAD DE LAS OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE MEXICO

NOTAS

**SIMBOLOGIA**

- ESTACION DE BOMBEO DE AGUA POTABLE
- CANAL DE AGUA POTABLE
- ++++ LÍNEA A PRESIÓN
- COLECCIÓN
- PUNTO DE TRATAMIENTO SUMIDA

SIMBOLOGIA



PLAN DE OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE MEXICO

ESTACION	TIPO	CAUDAL (L/S)	PROFUNDIDAD (M)	DIAMETRO (CM)	LONGITUD (M)	ESTACION ANTERIOR	ESTACION SIGUIENTE
1	A	11.3	4.0	100	100		
1	B	11.3	4.0	100	100		
1	C	11.3	4.0	100	100		
2	A	7.5	4.0	100	100		
2	B	7.5	4.0	100	100		
2	C	7.5	4.0	100	100		
3	A	15.0	4.0	100	115		
3	B	15.0	4.0	100	115		
3	C	15.0	4.0	100	115		
4	A	15.0	4.0	100	115		
4	B	15.0	4.0	100	115		
4	C	15.0	4.0	100	115		
5	A	25.0	4.0	100	220		
5	B	25.0	4.0	100	220		
5	C	25.0	4.0	100	220		
6	A	7.5	4.0	100	100		
6	B	7.5	4.0	100	100		
6	C	7.5	4.0	100	100		
7	A	15	4.0	100	70		
7	B	15	4.0	100	70		
7	C	15	4.0	100	70		
8	A	50.0	4.0	240	240		
8	B	50.0	4.0	240	240		
8	C	50.0	4.0	240	240		
9	A	30.0	4.0	240	240		
9	B	30.0	4.0	240	240		
9	C	30.0	4.0	240	240		
10	A	15.0	4.0	150	150		
10	B	15.0	4.0	150	150		
10	C	15.0	4.0	150	150		
11	A	15.0	4.0	150	150		
11	B	15.0	4.0	150	150		
11	C	15.0	4.0	150	150		
12	A	15.0	4.0	150	150		
12	B	15.0	4.0	150	150		
12	C	15.0	4.0	150	150		
13	A	15.0	4.0	150	150		
13	B	15.0	4.0	150	150		
13	C	15.0	4.0	150	150		
14	A	15.0	4.0	150	150		
14	B	15.0	4.0	150	150		
14	C	15.0	4.0	150	150		
15	A	15.0	4.0	150	150		
15	B	15.0	4.0	150	150		
15	C	15.0	4.0	150	150		
16	A	15.0	4.0	150	150		
16	B	15.0	4.0	150	150		
16	C	15.0	4.0	150	150		
17	A	15.0	4.0	150	150		
17	B	15.0	4.0	150	150		
17	C	15.0	4.0	150	150		
18	A	15.0	4.0	150	150		
18	B	15.0	4.0	150	150		
18	C	15.0	4.0	150	150		
19	A	15.0	4.0	150	150		
19	B	15.0	4.0	150	150		
19	C	15.0	4.0	150	150		
20	A	15.0	4.0	150	150		
20	B	15.0	4.0	150	150		
20	C	15.0	4.0	150	150		
21	A	15.0	4.0	150	150		
21	B	15.0	4.0	150	150		
21	C	15.0	4.0	150	150		
22	A	15.0	4.0	150	150		
22	B	15.0	4.0	150	150		
22	C	15.0	4.0	150	150		
23	A	15.0	4.0	150	150		
23	B	15.0	4.0	150	150		
23	C	15.0	4.0	150	150		
24	A	15.0	4.0	150	150		
24	B	15.0	4.0	150	150		
24	C	15.0	4.0	150	150		
25	A	15.0	4.0	150	150		
25	B	15.0	4.0	150	150		
25	C	15.0	4.0	150	150		
26	A	15.0	4.0	150	150		
26	B	15.0	4.0	150	150		
26	C	15.0	4.0	150	150		
27	A	15.0	4.0	150	150		
27	B	15.0	4.0	150	150		
27	C	15.0	4.0	150	150		
28	A	15.0	4.0	150	150		
28	B	15.0	4.0	150	150		
28	C	15.0	4.0	150	150		
29	A	15.0	4.0	150	150		
29	B	15.0	4.0	150	150		
29	C	15.0	4.0	150	150		
30	A	15.0	4.0	150	150		
30	B	15.0	4.0	150	150		
30	C	15.0	4.0	150	150		
31	A	15.0	4.0	150	150		
31	B	15.0	4.0	150	150		
31	C	15.0	4.0	150	150		
32	A	15.0	4.0	150	150		
32	B	15.0	4.0	150	150		
32	C	15.0	4.0	150	150		
33	A	15.0	4.0	150	150		
33	B	15.0	4.0	150	150		
33	C	15.0	4.0	150	150		
34	A	15.0	4.0	150	150		
34	B	15.0	4.0	150	150		
34	C	15.0	4.0	150	150		
35	A	15.0	4.0	150	150		
35	B	15.0	4.0	150	150		
35	C	15.0	4.0	150	150		
36	A	15.0	4.0	150	150		
36	B	15.0	4.0	150	150		
36	C	15.0	4.0	150	150		
37	A	15.0	4.0	150	150		
37	B	15.0	4.0	150	150		
37	C	15.0	4.0	150	150		
38	A	15.0	4.0	150	150		
38	B	15.0	4.0	150	150		
38	C	15.0	4.0	150	150		
39	A	15.0	4.0	150	150		
39	B	15.0	4.0	150	150		
39	C	15.0	4.0	150	150		
40	A	15.0	4.0	150	150		
40	B	15.0	4.0	150	150		
40	C	15.0	4.0	150	150		
41	A	15.0	4.0	150	150		
41	B	15.0	4.0	150	150		
41	C	15.0	4.0	150	150		
42	A	15.0	4.0	150	150		
42	B	15.0	4.0	150	150		
42	C	15.0	4.0	150	150		
43	A	15.0	4.0	150	150		
43	B	15.0	4.0	150	150		
43	C	15.0	4.0	150	150		
44	A	15.0	4.0	150	150		
44	B	15.0	4.0	150	150		
44	C	15.0	4.0	150	150		
45	A	15.0	4.0	150	150		
45	B	15.0	4.0	150	150		
45	C	15.0	4.0	150	150		
46	A	15.0	4.0	150	150		
46	B	15.0	4.0	150	150		
46	C	15.0	4.0	150	150		
47	A	15.0	4.0	150	150		
47	B	15.0	4.0	150	150		
47	C	15.0	4.0	150	150		
48	A	15.0	4.0	150	150		
48	B	15.0	4.0	150	150		
48	C	15.0	4.0	150	150		
49	A	15.0	4.0	150	150		
49	B	15.0	4.0	150	150		
49	C	15.0	4.0	150	150		
50	A	15.0	4.0	150	150		
50	B	15.0	4.0	150	150		
50	C	15.0	4.0	150	150		

PLAN DE OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE MEXICO





PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE LA CIUDAD DE MANIZALES - COLOMBIA

5 PERFILES HIDRAULICOS  
 DISEÑO Y DIMENSIONES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
 RECONSTRUCCIÓN VERIFICADA EN LA CIUDAD DE MANIZALES - COLOMBIA

DISEÑO Y DIMENSIONES PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
 RECONSTRUCCIÓN DE LA CIUDAD DE MANIZALES, COLOMBIA, VERIFICADO  
 EN LA CIUDAD DE MANIZALES, COLOMBIA, VERIFICADO

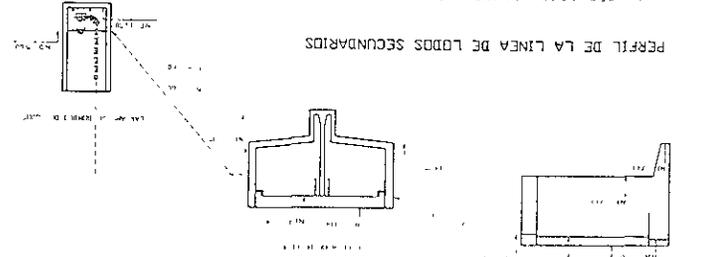
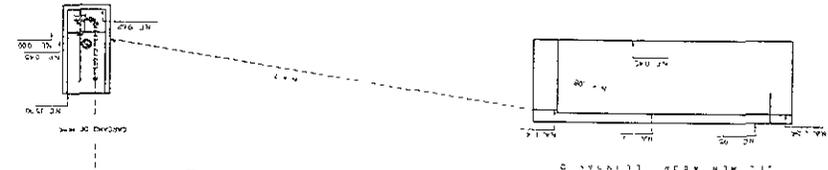
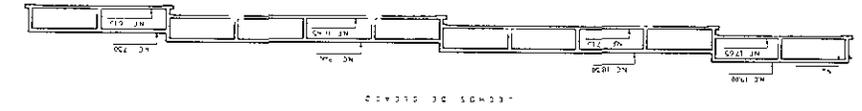
NOTAS

1 - DIMENSIONES EN METROS SOBRE NIVEL DEL MAR

2 - EL LEVANTAMIENTO FISICO DE LAS ESTRUCTURAS PUEDEN OBTENERSE EN LOS PLANOS DE PROYECTO REVISADOS Y CORREGIDOS A PARTIR DEL LEVANTAMIENTO FISICO HECHO POR EPMO PARA ESTE ESTUDIO

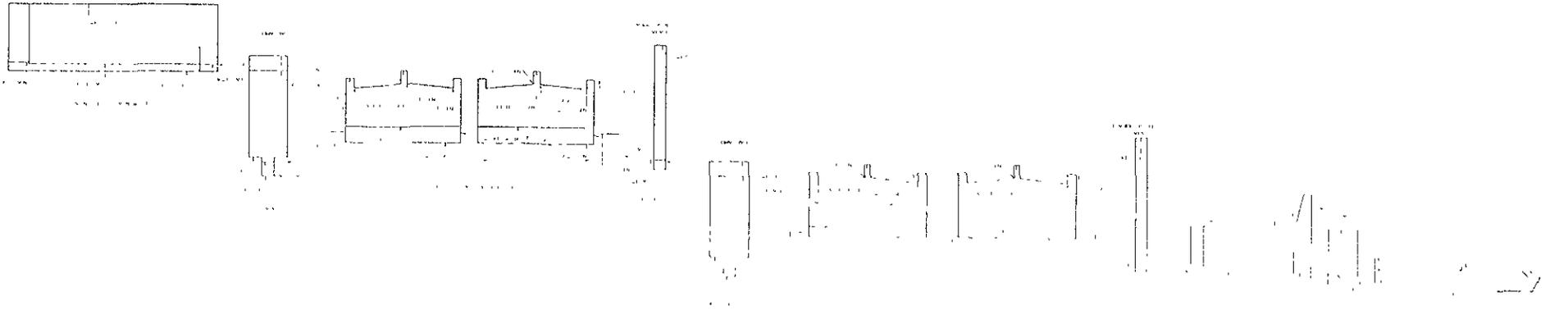
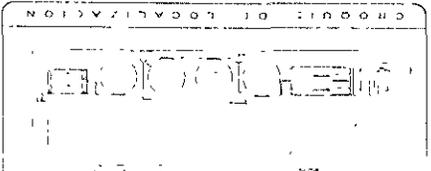
NOMENCLATURA

ND	NIVEL DE DESCARGA
NV	NIVEL DEL VERTEDOR
NP	NIVEL PLANTILLA
NL	NIVEL LADOS
NFC	NIVEL FONDO CANALETA
NFCP	NIVEL FONDO CANAL PERIMETRAL
NLT	NIVEL LADOS
NED	NIVEL C/E DISTRIBUIDOR
NFC	NIVEL FONDO CANAL CENTRAL
NLF	NIVEL LECHO FILTRANTE
NF	NIVEL FONDO
NT	NIVEL TERRENO
NA	NIVEL AGUA
NC	NIVEL CORONA



PERFIL DE LA LINEA DE LADOS SECUNDARIOS

PERFIL DE LA LINEA DE LADOS PRIMARIOS





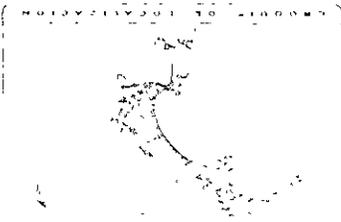
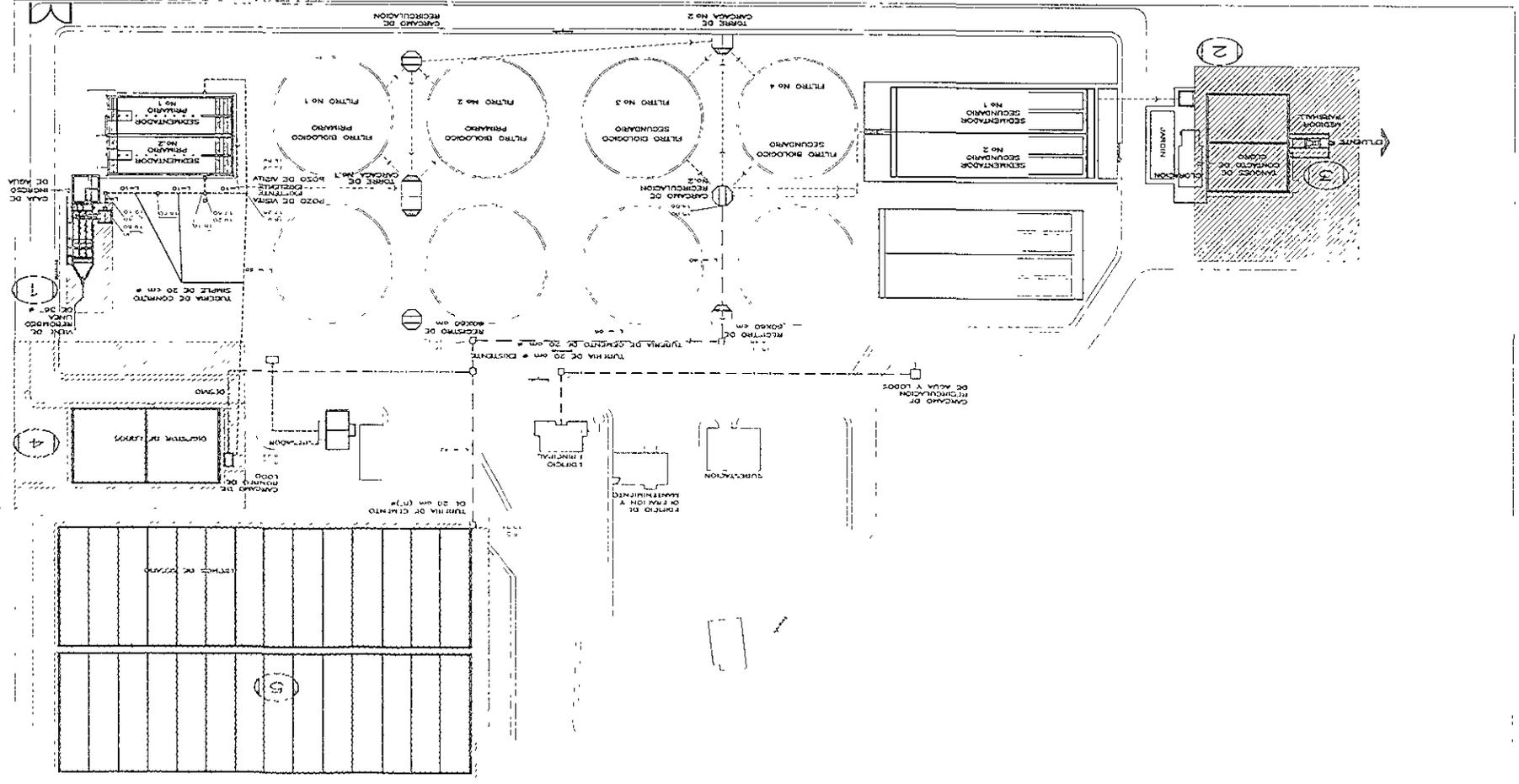
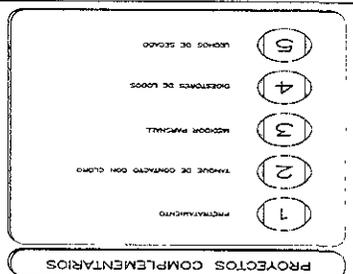
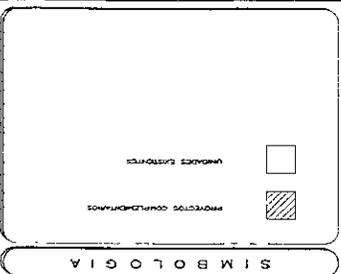
PROYECTO Y EJECUCIÓN DE LA OBRA DE RECONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES LOCAL DE LA CIUDAD DE WAZIRKOT, PUNJAB, INDIA.

PROYECTO Y EJECUCIÓN DE LA OBRA DE RECONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES LOCAL DE LA CIUDAD DE WAZIRKOT, PUNJAB, INDIA.

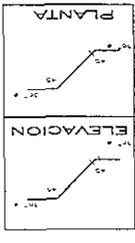
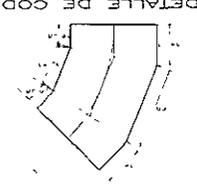
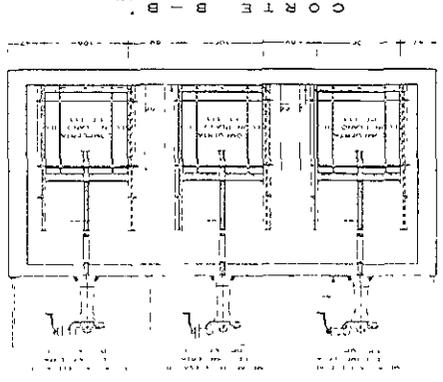
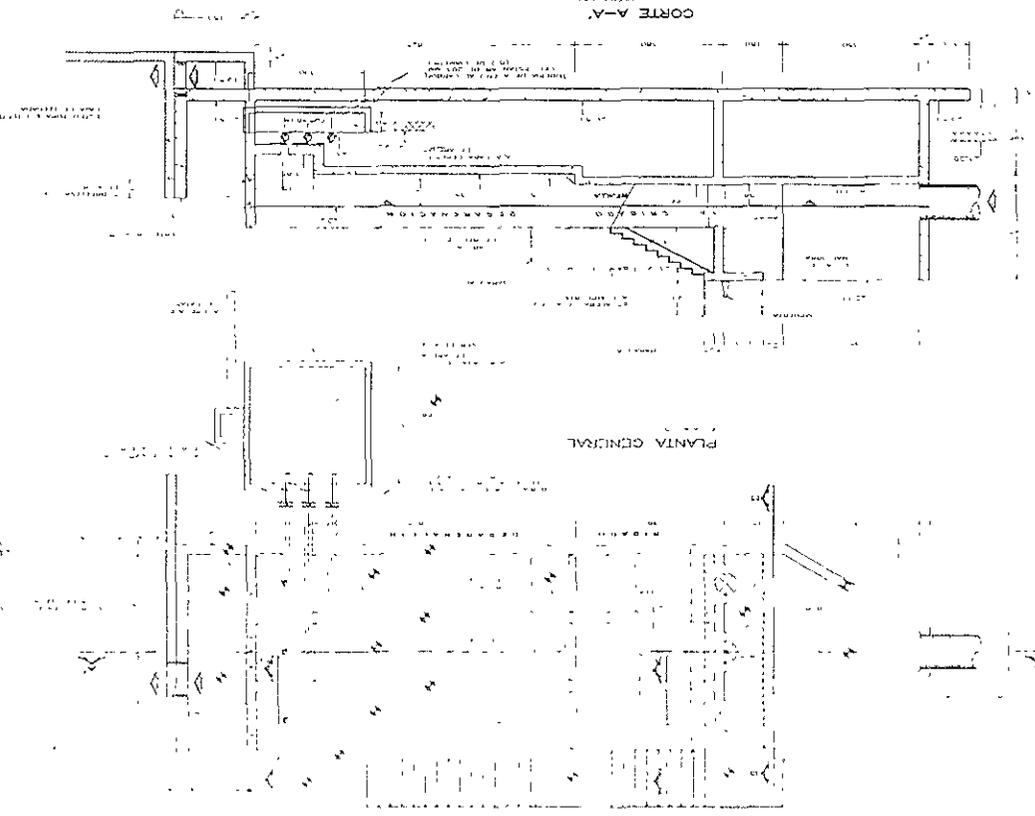
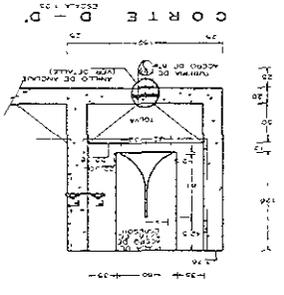
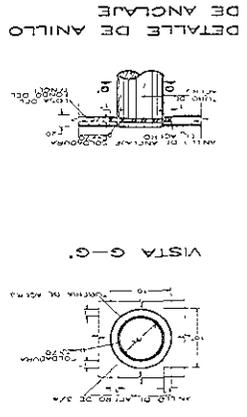
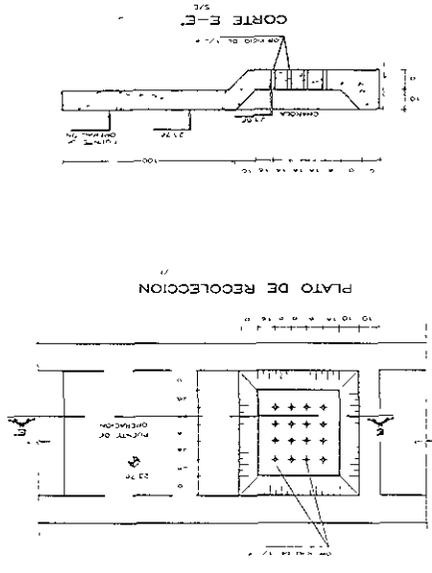
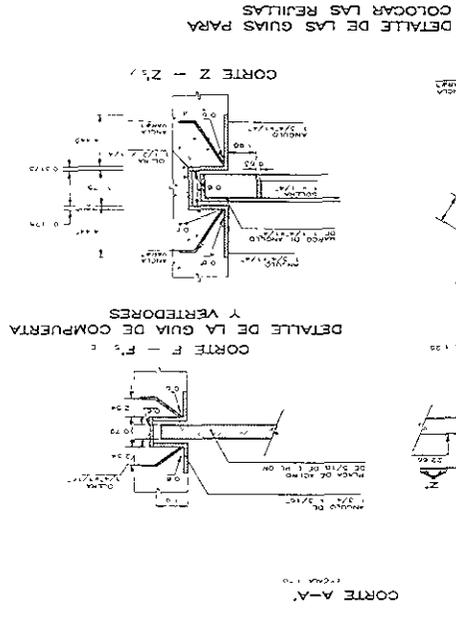
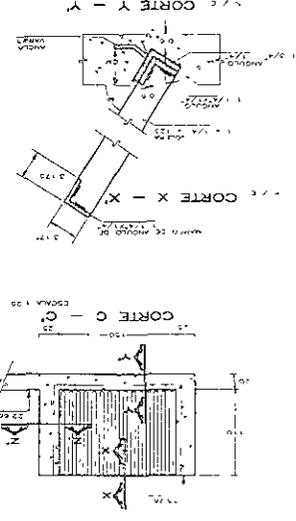
PROYECTO Y EJECUCIÓN DE LA OBRA DE RECONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES LOCAL DE LA CIUDAD DE WAZIRKOT, PUNJAB, INDIA.

**CANTIDADES DE OBRA**

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	222	m <sup>2</sup>
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	24	m <sup>2</sup>
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	175	m <sup>2</sup>
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	350	m <sup>2</sup>
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	50	m <sup>2</sup>



North arrow pointing upwards.



CRUCEROS DEL PUNTO DE DESCARGA DE PROYECTO.

8 (PRELIMINAR)

EXAMINACION Y DISEÑO DE LA PLANTA DE TRAYECTORIA DE AGUA...  
 DISEÑO DE LA PLANTA DE TRAYECTORIA DE AGUA...  
 DISEÑO DE LA PLANTA DE TRAYECTORIA DE AGUA...

NOTAS

1. LA PLANTA DE TRAYECTORIA DE AGUA...  
 2. LA PLANTA DE TRAYECTORIA DE AGUA...  
 3. LA PLANTA DE TRAYECTORIA DE AGUA...

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO: ...  
 CLIENTE: ...  
 FECHA: ...

LISTA DE MATERIALES

NUM.	CONCITO	UNIDAD	CANTIDAD
1			
2			
3			

GRUPOS DE LOCALIZACION





## BIBLIOGRAFIA

## BIBLIOGRAFIA

- 1) Ven Te Chow: Open Channel Hydraulics, International student edition Mc Graw-Hill Book, New York (1996).
- 2) Sotelo Ávila Gilberto: Hidráulica General, Volumen I Fundamentos, (1993) Limusa, México.
- 3) Trueba Coronel Samuel: Hidráulica, CECOSA, México (1991)
- 4) J M de Acevedo, Guillermo de Acosta A: Manual de Hidráulica, Harza, México (1975)
- 5) Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología Operación y mantenimiento de filtros Subsecretaría de Ecología, (SEDUE) Percoladores, Programa de Capacitación para operadores de plantas de tratamiento 2° nivel, Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología, México, (1985)
- 6) Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología Elementos para operación de plantas de tratamiento, Programa de Capacitacion para operadores de plantas de tratamiento 2° nivel, Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología, México, (1985)
- 7) Environmental Protection Agency Process Control Manual for "Aesing, WPCF Manual of Practice No. 8, ASCE Manual on Engineering Practice No 36, second printing, (1982)
- 8) W R White J A, Perkins and A J M Harrison Hydraulics Reaserch Station (1978)
- 9) P Ackers Binnie and Patners Weirs and Flumes for Flow Measurement, London
- 10) Congreso de los Estados Unidos Mexicanos Ley de Aguas Nacionales, Editorial Porrúa 4a edición, México, 1993

- |  |  |
|--|--|
| 11) Congreso de los Estados Unidos Mexicanos   | Ley General del Equilibrio Ecológico y la protección al ambiente, 16a. edición, México, 1998.                    |
| 12) Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología | Gaceta Ecológica, volumen II, Número 6, Enero 1990.  |
| 13) Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología | Fuentes de Contaminación de Lagunas Costeras y Estuarios Estuarios, México, enero 1983.                          |
| 14) Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología | Guía para la preparación de un estudio para la manifestación de impacto ambiental en proyectos costeros, México. |
| 15) Centro de Ecodesarrollo                    | Las lagunas costeras de Tabasco, México  |
| 16) Reid George K. & Wood Richard D.           | Ecology of Inland Waters and Estuaries, second edition, New York, 1976.  |
| 17) Comisión Nacional del Agua                 | Especificaciones Generales de Construcción, México, 2000.  |