



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA
EMPRESA DE MAQUINARIA PESADA EN EL
ÁREA DE MANTENIMIENTO**

Andrea Mariel Rodas Rodríguez

Asesorado por el Licenciado Oscar Armando Recinos de León

Guatemala, febrero de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA
EMPRESA DE MAQUINARIA PESADA EN EL
ÁREA DE MANTENIMIENTO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

ANDREA MARIEL RODAS RODRÍGUEZ

ASESORADO POR EL LICENCIADO OSCAR ARMANDO RECINOS DE LEÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, FEBRERO DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Otto Raúl de León de Paz
EXAMINADOR	Ing. Jaime Domingo Carranza González
EXAMINADOR	Inga. Lorena Victoria Pineda Cabrera
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA EMPRESA DE MAQUINARIA PESADA EN EL ÁREA DE MANTENIMIENTO,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, en mayo de 2006.

Andrea Mariel Rodas Rodríguez

ACTO QUE DEDICO A:

- DIOS** Por permitirme llegar hasta aquí siendo mi luz, guía y fortaleza cada día de mi vida.
- VIRGEN MARÍA** Por ser mi ejemplo de mujer a seguir, por ser la guía de mi camino y por todas sus bendiciones recibidas.
- MI PADRE** Hugo Rodas, por ser ese Ángel que siempre está conmigo, por inculcarme el deseo de superación y lucha constante por alcanzar mis metas. Por todo el amor y apoyo que me dio y que ahora sigue en mí. Gracias por todo papi, por haber sido esa persona ejemplar y a la que tanto amo, siempre estará en mi corazón.
- MI MADRE** Ana María Rodríguez, por su admirable fortaleza para seguir adelante, luchando siempre frente a los obstáculos de la vida, por sacarme adelante; gracias por todo el amor, comprensión y apoyo que me has dado durante toda mi vida. Gracias por ser esa mujer que admiro y amo con todo mi ser. Lo lograste mami. Gracias por todo.

MIS HERMANAS Jessica, María José y Pamela, por ser mis mejores amigas. Gracias por todo el amor y apoyo incondicional que me han brindado. Las quiero mucho.

MI NOVIO Oscar Bolaños, por todo su amor, apoyo y comprensión. Por ser esa persona con la que voy a compartir el resto de mi vida. Te amo mi amor.

MIS ABUELITOS Rodolfo y Aurora de Rodríguez, de quienes he recibido amor, apoyo y consejos a lo largo de mi vida. Los quiero mucho.

MI ABUELITA Carlota Rodas, por haber sido una mujer ejemplar con mucha fortaleza y constante lucha frente a la vida.

MIS PADRINOS Maco y Lisseth de Gómez, por estar pendientes de mis logros y derrotas, por esas palabras sabias y por todo su amor y apoyo que siempre me han dado.

TÍOS Y PRIMOS Para todos los que siempre han estado conmigo y nunca me han dejado sola aún cuando más los he necesitado. Gracias a todos por ese apoyo y amor que siempre he recibido. Y a ti, Tía Gloria porque cuando estuviste conmigo siempre me apoyaste y me aconsejaste.

FAM. BOLAÑOS Por estar siempre conmigo a pesar de la distancia, por todo su amor y apoyo que he recibido de parte de todos ustedes.

MIS AMIGOS Por todos los que compartieron conmigo su amistad y por todo el apoyo que recibí a lo largo de mi carrera, así como todos los momentos compartidos que siempre los recordaré. Gracias por ser parte de ésta meta alcanzada.

MI ASESORA Inga. Lorena Pineda, por todo su apoyo para llegar a alcanzar finalmente ésta meta.

MI ASESOR Lic. Oscar Recinos, por toda su colaboración para la realización de este proyecto.

MI REVISOR Ing. Jaime Carranza, por compartir sus conocimientos en la elaboración de este informe.

LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

En especial a la Facultad de Ingeniería y a todos mis catedráticos por la formación académica recibida.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
OBJETIVOS	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA	
1.1 Reseña Histórica	1
1.2 Misión	2
1.3 Visión	2
1.4 Objetivos	2
1.5 Filosofía	2
1.6 Servicios	3
1.7 Estructura de Edificios e Instalaciones	3
2. AGUAS RESIDUALES	
2.1 Origen de las Aguas Residuales	5
2.2 Tipos de Aguas Residuales	6
2.2.1 Aguas Residuales Urbanas	6
2.2.2 Aguas Residuales Industriales	7
2.3 Contaminantes fisicoquímicos habituales	8
2.3.1 Sólidos	8
2.3.1.1 Sólidos sedimentables	8
2.3.1.2 Sólidos en suspensión	8
2.3.1.3 Sólidos disueltos	9

2.3.2 Arenas	9
2.3.3 Grasas y aceites	9
2.3.4 Residuos con requerimiento de oxígeno	10
2.3.5 Nitrógeno y Fósforo	10
2.3.6 Agentes Patógenos	10
2.3.7 Demanda Química de Oxígeno	10
2.3.8 Demanda Bioquímica de Oxígeno	11
2.3.9 Otros contaminantes específicos	11
2.4 Métodos analíticos para el control del agua	11
2.4.1 Color, olor y sabor	11
2.4.2 Turbiedad	12
2.4.3 pH	12
2.4.4 Dureza	13
2.4.5 Acidez y alcalinidad	13
2.4.6 Conductividad	13
2.5 Consecuencias que acarrear los vertidos	14
2.5.1 Aparición de fangos y flotantes	14
2.5.2 Agotamiento del contenido en oxígeno	14
2.5.3 Daño a la salud pública	15
2.5.4 Eutrofización	15
2.6 Etapas de tratamiento del agua	15
2.6.1 Etapa preliminar	16
2.6.2 Etapa primaria	17
2.6.3 Etapa secundaria	17
2.6.4 Etapa terciaria	18
2.7 Problemática general de las ARI	18
3. FASE DE INVESTIGACIÓN	
3.1 Metodología	21
3.2 Resultados	22
3.3 Discusión de Resultados	23
3.3.1 Caudal	24

3.3.2	Temperatura	24
3.3.3	pH	24
3.3.4	Sólidos suspendidos totales	24
3.3.5	Demanda Química de Oxígeno	25
3.3.6	Demanda Bioquímica de Oxígeno	26
3.3.7	Grasas y aceites	26
4.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	
4.1	Metodología	29
4.2	Resultados	30
4.2.1	Construcción y supervisión del sistema	30
4.2.2	Cálculo del porcentaje de remoción	31
4.2.3	Descripción y funcionamiento del sistema	33
4.2.3.1	Rejilla	33
4.2.3.2	Rampa	33
4.2.3.3	Tanques	34
4.2.3.4	Sistema de limpieza de grasa	34
4.3	Discusión de Resultados	38
4.3.1	Interpretación de resultados del efluente	38
4.3.1.1	Caudal	38
4.3.1.2	Temperatura	38
4.3.1.3	pH	39
4.3.1.4	Sólidos suspendidos totales	39
4.3.1.5	Demanda Química de Oxígeno	39
4.3.1.6	Demanda Bioquímica de Oxígeno	40
4.3.1.7	Grasas y aceites	40
4.3.2	Análisis del porcentaje de remoción	40
4.3.2.1	Sólidos suspendidos totales	41
4.3.2.2	Demanda Química de Oxígeno	41
4.3.2.3	Demanda Bioquímica de Oxígeno	41
4.3.2.4	Grasas y aceites	42
4.3.3	Análisis de la implementación del sistema	42

5. FASE DE DOCENCIA	
5.1 Metodología	45
5.2 Resultados	45
5.3 Discusión de Resultados	46
CONCLUSIONES	49
RECOMENDACIONES	51
BIBLIOGRAFÍA	53
APÉNDICE	
A. Muestra de Cálculo	55
A.1 Sólidos suspendidos totales	55
A.2 Demanda Química de Oxígeno	56
A.3 Demanda Bioquímica de Oxígeno	56
A.4 Grasas y aceites	56
B. Evaluación realizada durante la Fase de Docencia	57
ANEXOS	
A. Análisis realizado por Ecoquimsa el 5 de Septiembre de 2005	60
B. Análisis realizado por Ecoquimsa el 5 de Octubre de 2006	61
C. Dibujo de la vista en planta y dos cortes	62
D. Cronograma de trabajos	63
E. Plano de la planta acotada en secciones	64
F. Plano de estructura	65
G. Plano de distribución de áreas de fundición	66
H. Plano de barandas	67
I. Plano de drenajes	68
J. Plano de distribución de rieles	69

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Etapas de tratamiento de agua	16
2.	Rejilla para separar sólidos	25
3.	Sistema de limpieza de grasa	27
4.	Pruebas realizadas en maqueta	28
5.	Diferencia de densidades	28
6.	Drenaje antes de la construcción	35
7.	Área de lavado de máquinas	35
8.	Construcción de la rampa	36
9.	Tubería dentro del sistema	36
10.	Reforzamiento de los tanques	36
11.	Tanques de cemento	37
12.	Sistema construido	37
13.	Sistema de tratamiento de agua	37

TABLAS

I.	Resultados del análisis fisicoquímico del agua residual de Gentrac	22
II.	Resultados del tipo de tratamiento utilizado para cada contaminante del agua residual de Gentrac	23

III. Análisis de los contaminantes principales del agua residual de Gentrac comparado con el Acuerdo Gubernativo No. 66-2005	32
IV. Resultados de los parámetros de diseño para el sistema de tratamiento de aguas residuales en Gentrac	32

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
AMSA	Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Amatitlán.
ARI	Aguas Residuales Industriales.
ARRLA	Autoridad para el Rescate y Resguardo del Lago de Amatitlán.
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno.
DQO	Demanda Química de Oxígeno.
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
PLANDEAMAT	Plan Maestro de Manejo Integrado de la Cuenca del Lago de Amatitlán.
P.T.A.R.	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.
SST	Sólidos Suspendidos Totales.

GLOSARIO

Aguas Residuales	Desecho líquido constituido por aguas domésticas e industriales, aguas de infiltración y de contribución pluvial por malas conexiones.
Área de Mantenimiento	Lugar habilitado para operaciones y cuidados necesarios de maquinaria para un buen funcionamiento.
Empresa de Maquinaria Pesada	Proveedor de equipos, motores, generadores y maquinaria en todo el país, que garantiza la reducción de costos de operación e incrementa la disponibilidad de equipo.
Grado de Tratamiento	Es la relación expresada en porcentaje entre la reducción de los valores de los parámetros característicos del agua residual en relación del valor inicial.
Implementación	Poner en funcionamiento, aplicar los métodos y medidas necesarias para llevar algo a cabo.

Proceso de Tratamiento Formas particulares de mejorar la calidad de aguas residuales, mediante operaciones unitarias o procesos unitarios.

Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Es la unidad o conjunto de unidades destinadas a mejorar la calidad del agua, de tal forma que, produzcan en los cuerpos receptores efectos compatibles con las exigencias legales y/o con la población.

RESUMEN

El siguiente informe consiste en la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales de una empresa de maquinaria pesada, en el área de mantenimiento. El sistema de tratamiento se construyó en el área de lavado de máquinas dentro de la empresa Gentrac, en la cual los desechos llegan al Río Villalobos y posteriormente a la Cuenca del Lago de Amatitlán.

El sistema de tratamiento construido junto al Arq. Oscar Vielman y la constructora DICOVI, es un conjunto de unidades que consiste en una rampa y tres tanques, destinados a mejorar la calidad del agua de tal forma que, el agua que llegue al cuerpo receptor se encuentre con los niveles de contaminantes aceptables que exige el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

El proceso de tratamiento de agua se llevó a cabo, mediante operaciones o procesos unitarios, los cuales consistieron en la separación y sedimentación de los desechos sólidos, flotación y absorción de grasa por medio de la diferencia de densidades con el agua.

Los criterios para la implementación de dicho sistema fueron basados en la etapa preliminar y la etapa primaria, según las necesidades que presentaba la empresa.

Los altos porcentajes de remoción obtenidos por cada contaminante principal del agua residual de Gentrac, indican que el sistema de tratamiento de agua fue satisfactorio.

OBJETIVOS

- **General**

Implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales provenientes de la empresa de maquinaria pesada, en el área de mantenimiento de máquinas.

- **Específicos**

1. Realizar el análisis de agua, para identificar los contaminantes existentes en el agua residual procedente del área de lavado de máquinas dentro de la empresa de maquinaria pesada.
2. Investigar las etapas de tratamiento necesarias para disminuir los contaminantes principales del agua residual utilizada en el lavado de máquinas.
3. Implementar una solución por contaminación de desechos líquidos a través de un sistema de tratamiento de aguas residuales proveniente del área de mantenimiento de una empresa de maquinaria pesada.

4. Evaluar el funcionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales, implementado dentro de la empresa de maquinaria pesada, en el área de mantenimiento.

5. Capacitar a los operarios involucrados en el mantenimiento del sistema de tratamiento de agua, para un buen funcionamiento del mismo.

6. Capacitar a los operarios del área de lavado de máquinas de la empresa, para tener conocimiento de lo perjudicial que es el agua contaminada y los impactos negativos hacia la Cuenca del Lago de Amatitlán.

INTRODUCCIÓN

Es importante saber aprovechar y cuidar el agua, por lo que es necesario evitar cualquier tipo de contaminación que se pudiera generar. Para mejorar dicha situación se debe tratar el agua y de ser posible reutilizarla. La presencia de industrias que descargan residuos de procesos al alcantarillado constituye un riesgo al medio ambiente.

Actualmente dentro de las políticas de protección al medio ambiente, se han desarrollado normas que exigen a las empresas cumplir con el nuevo reglamento propuesto por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, es por eso que Gentrac siendo una empresa de sólido prestigio, se ha visto en la necesidad de cumplir con este reglamento, por lo que es necesario la implementación de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para poder eliminar los contaminantes presentes que desembocan en la Cuenca del Lago de Amatitlán.

El siguiente informe consiste en un proyecto con beneficio para la empresa y para la sociedad, ya que su objetivo principal es evitar la contaminación de la Cuenca del Lago de Amatitlán.

Lo que se plantee en el presente informe, será basado en un análisis preliminar, con el objeto de establecer las acciones necesarias para llevar a cabo su ejecución y así obtener resultados satisfactorios y concretos, como lo es la disminución de contaminantes en el agua.

1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

1.1 Reseña Histórica

La Corporación General de Tractores, con nombre comercial Gentrac, es el representante exclusivo para Guatemala de la Marca CATERPILLAR, líder a nivel mundial en la venta de Tractores para Construcción de Caminos, motores, plantas eléctricas diesel, así como montacargas eléctricos diesel y gasolina.

Gentrac inicia operaciones en Guatemala en el mes de marzo de 1998. La Corporación General de Equipos (COGESA) de El Salvador compra la Antigua Cía. Empresa representante en Guatemala antes de marzo de 1998. La experiencia de COGESA junto con su grupo de empresas y con el distribuidor de CATERPILLAR en El Salvador es de más de 60 años de experiencia en el mercado.

El distribuidor de CATERPILLAR en Belice, Guatemala y El Salvador pertenece a la misma corporación lo que conforma una fortaleza a los distribuidores para compartir sinergia en la región de Centro América. Gentrac actualmente tiene una participación en el Mercado Guatemalteco con su producto CATERPILLAR arriba del 72% y participa en los siguientes mercados: Construcción, Minero, Agrícola e Industrial.

1.2 Misión

“Ser la mejor solución en equipos, respaldo al producto y opciones financieras, trabajando en conjunto con nuestros clientes”.

1.3 Visión

“Ser los mejores en proporcionar soluciones a nuestros clientes y satisfacción a nuestros empleados, con solidez financiera”.

1.4 Objetivos

“Deseamos ser el mayor proveedor de equipos, motores, generadores y maquinaria en todo el país, para poder garantizar una completa satisfacción a nuestros clientes, reduciendo sus costos de operación e incrementando su disponibilidad de equipo. Esto es posible porque todos en GENTRAC actuamos como socios del cliente, anticipándonos a buscar la mejor solución a sus diferentes problemas. Tenemos además el compromiso de contribuir con el desarrollo de Guatemala, brindando la mejor tecnología disponible y confiable en optimización de recursos.”

1.5 Filosofía

“Gracias al respaldo que la empresa ofrece a los equipos que distribuye, nos esforzamos por mantener relaciones sólidas y duraderas con cada uno de nuestros clientes. Nuestra filosofía consiste en confiar firmemente en nuestra capacidad de hacernos cargo de los equipos y maquinaria Caterpillar del cliente, para que éste pueda dedicarse más libremente a sus otras actividades de negocios.”

1.6 Servicios

- Venta de Maquinaria de Construcción e Industrial Caterpillar
- Reparación y Mantenimiento de la Maquinaria
- Venta de Repuestos para la maquinaria
- Arrendamiento de la Maquinaria

1.7 Estructura de edificios e instalaciones

1.7.1 Oficinas Centrales:

- Calzada Aguilar Batres 54-41 zona 12.

1.7.2 Sucursal:

- 7 calle 1-07 zona 2 Quetzaltenango.
- Km 65.5 carretera antigua al Puerto San José interior instalaciones SIDEGUA, Escuintla.

1.7.3 Proyecto de Cementos Progreso:

- Planta San Miguel, Sanarate, El Progreso.

2. AGUAS RESIDUALES

2.1 Origen de las Aguas Residuales

Se denomina aguas servidas a aquellas que resultan del uso doméstico o industrial del agua. Se les llaman también aguas residuales, aguas negras o aguas cloacales. Son residuales, porque constituyen un residuo, algo que no sirve para el usuario directo; son negras por el color que habitualmente tienen, y cloacales porque son transportadas mediante cloacas (del latín cloaca, alcantarilla), nombre que se le da habitualmente al colector.

Algunos autores hacen una diferencia entre aguas servidas y aguas residuales en el sentido que las primeras solo provendrían del uso doméstico y las segundas corresponderían a la mezcla de aguas domésticas e industriales. En todo caso, están constituidas por todas aquellas aguas que son conducidas por el alcantarillado e incluyen, a veces, las aguas de lluvia y las infiltraciones de agua del terreno.

Las aguas residuales están formadas por un 99% de agua y un 1% de sólidos en suspensión y solución. Estos sólidos pueden clasificarse en orgánicos e inorgánicos. Los sólidos inorgánicos están formados principalmente por fósforo, cloruros, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos y algunas sustancias tóxicas como arsénico, cianuro, cadmio, cromo, cobre, mercurio, plomo y zinc. Los sólidos orgánicos se pueden clasificar en nitrogenados y no nitrogenados.

Los nitrogenados, es decir, los que contienen nitrógeno en su molécula, son proteínas, ureas, aminos y aminoácidos. Los no nitrogenados son principalmente celulosa, grasas y jabones.

Toda agua residual debe ser tratada tanto para proteger la salud pública como para preservar el medio ambiente. Antes de tratar cualquier agua residual se debe conocer su composición. Esto es lo que se llama caracterización del agua. Permite conocer qué elementos químicos y biológicos están presentes y da la información necesaria para que los ingenieros expertos en tratamiento de aguas puedan diseñar una planta apropiada al agua residual que se está produciendo.

Un sistema de tratamiento de aguas residuales debe tener como propósito eliminar toda contaminación química y bacteriológica del agua que pueda ser nociva para los seres humanos, la flora y la fauna de manera que el agua sea dispuesta en el ambiente en forma segura. El proceso, además, debe ser optimizado de manera que la planta no produzca olores ofensivos hacia la comunidad en la cual está inserta.

2.2 Tipos de Aguas Residuales

La clasificación se hace con respecto a su origen, ya que este origen es el que va a determinar su composición.

2.2.1 Aguas Residuales Urbanas

Son los vertidos que se generan en los núcleos de población urbana como consecuencia de las actividades propias de éstos. Los aportes que generan esta agua son:

- Aguas negras o fecales
- Aguas de lavado doméstico
- Aguas provenientes del sistema de drenaje de calles y avenidas
- Aguas de lluvia y lixiviados

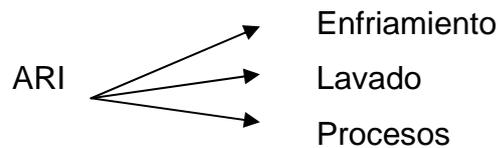
Las aguas residuales urbanas presentan una cierta homogeneidad cuanto a composición y carga contaminante, ya que sus aportes van a ser siempre los mismos. Pero esta homogeneidad tiene unos márgenes muy amplios, ya que las características de cada vertido urbano van a depender del núcleo de población en el que se genere, influyendo parámetros tales como el número de habitantes, la existencia de industrias dentro del núcleo, tipo de industria, etc.

2.2.2 Aguas Residuales Industriales (ARI)

Son aquellas que proceden de cualquier actividad o negocio en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utilice el agua. Son enormemente variables en cuanto a caudal y composición, difiriendo las características de los vertidos, no sólo de una industria a otra, sino también dentro de un mismo tipo de industria.

A veces, las industrias no emiten vertidos de forma continua, sino únicamente en determinadas horas del día o incluso únicamente en determinadas épocas del año, dependiendo del tipo de producción y del proceso industrial. También son habituales las variaciones de caudal y carga a lo largo del día. Éstas son más contaminadas que las aguas residuales urbanas, además, con una contaminación mucho más difícil de eliminar.

Su alta carga unida a la enorme variabilidad que presentan, hace que el tratamiento de las ARI sea complicado, siendo preciso un estudio específico para cada caso. Entre los usos generales de las ARI están:



2.3 Contaminantes fisicoquímicos habituales en las ARI

2.3.1 Sólidos

Generalmente, las aguas residuales contienen sólidos totales, los cuales incluyen a los sólidos disueltos, suspendidos y sedimentables en el agua.

2.3.1.1 Sólidos sedimentables

Son partículas gruesas que se encuentran en un volumen determinado de líquido que se depositarán por gravedad. Son sólidos de mayor densidad que el agua, se encuentran dispersos debido a las fuerzas de arrastre o turbulencias. Cuando estas fuerzas y velocidades cesan y el agua alcanza un estado de reposo, éstos precipitan en el fondo. Suelen eliminarse fácilmente por cualquier método de filtración.

2.3.1.2 Sólidos en suspensión

Son partículas flotantes o suspendidas en el agua, que pueden ser separadas del líquido por medio de la filtración. Se mantienen en el agua debido a su naturaleza coloidal que viene dada por las pequeñas cargas eléctricas que poseen estas partículas que las hacen tener una cierta afinidad por las moléculas de agua.

A veces es muy difícil la eliminación de éstos, por lo que es necesaria la adición al agua de agentes coagulantes y floculantes que modifican la carga eléctrica de éstas partículas consiguiendo que se agrupen en flóculos de mayor tamaño para así poder separarlos mediante filtración.

2.3.1.3 Sólidos disueltos

Es una medida grosera de la concentración total de sales inorgánicas en el agua que indica salinidad. Están relacionados con el grado de mineralización del agua ya que son iones de sales minerales que el agua ha conseguido disolver a su paso.

2.3.2 Arenas

Son una serie de tamaño apreciable y que en su mayoría son de naturaleza mineral, aunque pueden llevar adherida materia orgánica. Las arenas enturbian las masas de agua cuando están en movimiento, o bien, forman depósitos de lodos si encuentran condiciones adecuadas para sedimentar.

2.3.3 Grasas y aceites

Son todas aquellas sustancias de naturaleza lipídica, que al ser inmiscibles con el agua, van a permanecer en la superficie dando lugar a la aparición de natas y espumas. Estas natas y espumas entorpecen cualquier tipo de tratamiento físico o químico, por lo que deben eliminarse en los primeros pasos del tratamiento de un agua residual.

2.3.4 Residuos con requerimiento de oxígeno

Son compuestos tanto orgánicos como inorgánicos que sufren fácilmente y de forma natural procesos de oxidación, que se van a llevar a cabo un consumo de oxígenos del medio. Estas oxidaciones van a realizarse bien por vía química o bien por vía biológica.

2.3.5 Nitrógeno y fósforo

Tienen un papel fundamental en el deterioro de las masas acuáticas. Su presencia en las aguas residuales es debida a los detergentes y fertilizantes, principalmente. El nitrógeno orgánico también es aportado a las aguas residuales a través de las excretas humanas.

2.3.6 Agentes patógenos

Son organismos que pueden ir en mayor o menor cantidad en las aguas residuales y que son capaces de producir o transmitir enfermedades.

2.3.7 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica por medio de un dicromato en una solución ácida y convertirla en dióxido de carbono y agua. El valor de DQO es siempre superior al de DBO porque muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente pero no biológicamente. El DQO se usa para comprobar la carga orgánica de aguas residuales que, o no son biodegradables o contienen compuestos que inhiben la actividad de los microorganismos.

2.3.8 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Es la cantidad de oxígeno empleado por los microorganismos a lo largo de un período de cinco días para descomponer la materia orgánica de las aguas residuales a una temperatura de 20°C. El DBO suele emplearse para comprobar la carga orgánica de las aguas residuales municipales e industriales biodegradables tratadas y sin tratar.

2.3.9 Otros contaminantes específicos

Se incluyen sustancias de naturaleza muy diversa que provienen de aportes muy concretos: metales pesados, fenoles, petróleo, pesticidas, etc.

2.4 Métodos analíticos para el control de la calidad del agua

2.4.1 Color, olor y sabor

La coloración del agua puede clasificarse en verdadera o real cuando se debe sólo a las sustancias que tiene en solución, y aparente cuando su color es debido a las sustancias que tiene en suspensión. Los colores real y aparente son casi idénticos en el agua clara y en aguas de escasa turbiedad.

La coloración de un agua se compara con la de soluciones de referencia de platino-cobalto en tubos colorimétricos, o bien con discos de vidrio coloreados calibrados según los patrones mencionados. El olor puede ser definido como el conjunto de sensaciones percibidas por el olfato al captar ciertas sustancias volátiles.

El procedimiento normalmente utilizado es el de ir diluyendo el agua y examinar hasta que no presente ningún olor perceptible. El resultado se da como un número que expresa el límite de percepción del olor, y corresponde a la dilución que da olor perceptible.

Debido al carácter subjetivo de la medida, es recomendable que la medida la realicen al menos dos personas distintas, comparando la percepción con la de un agua desodorizada. Debe evitarse, en todo lo posible, la presencia de otros olores en el ambiente.

Por último, la evaluación del sabor, se realiza por degustación del agua a examinar, comenzando por grandes diluciones, que se van disminuyendo hasta la aparición del sabor. Este ensayo no se realiza más que en aguas potables.

2.4.2 Turbiedad

La turbiedad es un parámetro relacionado con el grado de transparencia y limpieza del agua que a su vez depende de la cantidad de sólidos en suspensión del agua que pueden ser resultado de una posible actividad biológica o simplemente una presencia de componentes no deseables. Se mide mediante la absorción que sufre un haz de luz al atravesar un determinado volumen de agua. Para eliminar esta turbiedad y así mejorar la calidad del agua se usan los distintos tipos de filtros que hay en el mercado, mejorando el rendimiento con el uso de floculantes.

2.4.3 pH

Está relacionado con la concentración de protones en el agua.

En condiciones de neutralidad el pH es igual a 7. De la misma forma cuando el agua esté totalmente disociado en protones el pH tendrá un valor máximo igual a 14 y será 0 cuando esté totalmente disociado en OH⁻. El agua con un pH menor de 7 se dice que es un agua ácida y en cambio se dice que es básica si tiene un pH mayor que 7.

2.4.4 Dureza

La dureza corresponde a la suma de las concentraciones de cationes metálicos excepto los metales alcalinos y el ion hidrógeno. En la mayoría de los casos se debe principalmente a la presencia de iones calcio y magnesio, y algunas veces también se unen hierro, aluminio, manganeso y estroncio. Es una medida del estado de mineralización del agua.

2.4.5 Acidez y alcalinidad

La acidez de un agua corresponde a la presencia de anhídrido carbónico libre, ácidos minerales y sales de ácidos fuertes y bases débiles. La alcalinidad de un agua corresponde a la presencia de los bicarbonatos y carbonatos de hidróxidos.

2.4.6 Conductividad

Es una medida de la capacidad que tiene el agua para conducir la corriente eléctrica.

La depuración de las aguas residuales es un proceso que persigue eliminar en la mayor cantidad posible la contaminación que lleva un vertido antes de que éste incida sobre un cauce receptor, de forma que los niveles de contaminación que queden en el efluente ya tratado puedan ser asimilados de forma natural.

2.5 Consecuencias que acarrear los vertidos

2.5.1 Aparición de fangos y flotantes

Existen en las aguas residuales sólidos en suspensión de gran tamaño que cuando llegan a los cauces naturales pueden dar lugar a la aparición de sedimentos de fango en el fondo de dichos cauces, alterando seriamente la vida acuática a este nivel, ya que dificultará la transmisión de gases y nutrientes hacia los organismos que viven en el fondo.

Por otra parte, ciertos sólidos, dadas sus características, pueden acumularse en las orillas formando capas flotantes que resultan desagradables a la vista y además, pueden acumular otro tipo de contaminantes que pueden llevar a efectos más graves.

2.5.2 Agotamiento del contenido en oxígeno

Los organismos acuáticos precisan del oxígeno disuelto en el agua para poder vivir. Cuando se vierten en las masas de agua, residuos que se oxidan fácilmente, bien por vía química o por vía biológica, se producirá la oxidación con el consiguiente consumo de oxígeno en el medio.

Si el consumo de oxígeno es excesivo, se alcanzarán niveles por debajo del necesario para que se desarrolle la vida acuática, dándose una muerte masiva de seres vivos. Además, se desprenden malos olores como consecuencia de la aparición de procesos bioquímicos anaerobios, que dan lugar a la formación de compuestos volátiles y gases.

2.5.3 Daño a la salud pública

Los vertidos de efluentes residuales a cauces públicos, pueden fomentar la propagación de virus y bacterias patógenos para el hombre.

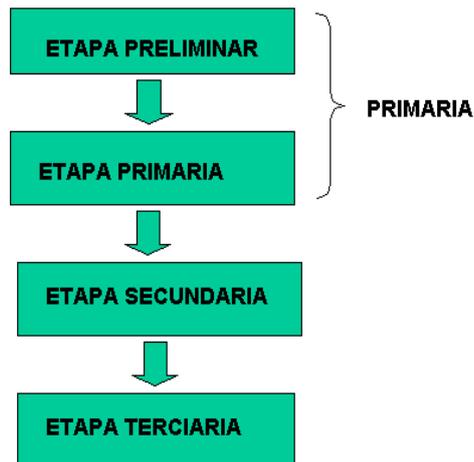
2.5.4 Eutrofización

Es un proceso que se va produciendo lentamente de forma natural en todos los lagos debido a que todos van recibiendo nutrientes. Un aporte elevado de nitrógeno y fósforo en los sistemas acuáticos propicia un desarrollo masivo de los consumidores primarios de estos nutrientes, como el zooplancton, fitoplancton y plantas superiores. Estas poblaciones acaban superando la capacidad del ecosistema acuático, pudiendo llegar a desaparecer la masa de agua.

2.6 Etapas de tratamiento de agua

El proceso de tratamiento del agua residual se puede dividir en cuatro etapas: preliminar, primaria, secundaria y terciaria. Algunos autores llaman a las etapas preliminar y primaria unidas como etapa primaria.

Figura 1. Etapas de tratamiento de agua



2.6.1 Etapa preliminar

Normalmente las plantas están diseñadas para tratar un volumen de agua constante, lo cual debe adaptarse a que el agua residual producida por una comunidad no es constante. Hay horas, generalmente durante el día, en las que el volumen de agua producida es mayor, por lo que deben instalarse sistemas de regulación de forma que el caudal que ingrese al sistema de tratamiento sea uniforme. Debe cumplir dos funciones: 1) Medir y regular el caudal de agua que ingresa a la planta, y 2) Extraer los sólidos flotantes grandes, la arena y la grasa.

Así mismo, es impresionante ver las cosas que el agua residual contiene: palos, hojas, botellas plásticas, granos, etc., por lo que es necesario retirarlas para que el proceso pueda efectuarse normalmente.

Las estructuras encargadas de esta función son las rejillas, tamices, trituradores, desgrasadores y desarenadores. En esta etapa también se puede realizar la preaireación, cuyas funciones son: a) Eliminar los compuestos volátiles presentes en el agua residual, que se caracterizan por ser malolientes, y b) Aumentar el contenido de oxígeno del agua, lo que ayuda a la disminución de la producción de malos olores.

2.6.2 Etapa primaria

Tiene como objetivo remover los sólidos en suspensión por medio de un proceso de sedimentación simple. Para complementar este proceso se pueden agregar compuestos químicos con el objeto de precipitar el fósforo, los sólidos en suspensión muy finos o aquellos en estado de coloide.

Esta etapa de tratamiento incluye la eliminación de arenillas, la filtración, la floculación y la sedimentación. Las estructuras encargadas de esta función son los tanques de sedimentación primarios o clarificadores primarios. En esta etapa se remueve por precipitación alrededor del 60 al 70% de los sólidos en suspensión.

2.6.3 Etapa secundaria

Esta etapa de tratamiento implica la oxidación de la materia orgánica disuelta por medio de lodo biológicamente activo, que seguidamente es filtrado. Tiene como objetivo remover los sólidos en solución y en estado coloidal mediante un proceso de naturaleza biológica seguido de sedimentación. Este proceso biológico es un proceso natural controlado en el cual participan los microorganismos presentes en el agua residual más los que se desarrollan en el tanque secundario.

Los microorganismos de este tanque pueden estar en suspensión en el agua (procesos de crecimiento suspendido), adheridos a un medio de suspensión (procesos de crecimiento adherido) o distribuidos en un sistema mixto (procesos de crecimiento mixto). Las estructuras usadas para el tratamiento secundario incluyen filtros de arena intermitentes, filtros percoladores, contactores biológicos rotatorios, lechos fluidizados, estanques de lodos activados, lagunas de estabilización u oxidación y sistemas de digestión de lodos.

2.6.4 Etapa terciaria

Tiene como objetivo remover algunos contaminantes específicos presentes en el agua servida tales como los fosfatos que provienen del uso de detergentes domésticos e industriales y cuya descarga en curso de agua favorece la eutrofización, es decir, un desarrollo incontrolado y acelerado de la vegetación acuática la que agota el oxígeno y mata la fauna existente en el sector.

En este tratamiento se emplean métodos biológicos avanzados para la eliminación del nitrógeno y métodos físicos y químicos, tales como la filtración granular y la adsorción por carbono activado. No todas las plantas tienen esta etapa ya que dependerá de la composición del agua servida y el destino que se le dará.

2.7 Problemática general de las Aguas Residuales Industriales (ARI)

Las ARI plantearán el mayor problema con que se enfrentará la humanidad en los próximos años.

Las aguas residuales producen una serie de alteraciones en los cursos y planos de agua debido a los diversos productos que contienen, y a que las áreas receptoras son cada vez menos capaces de asimilar. En la gestión de las ARI se deben tener en cuenta tres factores o elementos fundamentales:

El primero está relacionado con la calidad del medio ambiente. Las ARI deben ser manejadas de forma que no contaminen el aire, el suelo, los cursos o masas de agua. Así pues, no deben ser utilizadas de cualquier forma que introduzca productos tóxicos o que pueda plantear problemas patológicos, sobre todo en lo que se refiere a las cadenas alimenticias.

El segundo elemento está relacionado con la crisis de la energía. Hasta ahora prácticamente se había mirado muy poco el residuo orgánico como una fuente potencial de energía. Ahora, la gestión de las ARI se puede observar, o se puede estudiar, en términos de consumo de energía, tanto bajo aspectos industriales como económicos o sociales.

El tercer elemento es la crisis alimenticia. El mundo se está planteando el desequilibrio y la crisis de producción de alimentos en amplias zonas habitadas, lo que hace necesaria la ubicación de áreas productivas en esas zonas. Así, pues, todo lo que sea aportar materia orgánica y nutriente a los vegetales, implica una mayor producción de alimentos y una mayor posibilidad de conservar los recursos del suelo para producir tanto alimentos como energía. En lo que se refiere a este último proceso, es típica la mentalización creciente que existe en muchos países para la aplicación de la biomasa como fuente de energía.

3. FASE DE INVESTIGACIÓN

3.1 Metodología

3.1.1 Para obtener los resultados del análisis de agua, se tomaron muestras de agua en el área de lavado de máquinas dentro de la empresa, antes de iniciar con el sistema de tratamiento de agua. Esta toma de muestras se realizó en un día normal de trabajo, durante 8 horas, siendo una muestra compuesta, debido a que se tomó la muestra de agua cada hora. Las muestras se mantuvieron a temperatura de 5°C y en recipiente de vidrio para un resultado más preciso.

3.1.2 Se enviaron las muestras al Laboratorio Ecoquimsa para que realizara los respectivos análisis de los parámetros más importantes para el análisis de aguas residuales según el Acuerdo Gubernativo No. 66-2005.

3.1.3 Los resultados obtenidos fueron comparados con el Acuerdo Gubernativo No. 66-2005 del Reglamento de Descargas de Aguas Residuales, determinando así, los principales contaminantes del agua residual de Gentrac.

3.1.4 Con los resultados obtenidos, se investigó los tipos de tratamientos de aguas residuales indicados para poder disminuir las concentraciones de los contaminantes principales.

3.1.5 Se determinó el tratamiento adecuado y el método a utilizar para cada contaminante existente en el agua residual de Gentrac para poder obtener un mayor porcentaje de remoción de éstos.

3.1.6 Basándose en estudios y asesorías, se realizó el diseño del sistema de tratamiento de agua en una maqueta, para poder realizar las pruebas necesarias y evaluación de los tipos de tratamiento requeridos para cada contaminante.

3.2 Resultados

Tabla I. Resultados del análisis fisicoquímico del agua residual de Gentrac

Parámetro	Resultados del agua residual en Gentrac
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	1148
Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	1800
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	120
Grasas y Aceites (mg/L)	162
pH (unidades)	8,75
Caudal (L/s)	0,46
Temperatura (°C)	20,7

Fuente: Laboratorio Ecoquimsa (Ver anexos).

Tabla II. Resultados del tipo de tratamiento utilizado para cada contaminante del agua residual de Gentrac

Contaminante	Tipo de tratamiento
Sólidos Suspendidos Totales	Sedimentación
Demanda Química de Oxígeno	Sedimentación
Demanda Bioquímica de Oxígeno	No hay necesidad
Grasas y Aceites	Flotación y Absorción

Fuente: Bibliografía

3.3 Discusión de resultados

Los resultados del análisis de agua antes de iniciar con el sistema de tratamiento de agua, fueron tomados a partir de una muestra compuesta de agua en un día normal de trabajo durante 8 horas, manteniéndolas a una temperatura de 5°C y utilizando un recipiente de vidrio (para que la grasa no se pegue en el recipiente). El muestreo se realizó en el área de lavado de máquinas, el día 5 de septiembre de 2005, realizados por el laboratorio Ecoquimsa (Ver anexos).

Estos análisis se realizaron antes de iniciar el sistema de tratamiento de agua, para poder identificar los contaminantes principales. Además se obtuvieron resultados de flujo, pH y temperatura, los cuales fueron tomados dentro de la empresa. A continuación se discutirá cada resultado obtenido, así como el tratamiento adecuado para cada contaminante para llegar a obtener un alto porcentaje de remoción:

3.3.1 Caudal

En el día analizado, el caudal de agua fue de **0,46 L/s**. Se debe tomar en cuenta que el caudal es importante en el diseño del sistema de tratamiento de agua. Este caudal fue tomado dentro de la empresa, a partir del tiempo necesario para llenar un recipiente en el punto donde se obtiene el agua utilizada en el lavado de máquinas.

3.3.2 Temperatura

La temperatura de las aguas residuales de Gentrac fue de **20,7°C**. La temperatura promedio del día se mantuvo estable en el periodo analizado. El rango de temperaturas muestra temperaturas adecuadas al ambiente, por lo que se encuentran entre los parámetros establecidos.

3.3.3 pH

El pH durante el trabajo realizado fue de **8,75 unidades**. Este valor se encuentra entre los niveles permisibles del reglamento. Aunque es recomendable bajar a un nivel neutro (7 unidades).

Los siguientes resultados son los contaminantes principales del agua residual de Gentrac, así como su tratamiento adecuado para cada uno:

3.3.4 Sólidos Suspendidos Totales (SST)

El valor promedio de SST de la muestra compuesta tomada fue de **1148 mg/L**.

Debe recordarse que este tipo de sólidos está asociado particularmente a los sedimentos y lodo que llevan las aguas residuales después del lavado de las máquinas, por lo que, la mayoría de éstos son sólidos que pueden ser fácilmente sedimentables. Este valor se encuentra fuera de los límites permisibles que establece el reglamento. El tratamiento adecuado para obtener una mayor remoción de éstos es la sedimentación, debido a que, al sedimentar todos los sólidos suspendidos, el agua ya pasaría sin ningún sólido presente.

A continuación se muestra una fotografía de una rejilla para separar sólidos, la cual se utilizará en el sistema de tratamiento de agua dentro de Gentrac y así poder separar los sólidos presentes:

Figura 2. Rejilla para separar sólidos



3.3.5 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

El valor de DQO fue de **1800 mg/L**. El valor obtenido, se encuentra por encima de los valores tolerados por la legislación ambiental del país. La DQO representa tanto la materia orgánica biodegradable como la no biodegradable.

El valor de DQO es mucho mayor que el valor de DBO, por lo que una parte importante de la materia orgánica presente en el agua no será fácilmente biodegradable. Para disminuir el contenido de materia orgánica no biodegradable, es necesario desestabilizar las cargas orgánicas de la materia orgánica en suspensión para que sean fácilmente filtrables o sedimentables, si es necesario, se pueden utilizar procesos de coagulación y floculación. En este caso, los sólidos son fácilmente sedimentables, por lo que, no fue necesario la utilización de floculantes.

3.3.6 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

El valor de DBO fue de **120 mg/L**. El resultado demuestra que el DBO se encuentra dentro de los límites aceptables por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales; por lo que un tratamiento biológico queda descartado debido a los niveles bajos de materia orgánica biodegradable que existe en el agua. Sin embargo, al utilizar la sedimentación, se espera que este valor disminuya un poco, debido a la eliminación de los sólidos presentes, los cuales, pueden variar en una mínima parte este resultado. La relación entre estos dos parámetros (DQO y DBO) es indicativo de la calidad del agua, por lo que es necesario e importante mantener estos parámetros dentro de los límites permisibles.

3.3.7 Grasas y aceites

El valor de las grasas y aceites, fue de **162 mg/L**, esta cantidad se encuentra por encima de los límites permisibles del reglamento de aguas residuales. Éstos pueden ser eliminados con una trampa de grasa o utilizando un procedimiento de absorción de la grasa.

Dentro del sistema de tratamiento en Gentrac, se utiliza un procedimiento para eliminar las grasas y aceites, el cual consiste en la diferencia de densidades que existe entre el agua y el aceite, por lo que, el agua al ser más densa que el aceite o la grasa, queda abajo y la grasa flota y luego, por rebalse el agua pasa a los siguientes tanques y la grasa es absorbida por medio de unas almohadillas que girarán alrededor de los tanques absorbiendo la grasa.

A continuación se muestra una fotografía del sistema eléctrico de absorción de grasa realizado en una maqueta para incluirlo en el sistema de tratamiento de agua de Gentrac.:

Figura 3. Sistema de limpieza de grasa



El sistema de tratamiento de agua se evaluó realizando las pruebas respectivas en una maqueta realizada antes de iniciar la construcción del sistema. Las pruebas que se realizaron consistieron en preparar una muestra de agua con aceite y lodo, para poder evaluar la separación de éstos. A continuación se muestran las fotografías realizadas durante la evaluación del sistema de tratamiento por medio de una maqueta:

Figura 4. Pruebas realizadas en maqueta



Figura 5. Diferencia de densidades



4. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

4.1 Metodología

4.1.1 La implementación del sistema de tratamiento de agua residual dentro de la empresa de maquinaria pesada en el área de mantenimiento, se basó en los resultados obtenidos durante la fase de investigación.

4.1.2 En conjunto con el Arq. Oscar Vielman y la constructora DICOVI, se construyó el sistema de tratamiento de agua residual según las necesidades de la empresa, para lo cual, se utilizaron los criterios de las etapas de tratamiento preliminar y primaria.

4.1.3 Se supervisó la construcción del sistema de tratamiento de agua en el área de mantenimiento dentro de la empresa.

4.1.4 Al terminar el sistema de tratamiento de agua, se volvió a tomar muestras de agua y se enviaron al Laboratorio Ecoquimsa para ser analizadas nuevamente bajo las mismas condiciones.

4.1.5 Al obtener los resultados del agua tratada, se realizó el análisis correspondiente del afluente y efluente del agua dentro del sistema de tratamiento.

4.1.6 A partir de los resultados obtenidos se determinó el porcentaje de remoción para cada contaminante principal del agua residual de Gentrac con el sistema de tratamiento de agua ya implementado. El porcentaje de remoción se calculó a partir de la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Remoción} = \frac{\text{Valor}_{\text{entrada}} - \text{Valor}_{\text{salida}}}{\text{Valor}_{\text{entrada}}} \times 100 \quad (\text{Ec. 1})$$

4.1.7 Se compararon los resultados obtenidos con lo establecido por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y se interpretó cada parámetro analizado en el análisis de agua.

4.1.8 Se realizó una descripción específica del funcionamiento completo del sistema de tratamiento de agua dentro de Gentrac.

4.2 Resultados

4.2.1 Construcción y supervisión del sistema de tratamiento de agua dentro de la empresa en el área de mantenimiento

El problema fundamental es la contaminación a la Cuenca del Lago de Amatitlán, en la cual, la empresa Gentrac contribuye en gran parte, ya que existe dentro de la empresa un área específica de lavado para entrega de maquinaria, las cuales contienen grasas, lodos, sólidos, etc. y al momento de lavar las máquinas, esta agua residual llega al Río Villalobos el cual desemboca en el Lago de Amatitlán.

El sistema de tratamiento de aguas residuales se realizó en base a las condiciones de la empresa y de los resultados obtenidos en el análisis de agua realizado por el laboratorio Ecoquimsa.

Para solucionar este problema, se implementó junto con el Arq. Oscar Vielman y la constructora DICOVI, un sistema de tratamiento de agua adecuado según las necesidades de la empresa, el cual pueda disminuir los contaminantes que contiene el agua utilizada en el lavado de máquinas y además lograr reutilizar el agua para poder optimizar y cuidar los recursos naturales.

Los planos realizados por el Arq. Oscar Vielman muestran los detalles y análisis de la planta acotada en secciones, la estructura, la distribución de las áreas de fundición, los detalles de baranda, los drenajes y la distribución de los rieles (ver Anexos).

Toda la construcción fue supervisada y trabajada en base al cronograma de trabajo establecido para cumplir con lo propuesto en el tiempo indicado, el cual se realizó durante los meses de febrero y marzo de 2006 (Ver anexos).

4.2.2 Cálculo del porcentaje de remoción para cada contaminante presente en el agua residual de Gentrac

Con los resultados obtenidos al inicio y al final de la implementación del sistema de tratamiento de agua, y sustituyendo en Ec. 1, se obtuvo el porcentaje de remoción para cada contaminante:

Tabla III. Análisis de los contaminantes principales del agua residual de Gentrac comparado con el Acuerdo Gubernativo No. 66-2005

Contaminantes	Acuerdo Gubernativo para el año 2008	Resultados del Afluente en Gentrac	Resultados del Efluente en Gentrac	Remoción (%)
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	120	1148	142	87,63
Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	300	1800	450	75,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	200	120	108	10,00
Grasas y Aceites (mg/L)	30	162	41	74,69

Fuente: Acuerdo Gubernativo No. 66-2005 del Reglamento de Descargas de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores. Laboratorio Ecoquimsa (Ver anexos). Muestra de Cálculo (Ver apéndice A).

Tabla IV. Resultados de los parámetros de diseño para el sistema de tratamiento de aguas residuales en Gentrac

Parámetro	Resultados del Afluente en Gentrac	Resultados del Efluente en Gentrac
pH (unidades)	8,75	8,30
Caudal (L/s)	0,46	0,50
Temperatura (°C)	20,7	21,5

Fuente: Análisis realizado dentro de la empresa.

4.2.3 Descripción y funcionamiento del sistema de tratamiento de agua dentro de la empresa de maquinaria pesada en el área de mantenimiento

El área de mantenimiento dentro de la empresa, es un área especial de lavado de máquinas, en la cual únicamente se lava la maquinaria ya para entrega al cliente, por lo que esta maquinaria, contiene poca cantidad de sólidos, los cuales son generalmente lodos. El área cuenta con un espacio de 16 x 18 m. (Ver anexos) y en dicha área se implementó el sistema de tratamiento de agua. Se lavan aproximadamente 5 máquinas diarias las cuales llevan lodos y grasas principalmente debido al trabajo que realizan y a derrames por fugas.

4.2.3.1 Rejilla

Se colocó una rejilla de metal (para su fácil limpieza y mantenimiento) como primer paso, para que deje pasar únicamente el agua y la grasa que contengan las máquinas hacia una rampa, y así quede del otro lado los sólidos y éstos puedan ser fácilmente de desechar. El lodo recuperado se colocará en bandejas especiales para quitarle la mayor humedad posible y luego será desechado.

4.2.3.2 Rampa

El sistema de tratamiento consiste en una rampa de 3 x 12,20 m. y profundidad de 2,5 m. con superficie ranurada y rodamientos de acero, para poder tener un mantenimiento fácil permitiendo la entrada de maquinaria Caterpillar para recoger el sedimento (Ver anexos).

La rampa tiene como objetivo, que los desechos sólidos que hayan pasado a través de la rejilla, queden en el fondo logrando así la sedimentación y con ésta la disminución de los valores de DQO y los Sólidos Suspendedos Totales.

4.2.3.3 Tanques

El sistema cuenta con tres tanques de concreto reforzado que miden cada uno 3 x 5,50 m. y con una profundidad de 2,5 m. (Ver anexos). La función de éstos es por medio de rebalse y consiste en dejar pasar en el primer tanque parte de grasa flotante hacia el segundo tanque, luego del segundo tanque (donde ya hay menos grasa), pase lo mínimo de grasa que resta hacia el tercero.

El agua por rebalse pasará de un tanque a otro, y después del tercero, el agua llega por medio de una tubería a una caja de registro y luego se transporta hacia una cisterna, en donde, al alcanzar cierto nivel, el agua regresa y ya puede ser desechada sin problema o volver a utilizarla bombeándola desde la cisterna.

4.2.3.4 Sistema de limpieza de grasa

Para disminuir la cantidad de grasas y aceites que contiene el agua residual de Gentrac, se implementó un sistema eléctrico de absorción de grasa, el cual consiste en colocar unas medias absorbentes (sugeridas por Caterpillar), debido a su alta capacidad de absorción, las cuales por medio de un motor y una polea girarán encima de los tanques absorbiendo la grasa que haya quedado; dichas medias pasarán por un rodillo, donde se exprimirán y la grasa caerá a un tonel, el cual recuperará la mayor cantidad de grasa y al llegar a cierto nivel, se cambiará.

La disposición final de la grasa será operada por la empresa Ecotermo, la cual es certificada por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, como empresa encargada de desechos.

A continuación se muestran las fotografías durante la fase de construcción del sistema de tratamiento de agua en el área de mantenimiento dentro de Gentrac:

Figura 6. Drenaje antes de la construcción



Figura 7. Área de lavado de máquinas



Figura 8. Construcción de la rampa



Figura 9. Tubería dentro del sistema



Figura 10. Reforzamiento de los tanques



Figura 11. Tres tanques de cemento



Figura 12. Sistema construido



Figura 13. Sistema de tratamiento de agua



4.3 Discusión de resultados

4.3.1 Interpretación de resultados del efluente del sistema de tratamiento de agua en Gentrac

Los resultados del análisis de agua después de haber implementado el sistema de tratamiento de agua, fueron a partir de una muestra compuesta de agua, manteniéndolas a temperatura de 5°C y utilizando recipiente de vidrio. El muestreo se realizó el día 5 de Octubre de 2006 y el análisis fue realizado por el laboratorio Ecoquimsa (Ver anexos).

4.3.1.1 Caudal

En el día analizado, el caudal de agua fue de **0,50 L/s**. El flujo de agua utilizado diariamente dentro del área de lavado de máquinas es aproximadamente constante, debido a que no existió mayor variación entre el análisis realizado al inicio y el análisis realizado con el agua tratada.

El sistema de tratamiento de agua, cuenta con una cisterna, la cual ayuda a mantener una cantidad de agua y al llegar a cierto nivel, ya sale por medio de la tubería hacia el barranco manteniendo aproximadamente el mismo flujo de salida.

4.3.1.2 Temperatura

La temperatura del agua residual de Gentrac tuvo un valor promedio de **21,5°C**. El rango de temperaturas muestra temperaturas adecuadas al ambiente y muy similares al día analizado antes de tratar el agua.

4.3.1.3 pH

El pH se midió utilizando un potenciómetro, el cual fue de **8,30 unidades**. Este valor indica si el agua se encuentra muy ácida o básica. El agua residual de Gentrac se encuentra entre los niveles permisibles del reglamento, es decir, que es aceptable dicho valor, además tuvo una mínima variación con el análisis realizado antes del tratamiento.

4.3.1.4 Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Después de ser tratada el agua, el valor promedio de SST de la muestra tomada fue de **142 mg/L**. Debido a que este tipo de sólidos está asociado particularmente a los sedimentos y lodos, siendo éstos sólidos fácilmente sedimentables, fue posible bajar el valor de este parámetro por medio de la sedimentación.

Este valor se encuentra por encima de los límites permisibles que establece el reglamento, sin embargo, se espera que para el año 2008 ya se obtenga el resultado exigido por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales al obtener un mayor porcentaje de sedimentación, para lo cual se seguirá monitoreando el análisis de agua. Si no es posible una mayor disminución en los resultados, se sugiere utilizar floculantes.

4.3.1.5 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

El valor de DQO después de ser tratada el agua fue de **450 mg/L**. El valor obtenido, disminuyó, pero aún se encuentra por encima de los valores tolerados por la legislación ambiental del país. El valor disminuyó debido a que los sólidos en suspensión y sedimentables fueron filtrados a través de una rejilla y sedimentados, sin tener necesidad de utilizar procesos de coagulación y floculación.

Sin embargo, al igual que los sólidos suspendidos totales, si no se logra un mayor porcentaje de remoción, se sugiere utilizar floculantes.

4.3.1.6 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

El valor de DBO después de ser tratada el agua fue de **108 mg/L**. El resultado continúa dentro de los límites aceptables por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. El resultado disminuyó respecto al análisis realizado antes de tratar el agua, ya que por medio de la sedimentación, el valor de DBO disminuye en una mínima cantidad. Este sistema cuenta con niveles bajos de materia orgánica biodegradable, por lo tanto, no se considera contaminante y no es necesario emplear un método para tratar dicho parámetro, así como no fue necesaria la utilización de los criterios de la etapa secundaria del tratamiento de agua, los cuales consistían en la disminución de materia orgánica biodegradable.

4.3.1.7 Grasas y aceites

El valor de las grasas y aceites después de ser tratada el agua fue de **41 mg/L**. Esta cantidad se encuentra por encima de los límites permisibles del reglamento de aguas residuales. Se espera que continúe bajando con el sistema eléctrico de limpieza de grasa, de lo contrario, se utilizará otro mecanismo o trampa de grasa. Otra solución podría ser las variables de tiempo de las almohadillas, monitorear el tiempo de residencia para llegar al óptimo.

4.3.2 Análisis del porcentaje de remoción para cada contaminante

4.3.2.1 Sólidos Suspendidos Totales

Los sólidos suspendidos totales tuvieron un 87,63% de remoción, lo cual se considera aceptable, sin embargo, como ya se mencionó anteriormente, aún permanece por encima de lo establecido por el reglamento. Se espera que el resultado disminuya en los próximos análisis de agua, de lo contrario se procederá a utilizar floculantes para obtener un mayor porcentaje de sedimentación.

4.3.2.2 Demanda Química de Oxígeno

El porcentaje de remoción fue de 75%, al igual que los sólidos suspendidos totales, este porcentaje se considera aceptable, pero aún permanece fuera de los límites permisibles por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Se tratará de igual manera, se continuará el monitoreo de muestras y si no disminuye, se considerará la utilización de floculantes para obtener una mejor sedimentación.

4.3.2.3 Demanda Bioquímica de Oxígeno

El valor de DBO permaneció dentro de los límites permisibles según el Acuerdo Gubernativo No. 66-2005. El porcentaje de remoción fue de 10% debido a que no hubo mayor variación entre las dos muestras tomadas de agua. Por lo tanto, no es considerado contaminante en este tipo de agua residual, ya que cuenta con bajo contenido de materia orgánica biodegradable.

4.3.2.4 Grasas y aceites

El porcentaje de remoción de las grasas y aceites fue de 74,69%, el cual se considera aceptable, sin embargo aún continúa el monitoreo de muestras con el sistema de limpieza y absorción de grasas.

Si el valor de las grasas y aceites continúa fuera de los límites permisibles según el reglamento, es necesaria la utilización de diferentes trampas de grasas. Las grasas y aceites son contaminantes del agua que no sólo afectan el medio donde se descargan (lo cual sería suficiente), sino que afectan los conductos y drenajes, así como las plantas de tratamiento de aguas residuales.

4.3.3 Análisis de la implementación del sistema de tratamiento de agua en el área de mantenimiento dentro de la empresa de maquinaria pesada

En el sistema de tratamiento de agua implementado, únicamente se utilizaron los principios y criterios de la etapa preliminar y la etapa primaria, debido a los resultados del análisis de agua, ya que dichos resultados se pueden disminuir a partir de que los contaminantes son sólidos fácilmente sedimentables y que no existe materia orgánica biodegradable.

Con los resultados del porcentaje de remoción obtenidos en los contaminantes principales del análisis de agua, se puede determinar que el sistema de tratamiento de agua implementado fue exitoso, debido a que los parámetros se encuentran muy cerca de cumplir con lo establecido según el Acuerdo Gubernativo No. 66-2005, para lo cual todavía se espera disminuir aún más los resultados para que éstos puedan llegar a cumplirse en el año 2008.

Los análisis de temperatura, pH y caudal del agua analizada, se mantuvieron aproximadamente constantes, ya que no existió una fuerte variación entre los análisis realizados antes de iniciar el tratamiento de agua y los análisis realizados después de implementar el sistema de tratamiento de agua.

Debido a que el sedimento que se obtiene es lodo y sólidos, no se necesita de floculantes, ya que son sólidos fácilmente sedimentables; por lo tanto, únicamente se utilizará una rejilla y una rampa para poder disminuir la cantidad de sólidos suspendidos totales. Sin embargo, no se descarta la posibilidad de utilizar floculantes más adelante dependiendo de los resultados que se obtengan durante el monitoreo de las muestras de agua.

Los valores de DQO y de los Sólidos Suspendidos Totales, se disminuirán a partir de la sedimentación, ya que se necesita disminuir el contenido de materia orgánica no biodegradable desestabilizando las cargas orgánicas de la materia orgánica en suspensión para que sean fácilmente filtrables o sedimentables. Las grasas y aceites disminuirán con el sistema eléctrico de limpieza y absorción de grasa. El valor de DBO se mantuvo dentro de los límites permisibles, por lo que no se considerará como contaminante a tratar.

Se analizó que es necesaria la inversión en químicos especiales como alguicidas, para evitar el crecimiento de algas, para lo cual, se trabajará con la empresa Alkemy, quien brindará la asesoría y los productos necesarios para el mantenimiento del agua dentro del sistema de tratamiento.

El proyecto final tuvo aceptación por parte de todos los involucrados, ya que se obtuvo un alto porcentaje de remoción por cada contaminante en el agua residual, sin embargo, aún no cumple con lo establecido por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, por lo que es necesario seguir monitoreando las muestras de agua y tomar en cuenta las recomendaciones propuestas.

5. FASE DE DOCENCIA

5.1 Metodología

5.1.1 Se determinaron a las personas involucradas en el mantenimiento y uso del sistema de tratamiento de agua para impartirles la capacitación establecida.

5.1.2 Se les dio una capacitación a cinco operarios acerca del mantenimiento del sistema y además se les inculcó la importancia de la educación ambiental, así como los impactos negativos de la contaminación de la Cuenca del Lago de Amatitlán.

5.1.3 Se obtuvieron resultados satisfactorios por parte de los operarios participantes en una evaluación realizada para determinar el porcentaje de atención por parte de ellos.

5.2 Resultados

Durante la fase de docencia, se capacitó a cinco operarios del área de lavado de máquinas, con una duración de 20 horas repartidas en 5 días. Los temas impartidos fueron:

- Contaminación industrial
- Importancia del agua
- Impactos negativos causados por la contaminación del Lago de Amatitlán
- Etapas del Tratamiento de agua
- Aguas Residuales
- Uso y mantenimiento del sistema de tratamiento de agua dentro de la empresa
- El compromiso de la empresa ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

5.3 Discusión de resultados

Los resultados obtenidos en dicha capacitación fueron satisfactorios, debido a que la inducción fue realizada con diapositivas y luego se les dio un repaso antes de que hicieran la evaluación respectiva.

Además, se presentaron ejemplos y fotos de la contaminación del Lago de Amatitlán, en la cual se les informó sobre la importancia y belleza del Lago, así como la necesidad de poder contar con agua limpia.

En dicha evaluación, se obtuvo un promedio del 75% de comprensión por parte de los operarios involucrados acerca de los temas impartidos. (Ver Apéndice B).

No se logró obtener un 100% de comprensión, debido a que dichos operarios no conocían nada acerca de los temas impartidos, ya que se les presentó una serie de preguntas verbales básicas y no tenían conocimiento alguno acerca de estos temas.

Pusieron su mayor esfuerzo y dedicación, ya que se mostraron motivados debido al material didáctico utilizado, cumpliendo con los objetivos previstos para dicha capacitación.

Se espera que dichos operarios pongan en práctica lo aprendido y sean ellos mismos los que puedan informar a los de su alrededor acerca de la importancia vital del agua y la problemática que acarrea la contaminación hacia el Lago de Amatitlán.

Ellos son ahora los responsables del mantenimiento del sistema de tratamiento de agua dentro de Gentrac, ya que también fueron capacitados para dicho mantenimiento y el uso adecuado del sistema para obtener resultados satisfactorios.

CONCLUSIONES

1. Se implementó el sistema de tratamiento de agua dentro de la empresa de maquinaria pesada, en el área de mantenimiento, el cual remueve un alto porcentaje de los contaminantes principales.
2. Los contaminantes principales del agua residual de Gentrac son: los Sólidos Suspendidos Totales, la Demanda Química de Oxígeno y las Grasas y Aceites.
3. Los resultados del análisis de agua indican al inicio que los contaminantes existentes se encuentran fuera de los Límites Máximos Permisibles, según el Acuerdo Gubernativo No. 66-2005 del Reglamento de Descargas de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores.
4. El sistema de tratamiento de agua fue realizado de acuerdo con los criterios de la etapa preliminar y la etapa primaria para reducir los contaminantes principales, utilizando la separación de sólidos, sedimentación, flotación, absorción de grasa.

5. Los resultados del análisis de agua tratada a partir del sistema de tratamiento implementado, fueron satisfactorios debido a la disminución de los valores en los parámetros analizados y su alto porcentaje de remoción por cada contaminante.

6. Cinco operarios fueron capacitados con los temas de: Contaminación Industrial, Impactos negativos causados por la contaminación del Lago de Amatitlán, uso y mantenimiento del sistema y el compromiso de la empresa ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales; dicha capacitación tuvo una duración de 20 horas repartidas en 5 días.

RECOMENDACIONES

Para evitar la contaminación o los altos niveles de contaminación en el cuerpo receptor y para un óptimo funcionamiento del sistema de tratamiento de agua, se sugiere:

1. Revisar periódicamente la disposición final de los sólidos, en la rampa utilizada en el sistema de tratamiento, para que no existan riesgos de derrames o filtraciones al cuerpo receptor.
2. Continuar con el monitoreo de muestras de agua muestreando en cada tanque llevando un estricto control de los resultados.
3. Evaluar el funcionamiento de la rejilla utilizada en el sistema y tomar en cuenta la probabilidad de sustituir ésta por una rejilla vertical para facilitar la limpieza y su mantenimiento.
4. Tomar en cuenta la producción más limpia, la cual comienza en utilizar un lugar donde se pueda quitar la mayor cantidad de lodo a la maquinaria, antes de enviarla al área de lavado y utilizar menor cantidad de agua por máquina, para obtener menor volumen de agua a tratar y así sea más eficiente y rápido el tratamiento.

5. Contratación de técnicos en Seguridad e Higiene que hagan cumplir las normativas de seguridad periódicamente y el compromiso del mantenimiento del sistema de tratamiento.
6. Tomar en cuenta la necesidad de utilizar químicos, como alguicidas, para evitar el crecimiento de algas dentro del sistema de tratamiento de agua.
7. Revisión del sistema de tratamiento de agua por parte de un Ingeniero Sanitario o experto en el tema cada seis meses aproximadamente.
8. El personal capacitado deberá seguir capacitando a otras personas para poder contar con mayor cantidad de operarios que tengan conocimiento acerca de la educación ambiental.

BIBLIOGRAFÍA

1. Grant, David. **Microbiología Ambiental**. España: Editorial Acribia S.A., 1989. 450pp.
2. Hernández, J. Evaluación de 3 metodologías para reducir los niveles de Contaminantes en efluentes de tratamiento primario de las aguas residuales. (Trabajo de Graduación, Universidad EARTH). Costa Rica: 2000. 85pp.
3. Metcalf, Eddy. **Ingeniería Sanitaria, Tratamiento, Evacuación y Reutilización de aguas industriales**. España: Editorial Labor S.A., 1985. 225pp.
4. Ministerio de Ambiente y Recursos Ambientales (MARN). ACUERDO GUBERNATIVO No. 66-2005. **Reglamento de Descargas de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores**. Guatemala, 17 de Febrero del 2005.
5. Salgot, M. Depuración de aguas residuales municipales con humedales artificiales. Tesis. Instituto catalán de tecnología, Universidad politécnica de Cataluña Master en ingeniería y Gestión ambiental. Barcelona, España. 1999. 123pp.
6. Seoanez Calvo, Mariano. **Aguas Residuales Urbanas. Tratamientos Naturales de bajo costo y aprovechamiento**. (Curso de tratamiento de aguas, Tomo II). España: Editorial Ediciones MUNDI-PRENSA. 485pp.

APÉNDICE

A. Muestra de Cálculo

A partir de la Ec. 1 y los resultados del análisis de agua al inicio y al final de la implementación del sistema de tratamiento de agua dentro del área de lavado de máquinas, se calcularon los porcentajes de eficiencia para cada parámetro fisicoquímico de la siguiente forma:

$$\% \text{ Remoción} = \frac{\text{Valor}_{\text{entrada}} - \text{Valor}_{\text{salida}}}{\text{Valor}_{\text{entrada}}} \times 100 \quad (\text{Ec. 1})$$

A.1 Sólidos Suspendidos Totales (SST):

Sustituyendo en Ec. 1 para los SST, se obtiene:

$$\% \text{ Remoción} = \frac{1148 - 142}{1148} \times 100$$

$$\% \text{ Remoción} = \mathbf{87,63}$$

A.2 Demanda Química de Oxígeno (DQO):

Sustituyendo en Ec. 1 para la DQO, se obtiene:

$$\% \text{ Remoción} = \frac{1800 - 450}{1800} \times 100$$

$$\% \text{ Remoción} = \mathbf{75,00}$$

A.3 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):

Sustituyendo en Ec. 1 para la DBO, se obtiene:

$$\% \text{ Remoción} = \frac{120 - 108}{120} \times 100$$

$$\% \text{ Remoción} = \mathbf{10,00}$$

A. 4 Grasas y aceites:

Sustituyendo en Ec. 1 para las grasas y aceites, se obtiene:

$$\% \text{ Remoción} = \frac{162 - 41}{162} \times 100$$

$$\% \text{ Remoción} = \mathbf{74,69}$$

B. Evaluación realizada durante la fase de docencia

FORMATO No. 1

EVALUACIÓN

Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales

Nombre: _____

1. ¿Cuáles son los tipos de Aguas Residuales que existen?
2. Mencione las etapas de Tratamiento de Agua.
3. ¿Qué etapas se utilizan en el sistema de tratamiento de agua dentro de la empresa?
4. Indique tres usos o beneficios del agua potable.

ANEXOS

A continuación aparecen los resultados del análisis de agua, dibujos, cronograma y planos utilizados para la implementación del sistema de tratamiento de agua, en el mismo orden en que aparecen:

- A.** Análisis de agua realizado por Ecoquimsa el 5 de Septiembre de 2005
- B.** Análisis de agua realizado por Ecoquimsa el 5 de Octubre de 2006
- C.** Dibujo de la vista en planta y dos cortes
- D.** Cronograma de trabajos
- E.** Plano de la planta acotada en secciones
- F.** Plano de estructura
- G.** Plano de distribución de áreas de fundición
- H.** Plano de barandas
- I.** Plano de drenajes
- J.** Plano de distribución de rieles



29 Calle 14-33, Zona 5
Tel: (502) 2362-2801
TELEFAX: (502) 2332-2589
E-mail: ecoquimsa@yahoo.es

INFORME DE ANALISIS

Datos del cliente:

Cliente: Gentrac
Responsable: Inga. Andrea Rodas
Dirección: 3 Av. 18-00 zona 12

Datos de la muestra:

Lugar de muestreo: Gentrac
Referencia cliente: Muestra única
Fecha de monitoreo: 05 de Septiembre de 2005
Tipo de muestra: Agua Residual
Código: EI2773
Lote: 1074

Muestra simple o compuesta: Compuesta
Responsable del muestreo: Ecoquimsa
Temperatura de almacenaje: 5 °C
Recipiente utilizado: Vidrio

Datos de laboratorio:

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 05 de Septiembre de 2005
Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 18:00
Fecha del informe: 12 de Septiembre de 2005

Análisis	Dimensional	Limite de detección	Resultado
pH	---	0.01	8.75
Demanda química de oxígeno	mg/l	10	1,800
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l	10	120
Sólidos sedimentables	ml/l	0.1	22
Sólidos en suspensión	mg/l	10	1148
Aceites y grasas	mg/l	5	162

mg/l: miligramos por litro = ppm: partes por millon

Nota: Los presentes resultados son validos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.
Metodología utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition 1998


Laboratorio ECOQUIMSA
Lic. CARLOS RODOLFO GIRON CORZO
QUIMICO FARMACEUTICO
COLEGIADO No. 2265



29 Calle 14-33, Zona 5
Tel.: (502) 2362-2801
TELEFAX: (502) 2332-2589
E-mail: ventasecoquimsa@yahoo.es

INFORME DE ANALISIS

Datos del cliente:

Cliente: Gentrac
Responsable: Inga. Andrea Rodas
Dirección: 3 Av. 18-00 zona 12

Datos de la muestra:

Lugar de muestreo: Planta de tratamiento Gentrac
Referencia cliente: Muestra única
Fecha de monitoreo: 05 de octubre del 2006
Tipo de muestra: Agua residual de tipo especial
Código: FJ4412
Lote: 1629

Muestra simple o compuesta: Compuesta
Responsable del muestreo: Cliente
Temperatura de almacenaje: 5°C
Recipiente utilizado: Vidro

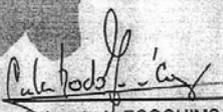
Datos de laboratorio:

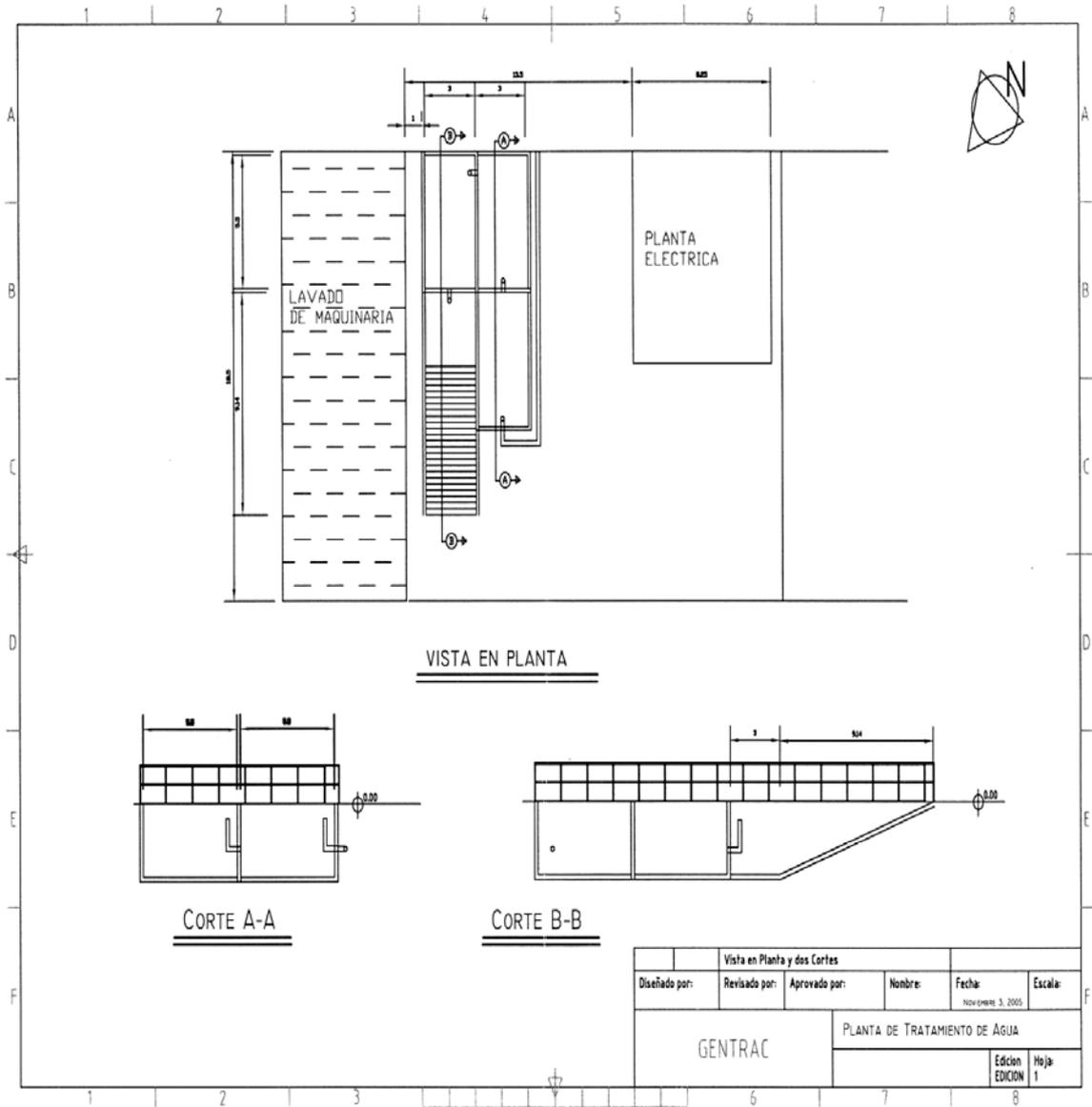
Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 05 de octubre del 2006
Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 11:00
Fecha de informe: 10 de octubre del 2006

Análisis	Dimensional*	Límite de detección	Resultados
Demanda química de oxígeno	mg/l - O ₂	10	450
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l - O ₂	10	108
Sólidos en suspensión	mg/l	10	142
Aceites y Grasas	mg/l	5	41

* mg/l: miligramos por litro = ppm; partes por millón.

Nota: Los presentes resultados son validos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.
Metodología utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition 1998.


Laboratorio ECOQUIMSA
Lic. CARLOS RODOLFO GIRON CORZO
QUIMICO FARMACEUTICO
COLEGIADO No. 2265

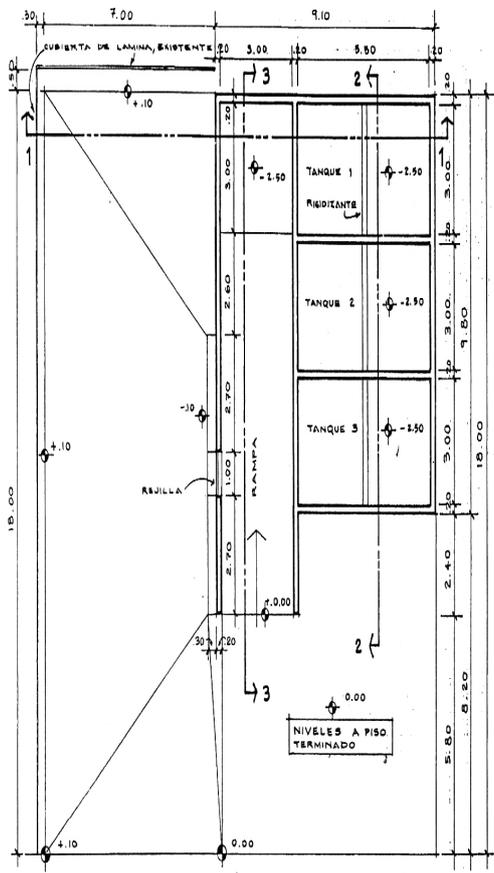


CRONOGRAMA DE TRABAJOS
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS

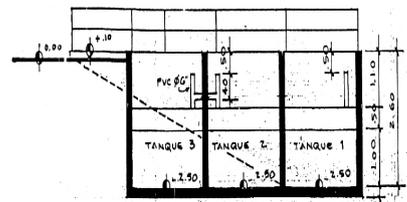
FASES	CALENDARIO FEBRERO 2006																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
trazo para excavación	■																											
demolicion		■	■																									
excavacion					■	■	■	■	■																			
movimiento de tierra					■	■	■	■	■	■																		
nivelacion de piso y muros de tierra																												
caja de registro																												
tuberias																												
armaduras																												

FASES	CALENDARIO MARZO 2006																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
riales de rampa	■	■	■																												
copias PVC rebases																															
bases para barandas																															
formaletas					■	■	■	■	■	■																					
fundiclon																															
desformaletar																															
acabados																															
fabricacion y colocacion de barandas																															
colocacion de rebases																															
fraguado																															
llenado																															

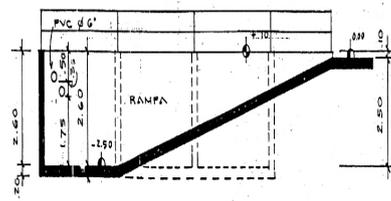
OBSERVACIONES:



PLANTA ACOTADA ESCALA 1/75

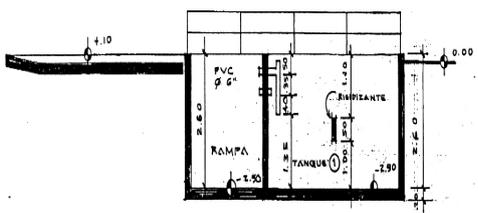


SECCION 2-2 ESC. 1/75



SECCION 3-3 ESC. 1/75

VER DETALLES DE	HOJA N.
REDANDES	5
DRENAJES	5
REJILLA	5
ESTRUCTURA	2
BARANDAS	4
RAMPANTE	2



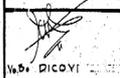
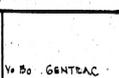
SECCION 1-1 ESCALA 1/75

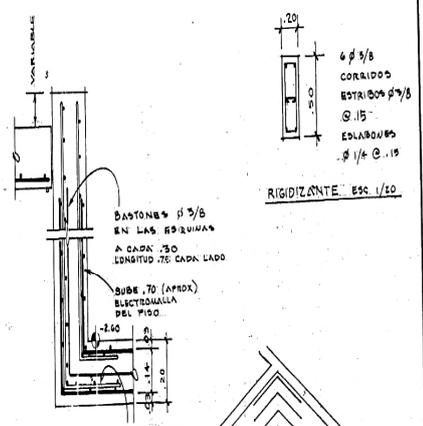
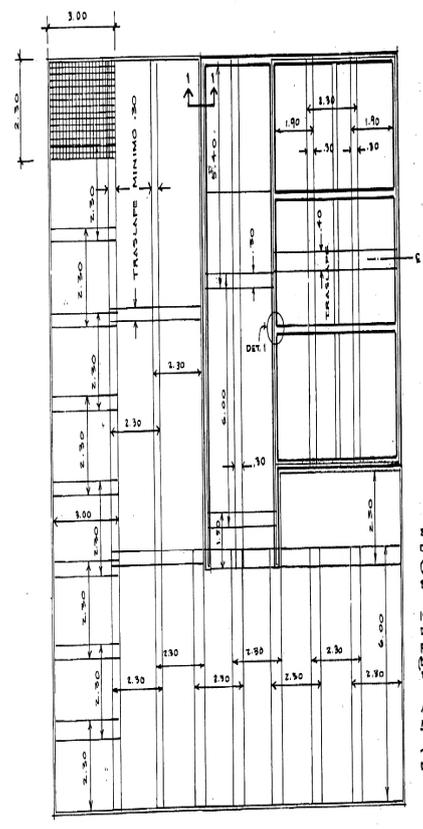
GENTRAC - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS

DIRECCION: CALLE 4A. AV. LAS BATRES 24-41 ED. N. 12

FECHA: 28/03/2005	PLANTA ACOTADA	HOJA N.
ESCALA: INDICADA	SECCIONES	1/6
TITULO: GENTRAC		

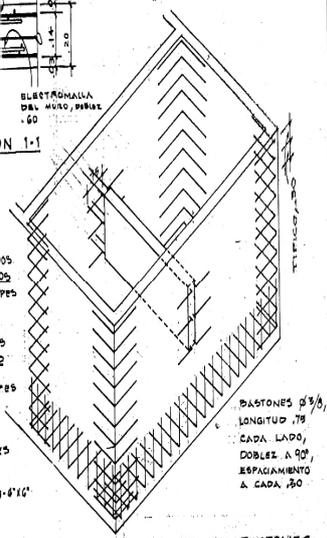
DISEÑO: GENTRAC / DICOVI



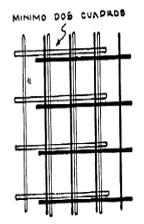
SECCION 1-1
ESQ. 1/10

527.10 METROS CUADRADOS DE ELECTROMALLA MUROS (DOBLE CAMA)+TRASLAPES 90 UNIDADES
 194.68 METROS CUADRADOS DE ELECTROMALLA DOS RAMPA Y TANQUES (DOBLE CAMA)+TRASLAPES 80 UNIDADES
 AREA DE LAVADO Y MANIOBRAS 17 UNIDADES
 TOTAL 67 UNIDADES DE ELECTROMALLA 4/4-6"10"

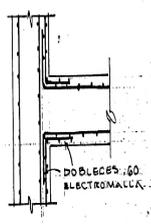


ISOMETRICO DISTRIBUCION DE BASTONES

DISTRIBUCION DE ELECTROMALLA 1/15



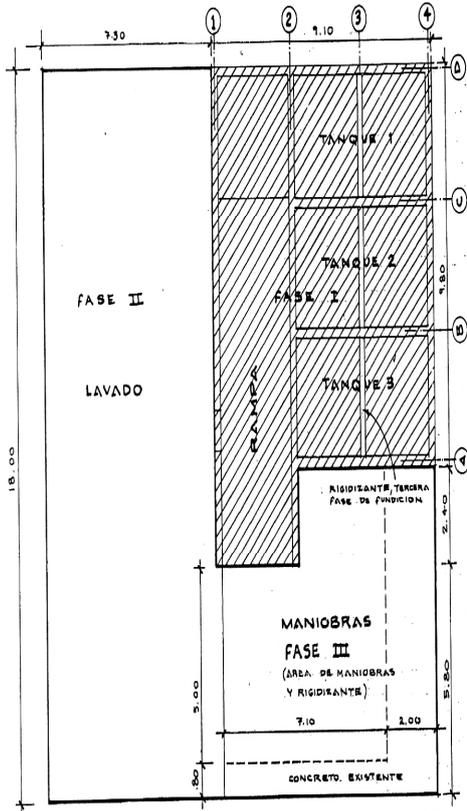
DETALLE DE TRASLAPE



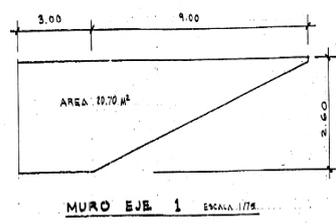
DETALLE 1

NOTAS:
 1. EL PISO Y LOS MUROS DE RAMPA Y TANQUES LLEVAN DOBLE CAMA DE ELECTROMALLA 4/4-6"10 CON RECUBRIMIENTO DE .025.
 2. TODAS LAS ESQUINAS Y UNIONES, PISO-MURO Y MURO-MURO CON BASTONES 3/8 C. 30 X 1.50 CON DOBLEZ A 90.
 3. EL PISO DE MANIOBRAS Y LAVADO UNA CAMA DE ELECTROMALLA 4/4-6"10 CON SEPARACION ENTRE BARRAS SUELO Y HIBERO DE .05 CMs. MAXIMO.

GENTRAC - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS	
DIRECCION: CALZADA AGUILAR ENTRE 34-21 ZONA 12	
FECHA: ENERO 80	HOJA N: 2/6
ESCALA: UNIFORME	ESTRUCTURA
DISEÑO: G. VILCHAU	
DIBUJO: GENTRAC / DICOVI	
18.89 / DICOVI	18.30 / GENTRAC

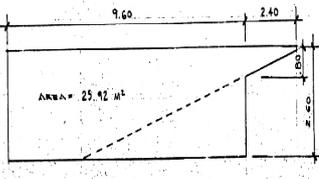


EJE	DIMENSION	METRO CUADRADOS	METROS CUBICOS	TOTAL METROS CUBICOS
①	VER DETALLE	22.70	4.14	81.08 M ³
②	VER DETALLE	25.92		
③	9.00 X 2.40 X 2.0	4.50		
A	9.50 X 2.40 X 2.0	24.96	2.94	TOTAL METROS CUADRADOS 412.64 M ²
B	5.50 X 2.40 X 2.0	14.30		
C	5.50 X 2.40 X 2.0	14.30		
D	9.10 X 2.40 X 2.0	23.64	4.73	
PISO DE TANQUES Y RAMPAS	9.10 X 9.80 X 0.15	89.18	9334	17.83
PISO DE LAVADO	5.40 X 2.40 X 2.0	8.16		1.67
PISO DE MANIOBRAS	7.30 X 18.00 X 0.15	131.40		31.85
	7.10 X 5.00 X 0.15	55.50	4126	8.25
	2.40 X 1.40 X 2.0	5.76		



TRES FASES DE FUNDICION (I-II-III) ESC. 1/75

NOTA:
EL AREA MARCADA (RAMPA Y TANQUES) SERA PRIMERA FASE DE FUNDICION, PISO Y MUROS EL MISMO DIA.
RESISTENCIA DEL CONCRETO, FC 4000 PSI.



MURO EJE 2 ESCALA 1/75

GENTRAC PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS

DIRECCION: CALZADA AGUILAR BATES - 24 - 41 - ZONA 12

FECHA: 1975	DISTRIBUCION DE AREAS DE FUNDICION	HOJA N.º 3
ESCALA INDICADA		6
DIBUJO: OVIDEADO		

DISEÑO: GENTRAC / DICQVI

Vo. Bo. DICQVI Vo. Bo. GENTRAC

