



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

"Diseño e Implementación de un Procedimiento de Control  
Operacional Ambiental en una Planta de Tratamiento de Aguas  
Residuales de una Operadora Portuaria"

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

Proyecto de Graduación

Previo la obtención del Título de:

**INGENIERA INDUSTRIAL**

Presentado por:

Konny Verónica Jordán Pacheco

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

Año: 2015

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por estar siempre a mi lado.

A Rosita por darme su tiempo y paciencia.

A mi Saith por ser mi razón de lucha.

A Freddy Fernando por su cariño y apoyo incondicional.

A mi mamá, mis hermanos y en especial al Ing. Cristian Arias por su guía en este proyecto.

## **DEDICATORIA**

A SAITH

A ROSITA

A MARCELO

A FREDDY O.

## **TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

---

Ing. Jorge Duque R.  
DECANO DE LA FIMCP  
PRESIDENTE

---

Ing. Cristian Arias U.  
DIRECTOR DEL TFG

---

Ing. Juan Calvo U.  
VOCAL

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido desarrollado en el presente Trabajo Final de Graduación me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

---

Konny Verónica Jordán Pacheco

## RESUMEN

Las empresas ecuatorianas actualmente están siendo más conscientes del aporte que se debe dar al cuidado del medio ambiente, y en referencia a la ciudad de Guayaquil, el gobierno municipal ha sido un ente regulatorio ideal para aumentar la concientización en las industrias.

En la Operadora Portuaria a analizar, la Planta de Tratamiento que receipta las aguas residuales producto del lavado de contenedores y, de diversos vehículos y equipos portuarios enfrenta resultados de Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno con valores fuera de los límites permisibles de la norma Tulsma, Libro VI, Anexo I, tabla 11 de Límites de Descarga al Sistema de Alcantarillado Público; entonces se buscó combinar sistemas para asegurar el mejoramiento de la calidad del efluente que se vierte al alcantarillado, ya que sus residuos no tratados adecuadamente pueden causar un impacto negativo en el ecosistema.

Por tal motivo se desarrolla el diseño e implementación de un procedimiento de control operacional ambiental en la planta de tratamiento de aguas residuales de

una operadora portuaria con el fin de estandarizar los procesos y cumplir con la regulación ambiental vigente acogiéndose además a la norma ISO 14001:2004. Teniendo como referencia la estrategia de Producción más Limpia se logra el cien por ciento del cumplimiento de la norma Tulsma, la reutilización total del agua residual tratada y una reducción de 50 por ciento en consumo de agua potable, obteniendo una mejora de procesos, optimización de recursos y la reducción de costos asociados.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN .....	II
ÍNDICE GENERAL.....	IV
ABREVIATURAS.....	VII
SIMBOLOGÍA.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
ÍNDICE DE PLANOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XIV
<b>CAPÍTULO 1</b>	
1. GENERALIDADES.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Objetivos.....	3
1.3 Estructura del Proyecto.....	4
1.4 Metodología.....	5
<b>CAPÍTULO 2</b>	
2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Procesos de tratamiento de aguas residuales.....	7

2.2 Producción más limpia.....	16
2.3 Indicadores de desempeño ambiental.....	20
2.4 Seguridad y salud ocupacional.....	22
2.5 Norma ISO 14001:2004.....	35
2.6 Norma ambiental de Tulsma.....	36
<b>CAPÍTULO 3</b>	
3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.....	39
3.1 Descripción general de la operadora portuaria.....	39
3.2 Diagnóstico inicial del sistema de tratamiento de aguas residuales.....	50
<b>CAPÍTULO 4</b>	
4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO DE CONTROL OPERACIONAL AMBIENTAL EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO.....	57
4.1 Procedimiento de control operacional ambiental en la planta de tratamiento.....	57
4.2 Implementación de procedimiento de control operacional ambiental en la planta de tratamiento.....	76
<b>CAPÍTULO 5</b>	
5. ANÁLISIS DE COSTOS E IMPACTO AMBIENTAL.....	95

**CAPÍTULO 6**

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....100

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

## ABREVIATURAS

ART	Análisis de Riesgos de Trabajo
BASC	Business Alliance for Secure Commerce - Alianza Empresarial para Comercio Seguro
DMA	Dirección de Medio Ambiente
EPP	Equipo de Protección Personal
LMP	Límites Máximos Permisibles
NTP	Nota Técnica de Prevención
OP	Operadora Portuaria
PBIP	Protección de Buques e Instalaciones Portuarias
PML	Producción más Limpia
PLC	Controlador Lógico Programable
PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
RTG	Rubber Tired Gantry - Grúa de pórtico con neumáticos de goma
SAE	Servicio de Acreditación Ecuatoriano
TULSMA	Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente

## SIMBOLOGÍA

$Al_2(SO_4)_3$	Sulfato de Aluminio
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
FEUS	Forty foot equivalent units - Contenedor de cuarenta pies
l	Litro
mg	Miligramo
mgO <sub>2</sub> /l	Miligramo de Oxígeno por litro
m	Metro
m <sup>2</sup>	Metro cuadrado
m <sup>3</sup>	Metro cúbico
m <sup>3</sup> /per	Metro cúbico por período
m <sup>3</sup> /cont	Metro cúbico por contenedor
pH	Potencial de Hidrógeno

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Metodología del proyecto.....	6
Figura 2.1	Proceso de aireación.....	12
Figura 2.2	Proceso de desarrollo sostenible .....	20
Figura 2.3	Aspectos ambientales de consumo .....	21
Figura 2.4	Aspectos ambientales de generación .....	22
Figura 2.5	Diagrama de espina para análisis de factores de riesgo.....	26
Figura 2.6	Ejemplo de cuestionarios de chequeo .. .....	27
Figura 2.7	Representación gráfica del riesgo .....	28
Figura 2.8	Metodología según ciclo Deming .....	35
Figura 3.1	RTG para transporte de contenedores .....	40
Figura 3.2	Estiba en bodega de buque .....	41
Figura 3.3	Organigrama de la empresa.....	44
Figura 3.4	Lavadora de contenedores .. .....	45
Figura 3.5	Revisión previo proceso de lavado .. .....	47
Figura 3.6	Producto de limpieza Figura .....	48
Figura 3.7	Equipo previo lavado .....	49
Figura 3.8	Planta de tratamiento de aguas residuales .....	50
Figura 3.9	Proceso inicial de tratamiento de agua residual .....	52
Figura 3.10	Lecho de secado de lodos .....	53
Figura 3.11	Tareas realizadas en PTAR .....	53
Figura 3.12	Valores iniciales de DQO en el agua residual.....	55
Figura 3.13	Valores iniciales de DBO en el agua residual .....	56
Figura 4.1	Proceso de Tratamiento de Aguas Residuales .....	62
Figura 4.2	PLC .....	69

Figura 4.3	Relé de nivel .....	70
Figura 4.4	Torre de aireación.....	72
Figura 4.5	Filtro de arena .....	73
Figura 4.6	Colorímetro portátil.....	74
Figura 4.7	Termostato .....	75
Figura 4.8	Tanques de paso de agua residual.....	78
Figura 4.9	Regulador de pH .....	79
Figura 4.10	Dosificadores de químicos.....	84
Figura 4.11	Sólidos Suspendidos Totales.....	85
Figura 4.12	Demanda Química de Oxígeno .....	86
Figura 4.13	Valores finales de Demanda Química de Oxígeno .....	87
Figura 4.14	Valores finales de Demanda Bioquímica de Oxígeno .....	87
Figura 4.15	ART con metodología NTP 330. ....	89

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Tratamiento de efluentes sin PML y con PML .....	18
Tabla 2	Determinación del nivel de deficiencia .....	31
Tabla 3	Determinación del nivel de exposición .....	32
Tabla 4	Determinación del nivel de probabilidad .....	32
Tabla 5	Significado de los niveles de probabilidad .....	33
Tabla 6	Determinación del nivel de consecuencias .....	34
Tabla 7	Determinación del nivel de riesgo .....	34
Tabla 8	Nivel de intervención .....	35
Tabla 9	Límites de descarga al sistema de alcantarillado público .....	38
Tabla 10	Personal de la empresa .....	43
Tabla 11	Caracterización inicial de agua residual .....	55
Tabla 12	Responsabilidades definidas para la PTAR .....	59
Tabla 13	Formato de registro de monitoreo interno de la PTAR.....	66
Tabla 14	Formato de control diario de operaciones de la PTAR .....	67
Tabla 15	Cronograma de capacitación .....	76
Tabla 16	Indicadores de reutilización de agua tratada .....	80
Tabla 17	Significado de indicadores utilizados .....	81
Tabla 18	Porcentajes de remoción obtenidas en Test de Jarras .....	83
Tabla 19	Caracterización final de agua residual .....	85
Tabla 20	Factor mecánico del ART de Operador I .....	90
Tabla 21	Factor físico del ART de Operador I .....	91
Tabla 22	Factor químico, biológico, ergonómico y psicosocial del ART de Operador I .....	92
Tabla 23	Factor mecánico y físico del ART de Operador II .....	93
Tabla 24	Factor químico, biológico, ergonómico y psicosocial del ART de Operador II .....	94

Tabla 25	Costos de inversión .....	95
Tabla 26	Costos operacionales.....	96
Tabla 27	Costo evitable .....	97
Tabla 28	Checklist de auditoría ambiental .....	99

## ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1	Mapa general de riesgos de la Operadora Portuaria
PLANO 2	Mapa de riesgos de la Lavadora de contenedores

## INTRODUCCIÓN

El proyecto se desarrolló en una operadora portuaria enfocándose principalmente en la mejora de su planta de tratamiento de aguas residuales.

En el capítulo 1 se toma como referencia la situación de la planta de tratamiento en cuanto a los valores de caracterización de agua residual que se descarga al sistema de alcantarillado público y se decide realizar el diseño e implementación de un procedimiento de control operacional ambiental a fin de mejorar la calidad del efluente.

En el capítulo 2 se revisa el marco conceptual en cuanto a los procesos de tratamiento de aguas residuales y aquellas herramientas utilizadas como Producción más limpia, norma ISO 14001-2004, Seguridad y Salud Ocupacional y normativas ambientales vigentes.

Brevemente en el Capítulo 3 se revisan los procesos que se efectúan en la empresa específicamente las tareas en el área de Lavado de equipos ya que de allí se emiten los residuos hacia la Planta de Tratamiento, se verifican las

operaciones y el tratamiento que se le da al agua residual antes de ser enviadas al alcantarillado público.

Con estos antecedentes en el capítulo 4 se decide realizar un Procedimiento de Control Operacional Ambiental en la planta de tratamiento para estandarizar la forma de operar la planta tanto como el tratamiento aplicado, estableciendo controles operativos que permitirán monitorear cuidando siempre el impacto ambiental, luego de la implementación se dejará el procedimiento al alcance de los involucrados en sitios estratégicos del área de trabajo.

En el capítulo 5 se analiza los costos tanto para los equipos de automatización y monitoreo como para el nuevo tratamiento de agua residual versus los beneficios por la implementación optada que incluirían minimización de costos y sanciones evitadas.

Con esta información en el capítulo 6 se tienen las conclusiones y recomendaciones del Procedimiento de Control Operacional Ambiental en la PTAR, dando como resultado la automatización de la planta y un mejoramiento máximo de calidad de efluente que permite estar dentro de los valores permitidos en cuanto a parámetros controlados, teniendo como valor agregado la reutilización del agua residual y reducción de recursos utilizados.

# **CAPÍTULO 1**

## **1. GENERALIDADES**

### **1.1 Antecedentes**

La empresa en estudio es una Operadora Portuaria que realiza servicios de almacenamiento, carga y descarga de contenedores, anteriormente manejaba su Planta de Tratamiento de Aguas Residuales por medio de una empresa externa y liberaba sus efluentes al Estero Salado; en el año 2012 la planta de tratamiento quedó inoperante debido al abandono del técnico encargado, por lo que la relación contractual no se finalizó de manera formal.

Posteriormente se buscó asesoría en temas tanto de análisis estructural como físico-químico, y se contrató a un externo para la administración de la PTAR, teniendo como finalidad, obtener parámetros menores a los Límites Máximos Permisibles que indica la normativa ambiental.

En el 2013 se gestiona la conexión a la red de alcantarillado público; sin embargo, la contratación externa no permite obtener resultados eficientes puesto que los valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno resultaban altamente superiores a los LMP; esto ocasionó inconvenientes con las autoridades municipales ya que se deben realizar reportes sobre la caracterización de los efluentes de la PTAR.

Para regular esta situación y en busca del cuidado de los recursos naturales, específicamente del agua, la empresa opta por implementar mejoras en la PTAR que cumplan lo urgentemente requerido y con esto surge la oportunidad de tener metodologías amigables con el medio ambiente que brindan un valor agregado a la gestión ambiental.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo general

Diseñar e implementar un Procedimiento de Control Operacional Ambiental en los procesos de una planta de tratamiento de aguas residuales para cumplir normativas ambientales logrando una eficiencia máxima y minimización de costos.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Mejorar la calidad del efluente generado de la PTAR para cumplir con parámetros establecidos en la Norma Ambiental vigente (Libro VI, Anexo I del Tulsma, tabla 11, Límite de descarga al Sistema de Alcantarillado Público).
- Implementar un sistema de automatización y mejora en los controles operativos de la PTAR.
- Optimizar la utilización de químicos en el tratamiento dado al agua residual que ingresa al Tanque de almacenamiento de 30.000 litros.

- Manejar equipos propios para el monitoreo y control de los parámetros normados del efluente antes de salir al cuerpo hídrico receptor.
- Estandarizar las operaciones de la PTAR mediante un procedimiento de control para mantener la calidad del efluente.

### **1.3 Estructura del Proyecto**

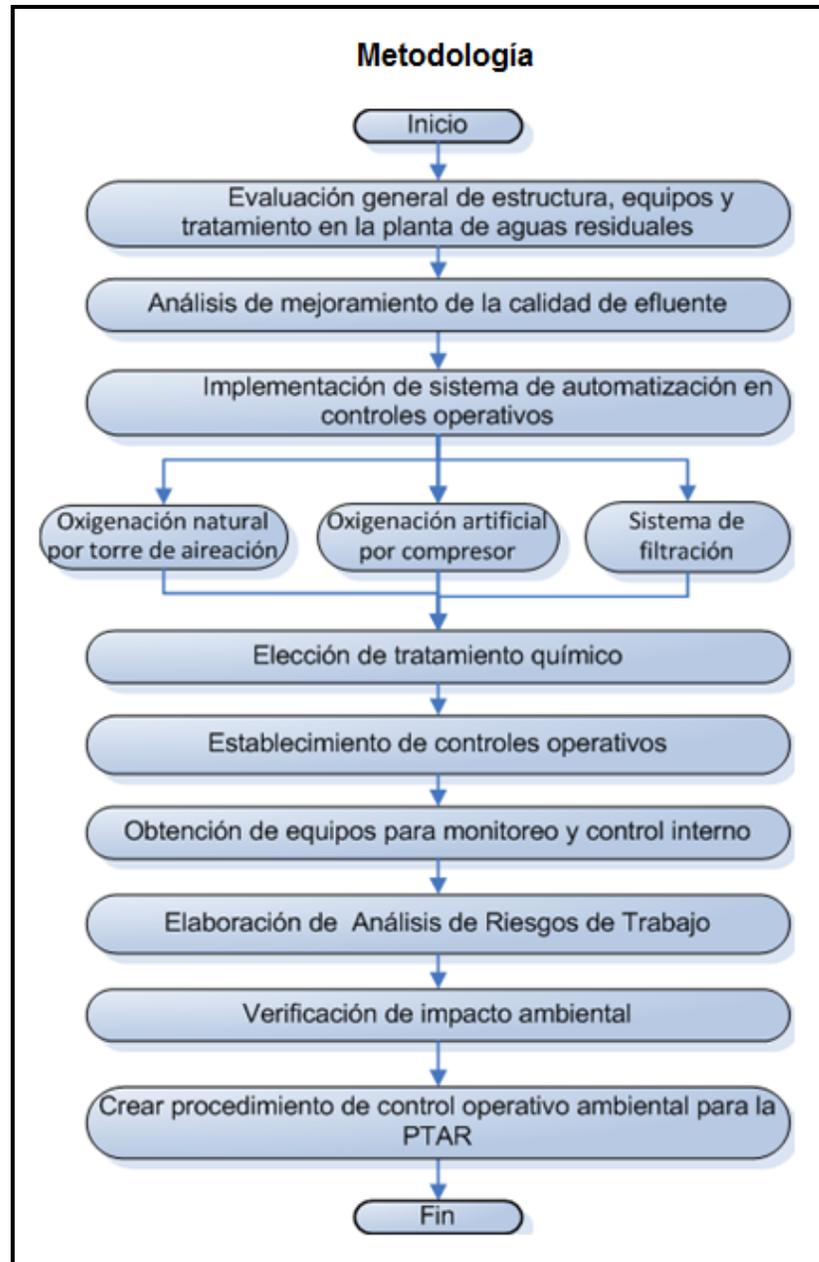
En los estudios preliminares de las posibles causas de los resultados fuera de cumplimiento de la normativa vigente, se observó que los datos obedecían inicialmente a la falta de tratamiento adecuado y a la falta de seguimiento al proceso de la operación normal de la planta.

Para realizar el procedimiento de control operacional de la PTAR, se efectuó la recopilación de datos, análisis de los resultados del laboratorio acreditado y la correlación de dichos parámetros con las operaciones de la lavadora de contenedores y equipos portuarios en conjunto con el tratamiento dado en la planta.

Se resuelve alinear el proyecto hacia la estrategia de Producción más limpia para mejorar la calidad del efluente del agua residual mediante medios viables para el medio ambiente, se generará la evaluación de los posibles sistemas a implementar que incluyen cambios estructurales y tratamientos físicos y químicos en la planta de tratamiento.

#### **1.4 Metodología**

Con la utilización de medios como entrevistas, inspecciones en el lugar de trabajo, registros y datos históricos; enmarcados en la situación de la necesidad de tener una solución inmediata se dispone realizar el proyecto con la metodología descrita posteriormente.



**FIGURA 1.1 METODOLOGÍA DEL PROYECTO**

# CAPÍTULO 2

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Procesos de tratamiento de aguas residuales

El tratamiento del agua se puede definir como el sistema para lograr una calidad de agua que cumpla con los objetivos específicos o normas establecidas por usuario final o una comunidad a través de sus agencias reguladoras.

En el tratamiento del agua, desinfección y oxidación química son reacciones comunes, las reacciones que implican la transferencia de electrones entre dos especies químicas se conoce como oxidación-reducción. En una reacción una especie se reduce o gana electrones y en otra, una especie se oxida o pierde electrones. Para obtener una

reacción de oxidación-reducción completa, es decir; un medio de reacción de oxidación y un medio de reacción de reducción se debe combinar (4).

En el ambiente, muchos contaminantes en el agua se eliminan gradualmente por origen natural físicas, químicas y procesos biológicos. En sistemas de ingeniería, los mismos procesos se llevan a cabo en tanques conocidos como reactores. La velocidad a la que ocurren estos procesos depende de los componentes que intervienen y condiciones en el reactor, incluyendo temperatura y características hidráulicas.

Los procesos de coagulación y floculación en el tratamiento del agua tienen vital importancia, la coagulación implica la adición de un coagulante químico para el propósito de acondicionamiento de la suspensión, fluido y materia disuelta para su posterior procesamiento por floculación o para crear las condiciones que permitan la posterior eliminación de partículas y materia disuelta.

La floculación es la agregación de partículas desestabilizadas, es decir; partículas de las que la carga eléctrica superficial se ha reducido y

productos de precipitación formados por la adición de coagulantes en partículas más grandes conocidas como partículas floculantes, estas partículas agregadas se pueden retirar sedimentación por gravedad, y filtración (4).

### **2.1.1 Coagulación**

El objetivo del proceso de coagulación depende de la fuente de agua, la naturaleza de la suspensión, y componentes orgánicos disueltos.

La coagulación mediante la adición de productos químicos tales como alumbre de hierro, sales y polímeros orgánicos pueden incluir:

- Desestabilización de pequeñas partículas suspendidas
- Adsorción de partículas de fluido
- Creación de floculante mezclando fluidos y material disuelto suspendido.

Coagulantes tales como sulfato de aluminio, cloruro férrico, y sulfato férrico se hidrolizan rápidamente cuando se mezclan con el agua a tratar (4).

### 2.1.2 Floculación

El propósito de floculación es producir partículas, por medio de la agregación, que pueden eliminarse por procedimientos de separación de partículas tales como sedimentación por gravedad y filtración.

Los tipos generales de floculación pueden ser:

- Microfloculación, donde la agregación de partículas se produce por el azar por movimiento térmico de las moléculas de líquido.
- Macrofloculación, donde la agregación de partículas se produce por la inducción de gradientes de velocidad y mezclado suave en el líquido que contiene las partículas.

Otra forma de macrofloculación se produce por sedimentación diferencial en el que las partículas grandes atrapan pequeñas partículas para formar partículas más grandes. Las partículas agregadas forman grandes masas conocidos como flóculos, y se asentarán relativamente de forma rápida o se eliminarán fácilmente del agua por filtración (4).

### **2.1.3 Sedimentación y filtración**

Si las aguas turbias se colocan en un tanque de reposo, con el tiempo el material en suspensión puede depositarse en el fondo del tanque. Las partículas se depositan separándose de la solución, ya que son lo suficientemente grandes como para asentarse por las fuerzas gravitacionales; esto se conoce como sedimentación.

En la etapa de filtración, el agua fluye hacia abajo a través de un lecho de filtro y las partículas se acumulan dentro de éste. La eficiencia de captura de partículas, depende de la caracterización del efluente y pérdida de carga.

Se utilizan los principios de transferencia de masa para mover sustancias volátiles entre fases líquida y gaseosa, estos procesos de tratamiento de colocar el aire y el agua en contacto transfieren sustancias volátiles del agua al aire como sulfuro de hidrógeno, dióxido de carbono o compuestos orgánicos volátiles, o desde el aire hacia el agua como dióxido de carbono u oxígeno.

La adición de gases a partir del aire hacia el agua es el proceso de transferencia de masa conocida como absorción, conocida también como aireación que implica la adición de oxígeno al agua (4). Los objetivos de la aireación son mejorar la separación de grasas, controlar olores e incrementar la eliminación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno.



**FIGURA 2.1 PROCESO DE AIREACIÓN**

#### **2.1.4 Prueba de Jarras**

Debido a las muchas reacciones que compiten y mecanismos que son operativos en el proceso de coagulación, la selección de coagulantes y su dosificación es determinado empíricamente utilizando análisis a escala en laboratorios.

El procedimiento de prueba a escala estándar para determinar dosis y tipos de coagulantes es la Prueba de Jarra.

La prueba de jarras permite una rápida evaluación de una gama de tipos de coagulante y respectivas dosis.

El propósito de la prueba de jarra es simular, en lo posible, las condiciones esperadas o deseadas de coagulación-floculación en las instalaciones donde se realice el tratamiento (4).

### **2.1.5 Definiciones Básicas**

En este proyecto se consideran algunas definiciones establecidas en la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua, Libro VI Anexo I (8).

#### **2.1.5.1 Aguas Residuales**

Son aquellas aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales; de servicios agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, que hayan sufrida degradación en su calidad original.

#### **2.1.5.2 Cuerpo receptor o cuerpo de agua**

Es todo río, lago, laguna, aguas subterráneas, cauce, depósito de agua, corriente, zona marina, estuarios, que

sea susceptible de recibir directa o indirectamente la descarga de aguas residuales.

#### **2.1.5.3 Descargar**

Acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor o a un sistema de alcantarillado en forma continua, intermitente o fortuita.

#### **2.1.5.4 Límites Máximos Permisibles**

Es el valor o rango asignado a un parámetro, el cual no debe ser excedido para descargas de aguas o lodos residuales.

#### **2.1.5.5 Reciclaje, Reutilización y Recuperación**

Reciclaje es convertir un residuo en insumo o en un nuevo producto.

Reutilización es volver a utilizar un residuo en su forma original.

Recuperación es el poder aprovechar o extraer componentes útiles de un residuo (3).

#### **2.1.6 Aguas Residuales Industriales**

Las aguas residuales industriales son las que proceden de cualquier fábrica o negocio en cuyo proceso de producción,

transformación o manipulación se utilice el agua, incluyéndose los líquidos residuales, aguas de proceso y aguas de refrigeración.

#### **2.1.6.1 Tipos de Vertidos Industriales**

Las aguas residuales industriales cuando se desaguan se denominan vertidos y se pueden clasificar en tipo continuo y tipo discontinuo.

##### **2.1.6.1.1 Tipo Continuo**

Los vertidos industriales de tipo continuo provienen de procesos en los que existe una entrada y una salida continua de agua.

En estos casos tenemos los procesos de transporte, procesos de refrigeración y procesos de lavado.

##### **2.1.6.1.2 Tipo Discontinuo**

Los vertidos industriales de tipo discontinuo proceden de operaciones intermedias. Son aquellos mayormente contaminados como el caso de baños de curtido, emulsiones, lejías negras entre otros.

Al aumentar el tamaño de la industria, algunos vertidos discontinuos pueden convertirse en continuos (5).

#### **2.1.6.2 Caracterización de las aguas residuales**

Proceso destinado al conocimiento integral de las características estadísticamente confiables del agua residual, compuesto por la toma de muestras, medición de caudal e identificación de los componentes físico, químico, biológico y microbiológico.

Las características medias típicas son:

- Sólidos en suspensión
- Demanda Química de Oxígeno
- Demanda Bioquímica de Oxígeno
- Sólidos Solubles Totales
- pH

## **2.2 Producción más limpia**

PML es la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada a los procesos productivos, a los productos y a los servicios

para incrementar la eficiencia y reducir riesgos para los seres humanos y el ambiente, se aplica a todas las actividades, productos o servicios que causen o puedan causar un impacto ambiental.

En los procesos productivos, la PML conduce al ahorro de materias primas, agua y energía. Reduce en la fuente materias primas tóxicas, emisiones y efluentes.

En los productos, PML busca reducir los impactos negativos en el ambiente, la salud y la seguridad, durante todo el ciclo de vida, desde la extracción, la transformación, hasta la disposición final.

En los servicios, PML implica incorporar el quehacer ambiental en el diseño y la prestación del servicio (4).

### **2.2.1 Beneficios por utilización de PML**

Beneficios económicos: Por el uso más eficiente de materias primas, agua, energía y otros insumos en los procesos.

Beneficios ambientales: Por la eliminación de materias peligrosas y la reducción de la carga de contaminantes en efluentes.

<b>Tratamiento de efluentes Sin PML Reaccionar y corregir</b>	<b>Producción más Limpia Con PML Anticipar y prevenir</b>
<p>La contaminación es controlada mediante sistemas de tratamientos al final del proceso (enfoque sólo en los residuos)</p>	<p>La contaminación se previene en su fuente de origen a través de medidas integrales.</p>
<p>Es aplicada cuando los procesos se han desarrollado, los productos se han producido y los residuos se han generado.</p>	<p>Es una parte integral del desarrollo de los procesos y productos, enfocada al aumento de productividad y rentabilidad.</p>
<p>Los sistemas de tratamientos y control requieren inversiones que muchas veces no son rentables.</p>	<p>Los residuos pueden ser transformados en subproductos útiles y ser fuente potencial de recursos, así la inversión tiene retorno a corto y mediano plazo.</p>
<p>La conducción del manejo ambiental es realizada por expertos ambientalistas y en manejo de desechos.</p>	<p>La conducción del manejo ambiental es responsabilidad de todo el personal de la empresa.</p>
<p>Las mejoras ambientales van acompañadas de técnicas y tecnologías sofisticadas.</p>	<p>Las mejoras ambientales resultan de la aplicación de medidas sencillas con buenas prácticas operativas.</p>
<p>Las medidas aplicadas deberían permitir el cumplimiento con los estándares impuestos por las autoridades.</p>	<p>Las medidas aplicadas, al estar dentro de un proceso de mejora continua, permiten alcanzar estándares cada vez más altos.</p>
<p>El tratamiento de efluentes al final del proceso no se relaciona con la mejora de la calidad del producto ni la mejora del ambiente de trabajo.</p>	<p>La PML reduce la contaminación ambiental, mejora las condiciones de seguridad y salud, y puede mejorar la calidad del producto.</p>

**TABLA 1. TRATAMIENTO DE EFLUENTES SIN PML Y CON PML**

**FUENTE: CPTS**

### **2.2.2 Gestión Ambiental**

La gestión ambiental engloba el conjunto de actividades o estrategias que podemos desarrollar para cuidar el ecosistema y prevenir los problemas ambientales.

Los objetivos de gestión ambiental se pueden definir de la siguiente manera:

- Establecer un control ambiental sobre los productos y procesos que causen o puedan causar un impacto ambiental.
- Minimizar los impactos ambientales
- Mejorar continuamente el desempeño ambiental.
- Evita los costos por accidentes laborales.

Existen impactos por la falta de gestión ambiental tales como:

- Costos debido a penalizaciones gubernamentales
- Barreras y sanciones comerciales
- Costos de auditorías externas
- Altos costos por seguros
- Costos de manejo y eliminación de desperdicios
- Altos consumos de energía

### 2.2.2.1 Desarrollo sostenible

El Desarrollo sostenible es el proceso mediante el cual se satisfacen las necesidades de la actual generación, sin poner en riesgo la satisfacción de necesidades de las generaciones futuras. La concepción de desarrollo sostenible implica una tarea global de carácter permanente.



**FIGURA 2.2 PROCESO DE DESARROLLO  
SOSTENIBLE**

### 2.3 Indicadores de desempeño ambiental

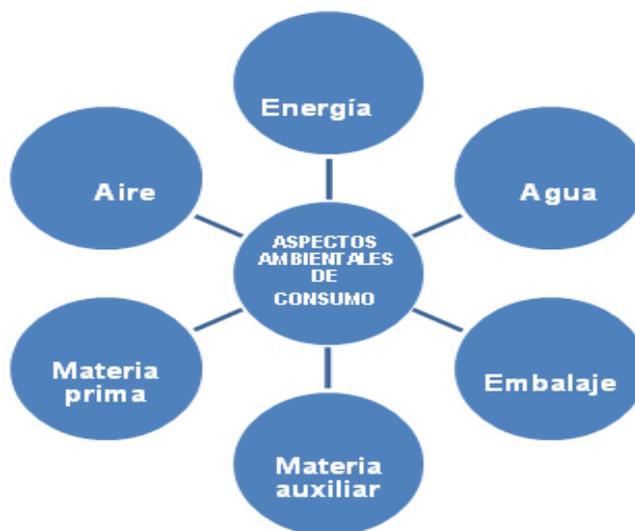
Los indicadores constituyen un sistema de señales que puede orientar respecto del avance en la consecución de objetivos y metas determinados.

Los indicadores ambientales permiten objetividad en las principales tendencias de las dinámicas ambientales y realizar una evaluación.

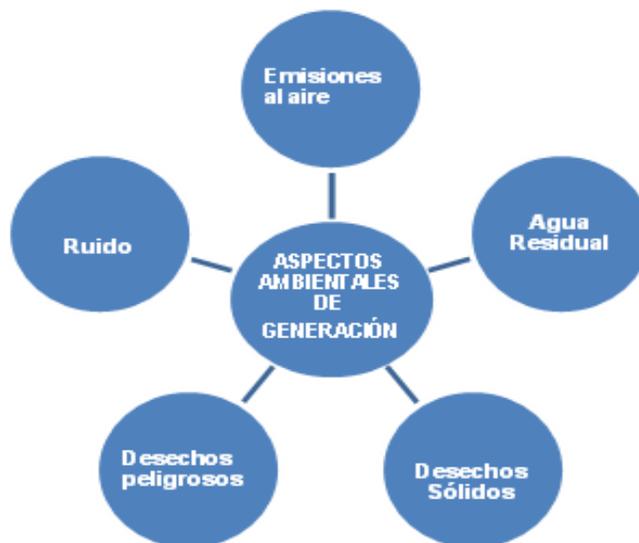
Son la herramienta para orientar el avance de las metas continuamente evaluadas respecto al sistema ambiental y en consecuencia al desarrollo sostenible.

### 2.3.1 Aspecto ambiental

Aspecto Ambiental es el elemento de las actividades, productos o servicios de una empresa que puede tener interacción con el medio ambiente. Pueden ser de consumo y de generación.



**FIGURA 2.3 ASPECTOS AMBIENTALES DE CONSUMO**



**FIGURA 2.4 ASPECTOS AMBIENTALES DE GENERACIÓN**

### 2.3.2 Impacto ambiental

Cualquier modificación del medio ambiente, adversa o benéfica, que resulte, en todo o en parte, de las actividades, productos o servicios de una empresa.

**Aspecto ambiental  
( causa )**            **Impacto ambiental  
( efecto )**

### 2.4 Seguridad y salud ocupacional

La Seguridad y salud ocupacional tiene como objetivo el desarrollo de las aplicaciones y medidas necesarias para la prevención de riesgos derivados del trabajo. La Organización Mundial de la Salud refiere a la salud ocupacional como una actividad multidisciplinaria que promueve y

preserva la salud de los trabajadores. Es una disciplina que busca controlar los accidentes y las enfermedades mediante la reducción de las condiciones de riesgo.

La salud ocupacional no se limita a cuidar las condiciones físicas del trabajador únicamente, sino que además se encarga del tema psicológico, permite un apoyo al beneficio del trabajador y desarrolla su capacidad de trabajo.

#### **2.4.1 Factores de Riesgo**

Se consideran factores de riesgos específicos que entrañan el riesgo de enfermedad profesional u ocupacional y que ocasionan efectos a los asegurados, los siguientes: mecánico, químico, físico, biológico, ergonómico y psicosocial. Art. 12 Resolución N° C.D. 390 (3).

**Riesgos mecánicos:** Contempla factores presentes en máquinas, herramientas, equipos que puedan ocasionar accidentes laborales, pueden ser trabajos en altura, superficies de trabajo, manipulación de materia prima.

**Riesgos físicos:** Son diferentes fuentes de energía que pueden afectar a las personas expuestas a ellas; tales como temperatura, ruido, vibración, iluminación, electricidad.

**Riesgos químicos:** Asociado a la producción, manipulación y almacenamiento de sustancias orgánicas e inorgánicas que pueden incorporarse al ambiente en forma de polvo, vapor o gas que sean perjudiciales a la salud; como fibras, pinturas, pesticidas, tóxicos y reactivos.

**Riesgos biológicos:** Organismos o sustancias derivadas que pueda provocar infecciones, alergias o toxicidad, entre ellos organismos vivos como bacterias, y derivados de animales.

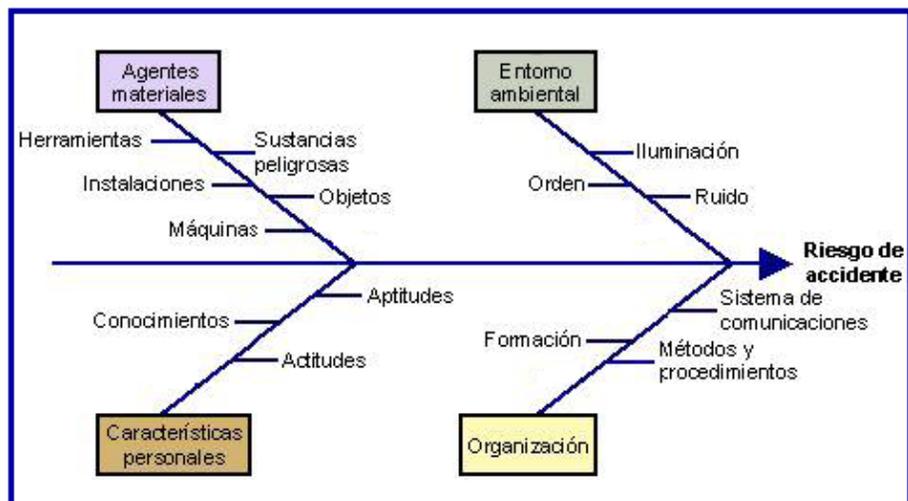
**Riesgos ergonómicos:** Son los generados por puestos de trabajo inadecuados o malas prácticas, sus aspectos son espacio de trabajo, métodos de trabajo, tensiones y fatiga.

**Riesgos psicosociales:** Son los aspectos de la organización y gestión del trabajo, agente social y ambiental que puede causar daño como estrés laboral, ansiedad, desmotivación y conflictos.

Los factores de riesgos para su identificación y análisis se pueden clasificar en cuatro grandes conjuntos.

1. Agentes Materiales: Instalaciones, máquinas, herramientas y equipos, así como los inherentes a los componentes de materias primas y productos.
2. Entorno Ambiental: Ambiente y lugar de trabajo, como agentes físicos, químicos, biológicos, espacio de trabajo.
3. Organización: Organización del trabajo y gestión de la Prevención como formación y métodos de trabajo.
4. Características Personales: De carácter individual, como aptitud y actitud del trabajador para el control de la situación de riesgo (7).

Esto se observa mejor en el diagrama presentado posteriormente.



**FIGURA 2.5 DIAGRAMA DE ESPINA PARA ANÁLISIS DE FACTORES DE RIESGO**

**FUENTE: NTP 324**

### **2.4.3 Análisis y Evaluación de Riesgos**

La evaluación de riesgos se puede realizar en base a diferentes técnicas, una de ellas es la Metodología Española NTP:330 Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente.

Esta Nota Técnica de Prevención ayuda como guía, pretende facilitar la tarea de evaluación de riesgos a partir de la verificación y control de las posibles deficiencias en los lugares de trabajo mediante las respuestas en los cuestionarios de chequeo (1).

<b>CUESTIONARIO DE CHEQUEO</b>		
	SÍ	NO
1. Las herramientas están ajustadas al trabajo a realizar.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.1. Las herramientas son de buena calidad.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.2. Las herramientas se encuentran en buen estado de limpieza y conservación.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. La cantidad de herramientas disponible es insuficiente en función del proceso productivo y personas.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Existen lugares y/o medios idóneos para la ubicación ordenada de las herramientas (paneles, cajas.....)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Cuando no se utilizan las herramientas cortantes o punzantes, se disponen con los protectores adecuados.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Se observan hábitos correctos de trabajo.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.1. Los trabajos se hacen de manera segura, sin sobreesfuerzos o movimientos bruscos.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.2. Los trabajadores están adiestrados en el manejo de herramientas.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.3. Se usan equipos de protección personal cuando se pueden producir riesgos de proyecciones.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>CRITERIOS DE VALORACIÓN</b>		
Se valorará la situación como <b>MUY DEFICIENTE</b> cuando se haya respondido <b>NO</b> a una o más de las cuestiones: 5, 5.2, 5.3.		
Se valorará la situación como <b>DEFICIENTE</b> cuando no siendo muy deficiente, se haya respondido negativamente a la cuestión 1.		
Se valorará la situación como <b>MEJORABLE</b> cuando no siendo muy deficiente ni deficiente se haya respondido negativamente a una o más de las cuestiones: 1.1, 1.2, 2, 3, 5.1.		
Se valorará la situación como <b>ACEPTABLE</b> en los demás casos.		

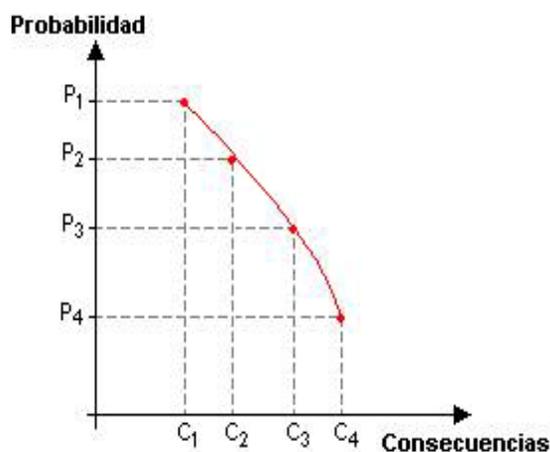
**FIGURA 2.6 EJEMPLO DE CUESTIONARIOS DE CHEQUEO**  
**FUENTE: NTP 330**

Con este método se cuantifica la magnitud de los riesgos existentes y, en consecuencia, se da un orden jerárquico racional

a su prioridad de corrección. Para ello se parte de la detección de las deficiencias existentes en los lugares de trabajo para, a continuación, estimar la probabilidad de que ocurra un accidente y, teniendo en cuenta la magnitud esperada de las consecuencias, evaluar el riesgo asociado a cada una de dichas deficiencias.

La materialización de un riesgo puede generar consecuencias diferentes que las llamaremos ( $C_i$ ), cada una de ellas con su correspondiente probabilidad denominadas ( $P_i$ ), teniendo entonces un daño esperable (1).

$$\text{Daño esperable} = \sum_i P_i C_i$$



**FIGURA 2.7 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL RIESGO**  
**FUENTE: NTP 330**

### **Cuestionarios de chequeo**

Los cuestionarios se llenan de forma secuencial y su estructura va de acuerdo a los posibles factores de riesgos existentes, tal como se indica a continuación:

#### **Cuestionario de Gestión Preventiva**

#### **Cuestionario de Condiciones de Seguridad:**

1. Lugares de Trabajo
2. Máquinas
3. Elevación y Transporte
4. Herramientas manuales
5. Manipulación de objetos
6. Instalación eléctrica
7. Aparatos a presión y gases
8. Incendios y explosiones
9. Agentes químicos, seguridad

#### **Cuestionario de Condiciones medioambientales:**

1. Agentes químicos, exposición
2. Agentes biológicos
3. Ventilación y climatización
4. Vibraciones

5. Iluminación
6. Calor y frío
7. Radiaciones Ionizantes
8. Radiaciones No Ionizantes

**Cuestionario de Carga de trabajo:**

1. Carga física
2. Carga mental

**Cuestionario de organización del trabajo:**

1. Trabajo a turnos
2. Factores de organización

**2.4.3.1 Proceso para el Análisis de Riesgos de Trabajo**

Para obtener el análisis de riesgos según el NTP 330 se deben seguir los siguientes pasos:

1. Elaborar el cuestionario de chequeo sobre los factores de riesgo que faciliten la materialización del riesgo considerado.

Se utiliza únicamente aquellas secciones del cuestionario que presenten factores de riesgo aplicables

a las tareas, siendo llenados en el lugar de trabajo, se identifica el generador del riesgo existente.

2. Estimación del nivel de deficiencia del cuestionario aplicado.

Una vez identificado y revisado el generador del riesgo, se valora el nivel de deficiencia de acuerdo a una tabla de determinación establecida.

Nivel de deficiencia	ND	Significado
Muy deficiente (MD)	10	Se han detectado factores de riesgo que determinan como muy posible la generación de fallos.
Deficiente (D)	6	Se ha detectado algún factor de riesgo que precisa ser corregido.
Mejorable (M)	2	Se han detectado factores de riesgo de menor importancia.
Aceptable (B)	-	No se ha detectado anomalía destacable alguna.

**TABLA 2. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DEFICIENCIA**

3. Estimación del nivel de probabilidad a partir del nivel de deficiencia y del nivel de exposición.

Se valora el nivel de exposición de acuerdo al número de veces que se realizan las tareas tomando en cuenta la siguiente tabla:

Nivel de exposición	NE	Significado
Continuada (EC)	4	Continuamente. Varias veces en su jornada laboral con tiempo prolongado.
Frecuente (EF)	3	Varias veces en su jornada laboral, aunque con tiempos cortos.
Ocasional (EO)	2	Alguna vez en su jornada laboral y con periodo corto de tiempo.
Esporádica (EE)	1	Irregularmente.

**TABLA 3. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE EXPOSICIÓN**

Asociando esta valoración en conjunto con la valoración anterior del nivel de deficiencia se determina el nivel de probabilidad siguiendo un cuadro establecido, el cual se indica en la siguiente tabla:

		Nivel de exposición (NE)			
		4	3	2	1
Nivel de deficiencia (ND)	10	MA-40	MA-30	A-20	A-10
	6	MA-24	A-18	A-12	M-6
	2	M-8	M-6	B-4	B-2

**TABLA 4. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE PROBABILIDAD**

**FUENTE: NTP 330**

Es decir; el resultado del producto del nivel de deficiencia por el nivel de exposición es el que indica la valoración del nivel de probabilidad.

Nivel de probabilidad	NP	Significado
Muy Alta (MA)	Entre 40 y 24	Situación deficiente con exposición continuada o muy deficiente con exposición frecuente.
Alta (A)	Entre 20 y 10	Situación deficiente con exposición frecuente u ocasional, o muy deficiente con exposición ocasional o esporádica.
Media (M)	Entre 8 y 6	Situación deficiente con exposición esporádica, o mejorable con exposición frecuente o continuada.
Baja (B)	Entre 4 y 2	Situación mejorable con exposición ocasional o esporádica.

**TABLA 5. SIGNIFICADO DE LOS NIVELES DE PROBABILIDAD**

4. Estimación del nivel de riesgo a partir del nivel de probabilidad y del nivel de consecuencias.

Inicialmente se valoriza el nivel de consecuencias según el cuadro aplicado:

Nivel de consecuencias	NC	Significado	
		Daños personales	Daños materiales
Mortal o Catastrófico (M)	100	1 muerto o más	Destrucción total del sistema.
Muy Grave (MG)	60	Lesiones graves que pueden ser irreparables.	Destrucción parcial del sistema.
Grave (G)	25	Lesiones con incapacidad laboral transitoria.	Se requiere paro de proceso para efectuar la reparación.
Leve (L)	10	Pequeñas lesiones que no requieren hospitalización.	Reparable sin necesidad de paro de proceso.

**TABLA 6. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE CONSECUENCIAS**

La interacción del nivel de consecuencias con el nivel de probabilidad, finalmente refleja una valoración de nivel de intervención tal como se muestra:

		NR = NP x NC			
		Nivel de probabilidad (NP)			
		40-24	20-10	8-6	4-2
Nivel de consecuencias (NC)	100	I 4000-2400	I 2000-1200	I 800-600	II 400-200
	60	I 2400-1440	I 1200-600	II 480-360	II 240 III 120
	25	I 1000-600	II 500-250	II 200-150	III 100-50
	10	II 400-240	II 200 III 100	III 80-60	III 40 IV 20

**TABLA 7. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO**

**FUENTE: NTP 330**

### 5. Establecimiento de los niveles de intervención (1).

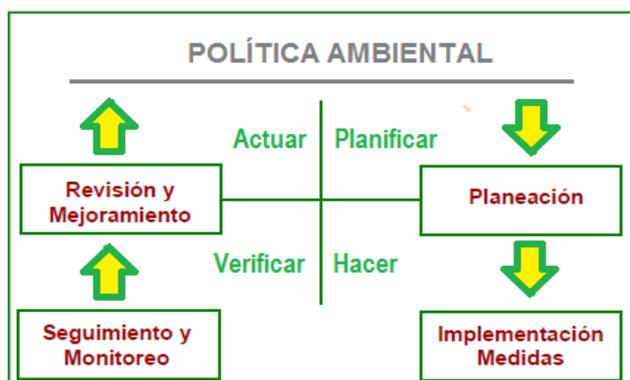
La valoración del nivel de riesgo indica el nivel de intervención, el cual sugiere las acciones a tomar.

Nivel de intervención	NR	Significado
I	4000-600	Situación crítica. Corrección urgente.
II	500-150	Corregir y adoptar medidas de control.
III	120-40	Mejorar si es posible.
IV	20	No intervenir.

**TABLA 8. NIVEL DE INTERVENCIÓN**

### 2.5 Norma ISO 14001:2004

La norma ISO 14001-2004 es una norma internacional basada en la metodología PHVA, Planificar, Hacer, Verificar y Actuar.



**FIGURA 2.8 METODOLOGÍA SEGÚN CICLO DEMING**

Esta norma obliga a la empresa crear un plan de manejo ambiental que incluya objetivos y metas ambientales, políticas y procedimientos para lograr esas metas, responsabilidades definidas, tales como actividades de capacitación del personal, control de documentación y un sistema para controlar cualquier cambio y avance dado. Describe el proceso que debe seguir la empresa y requiere que se respeten las leyes ambientales nacionales.

Desempeño Ambiental: Este se refleja con los resultados medibles del Sistema de Gestión Ambiental, relativos al control de los aspectos ambientales de la organización, basados en su política ambiental, objetivos y metas (6).

## **2.6 Norma ambiental de Tulsma**

El Texto Unificado de Legislación Secundaria y Medio Ambiente (Tulsma) es una normativa ambiental que especifica las Normas de descarga de efluentes al sistema de alcantarillado público mediante Registro Oficial Suplemento 2 de 31 de Marzo de 2003.

La regulación en cuanto a los laboratorios que realicen los análisis de determinación del grado de contaminación de efluentes indica que deben tener buenas prácticas y estar certificados por el SAE.

Se prohíbe descargar en un sistema público de alcantarillado, cualquier sustancia que pudiera bloquear los colectores o sus accesorios, formar vapores o gases tóxicos, explosivos o de mal olor, o que pudiera deteriorar los materiales de construcción en forma significativa (8).

Se debe estrictamente tener la caracterización del agua residual con valores debajo de los límites máximos permisibles que indica la normativa Tulsma en su tabla 11, Anexo I, Libro VI; un fragmento de la tabla se presenta a continuación:

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Caudal máximo		l/s	1.5 veces el caudal promedio horario del sistema de alcantarillado.
Cianuro total	CN <sup>-</sup>	mg/l	1,0
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo (ECC)	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cromo Hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,5
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O <sub>5</sub> .	mg/l	250
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	500
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0
Materia flotante	Visible		<b>Ausencia</b>
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	40
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Sólidos Sedimentables		ml/l	20
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220
Sólidos totales		mg/l	1 600
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	mg/l	400
Sulfuros	S	mg/l	1,0

**TABLA 9. LÍMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO**

**FUENTE: TULSMA**

# **CAPÍTULO 3**

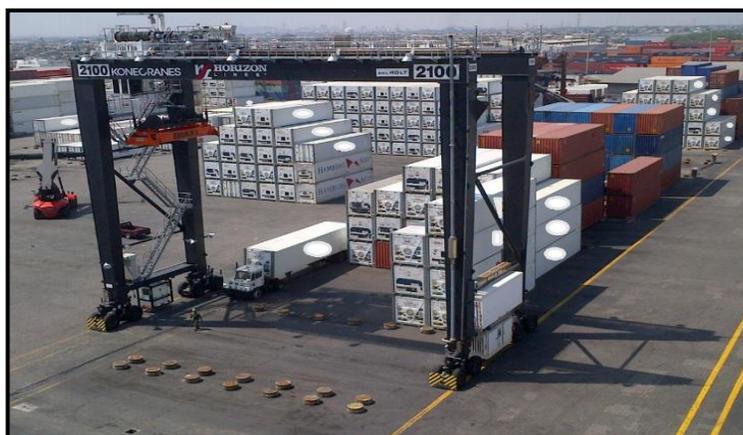
## **3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO**

### **3.1 Descripción general de la operadora portuaria**

La Operadora Portuaria tiene un área aproximada de 126.200 m<sup>2</sup> ubicada en la ciudad de Guayaquil, ofrece servicios de logística de importación y exportación de contenedores.

Cuenta con la certificación BASC desde Noviembre del 2003, que promueve la seguridad global minimizando riesgos de tráfico de estupefacientes y ataques terroristas; y desde Julio del 2004 mantiene la declaración del cumplimiento del Código PBIP (Protección de Buques e Instalaciones Portuarias), un marco obligatorio internacional que tiene

como finalidad detectar y evaluar amenazas protegiendo al mismo tiempo a los buques e instalaciones portuarias utilizados para el comercio internacional. Actualmente cuenta con la certificación ISO 9001:2008.



**FIGURA 3.1 RTG PARA TRANSPORTE DE CONTENEDORES**

### **3.1.1 Servicios**

La naturaleza de la empresa es de servicios logísticos como carga y descarga, almacenamiento y monitoreo de contenedores. Dentro de los servicios que ofrece la empresa se encuentran:

**Uso de Muelle:** Con capacidad para tener a dos buques trabajando simultáneamente, con remolcadores las 24 horas, tiene 320 m. de muelle con un calado de 9.75 m. en marea baja.

**Manipuleo y Estiba:** Manipulación de contenedores y carga general.

**Porteo y Transporte interno:** Transporte con una variedad de equipos portuarios como cabezales, montacargas, portacontenedores Taylor, y RTG Konecranes.

**Servicio de Almacenamiento:** Cuenta con capacidad de 3.000 FEUS de almacenamiento, 4.700 m<sup>2</sup> de bodega de palés de banano y carga general, 3.000 m<sup>2</sup> de bodega de bobinas de papel y 1.700m<sup>2</sup> de bodega de carga suelta.



**FIGURA 3.2 ESTIBA EN BODEGA DE BUQUE**

### **3.1.2 Misión y Visión de la empresa**

#### **Misión**

“Ofrecer servicios portuarios de excelencia, agregando valor a la cadena logística de nuestros clientes y apoyando el fortalecimiento del comercio exterior del país. Generando rentabilidad a nuestros accionistas. Contando con un equipo humano competente e infraestructura de alto nivel que nos permita ser competitivos en el sector portuario. Preservando la seguridad y salud de nuestros colaboradores, y actuando de manera responsable con el medioambiente y la sociedad.”

#### **Visión**

“Al 2016 ser una de las mejores opciones del sector portuario ecuatoriano en el manejo de carga contenerizada y suelta; siendo reconocidos como un puerto de servicios personalizados, ágiles y de alta calidad en beneficio de sus clientes.”

### 3.1.3 Personal y Organigrama de la empresa

#### Personal

El personal que labora actualmente en la empresa es el siguiente:

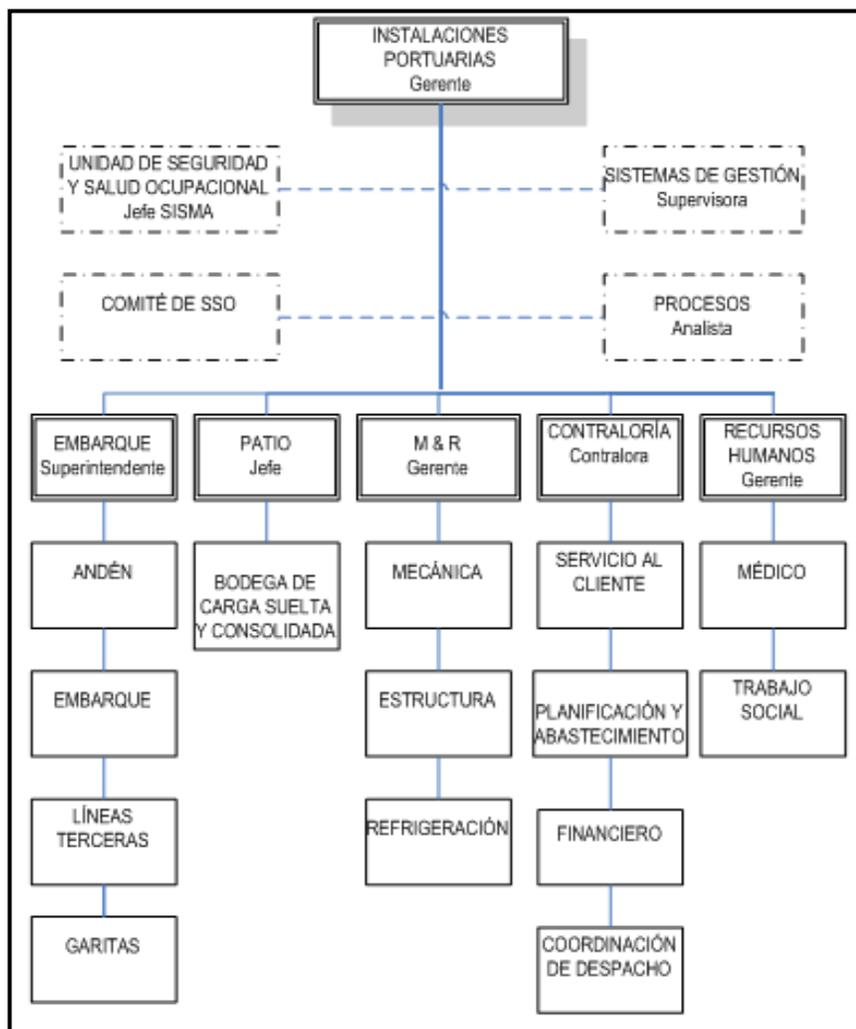
Tipo de personal	Personal General		Personal con discapacidad	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Personal Administrativo	52	20	2	1
Personal Operativo	281	3	8	0
<b>Total</b>	<b>333</b>	<b>23</b>	<b>10</b>	<b>1</b>

**TABLA 10. PERSONAL DE LA EMPRESA**

**FUENTE: EMPRESA**

#### Organigrama

El organigrama se encuentra estructurado como se muestra a continuación:



**FIGURA 3.3 ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA**

**FUENTE: EMPRESA**

### 3.1.4 Lavadora de contenedores

En las instalaciones de la operadora portuaria se encuentra la Lavadora que cuenta con cuatro carriles para el lavado de contenedores y uno destinado para el lavado de equipos portuarios, éstos cinco carriles descargan aguas residuales que pasan directamente a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el respectivo proceso.



**FIGURA 3.4 LAVADORA DE CONTENEDORES**

#### 3.1.4.1 Proceso de lavado tipo 1

En el proceso de lavado tipo 1 se realiza una limpieza interior de los contenedores que posteriormente se envían a fincas, los cuales son para carga seca y carga refrigerada.

**Contenedores vacíos de refrigeración:**

- a) El operador ingresa al contenedor y retira los desechos de los filtros de drenajes frontales.
- b) Rocía agua potable con una pistola a presión en todo el interior del contenedor.
- c) Coloca en la superficie mojada un producto de limpieza biodegradable.
- d) Se repite el paso b).

**Contenedores vacíos de carga seca:**

- a) El operador ingresa al contenedor y rocía el producto de limpieza.
- b) Retira residuos de grasa.
- c) Rocía agua potable con una pistola a presión en todo el interior del contenedor.
- d) Revisa existencia de grasa.
- e) Si es necesario, se repite el paso c).



**FIGURA 3.5 REVISIÓN PREVIO PROCESO DE LAVADO**

#### **3.1.4.2 Proceso de lavado tipo 2**

En este caso se realiza el lavado exterior de contenedores cargados refrigerados, proceso que se realiza con dos operadores de la siguiente manera:

- a) Cada operador se ubica en un lateral del contenedor y rocía el producto de limpieza con una pistola a presión.
- b) Se retira el producto de limpieza con agua utilizando la pistola a presión.



**FIGURA 3.6 PRODUCTO DE LIMPIEZA**

#### **3.1.4.3 Proceso de lavado tipo 3**

En el proceso tipo 3 se realiza el lavado interior de los contenedores vacíos de refrigeración que emanen un olor penetrante, producto de la descomposición de la carga almacenada, para este proceso se realiza lo siguiente:

- a) El operador ingresa al contenedor y lava con agua potable por medio de una pistola a presión.
- b) Se instala una máquina de ozonificación en el interior del contenedor.
- c) Se coloca una mezcla del producto de limpieza con un aromatizante, en toda la superficie interna.
- d) Se cierran las puertas del contenedor y se deja reposar durante dos horas.

- e) Se abre el contenedor y se enjuaga con agua potable utilizando una pistola a presión.



**FIGURA 3.7 EQUIPO PREVIO LAVADO**

#### **3.1.4.4 Proceso de lavado tipo 4**

En este caso se realiza la limpieza de equipos portuarios como chasis, montacargas y portacontenedores.

El proceso de lavado lo realizan dos personas de la siguiente manera:

- a) Se dispersa el producto de limpieza en todo el equipo.
- b) Se rocía agua utilizando pistola a presión.

### 3.2 Diagnóstico inicial del sistema de tratamiento de aguas residuales

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales se ha encontrado liberando efluentes con valores extremadamente altos en referencia a los valores permitidos que indica la norma ambiental obligatoria en cuanto a descargas al alcantarillado público.

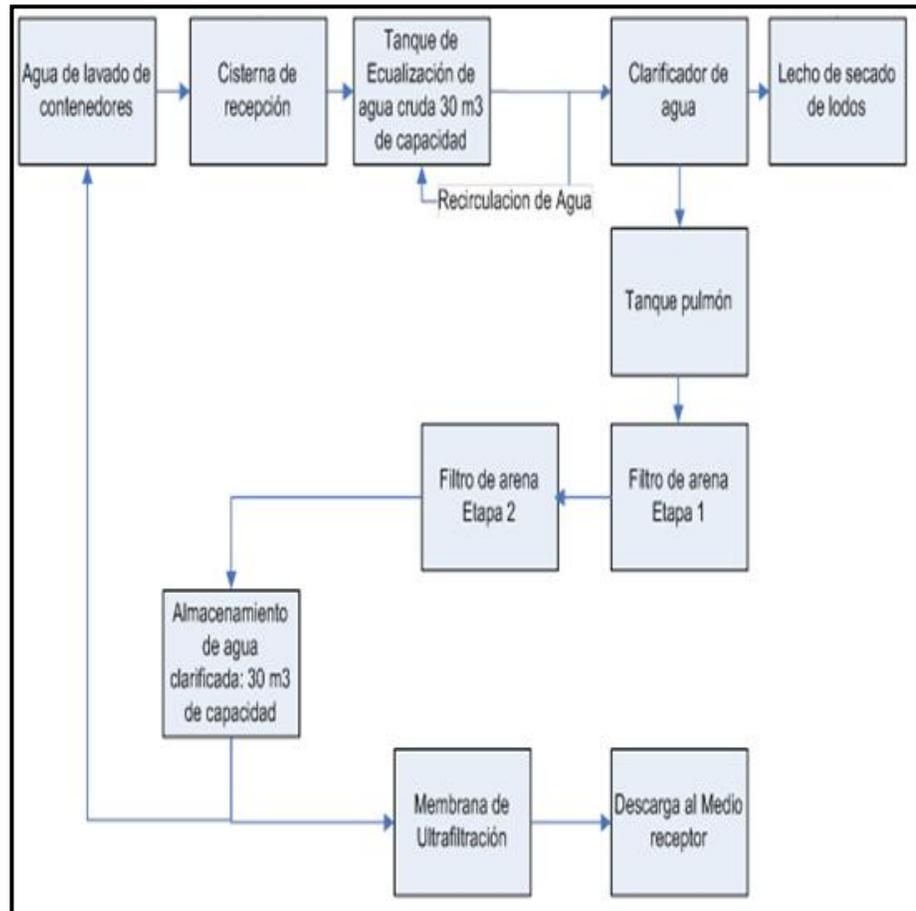


**FIGURA 3.8 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

#### 3.2.1 Proceso inicial de Tratamiento de Agua Residual

El agua residual proveniente de la Lavadora es receptada al Tanque de Almacenamiento cuya capacidad es 30.000 l. mediante la ayuda de una bomba tipo doméstica.

Al proceso se adiciona productos químicos como cloro, coagulante y floculante, el agua continúa su recorrido al Tanque Clarificador y luego al Tanque de Agua Tratada que se encarga de recolectar las aguas residuales que han completado el proceso de depuración y se encuentran listas para ser descargadas en el cuerpo receptor. El proceso en cuanto a control de equipos y dosificaciones es realizado en todo momento por un operador, lo que lo hace vulnerable a posibles errores.



**FIGURA 3.9 PROCESO INICIAL DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL**  
**FUENTE: EMPRESA**

### 3.2.1.1 Lecho de secado de lodos

El lecho de secado de lodos se encuentra junto al almacenamiento del material de tratamiento. Se puede observar la falta de orden, limpieza y etiquetado en el almacenamiento de materiales.

Adicionalmente se verifica la falta de uso de Equipos de Protección Personal durante las tareas en la PTAR, como se observa en la figura 3.11.



**FIGURA 3.10 LECHO DE SECADO DE LODOS**



**FIGURA 3.11 TAREAS REALIZADAS EN PTAR**

### **3.2.2 Problema principal del proyecto**

El incumplimiento de la normativa ambiental es el problema principal que enfrenta la empresa, ya que la caracterización del efluente de la planta de tratamiento de las aguas residuales como la Demanda Química de Oxígeno y la Demanda Bioquímica de Oxígeno tienen un valor límite que no deben sobrepasar que es 500 y 250 mgO<sub>2</sub>/l respectivamente, situación que no se cumple porque en los últimos análisis han presentado valores muy altos, éstos parámetros actualmente son solicitados en reporte por la DMA, por lo que podría originarse un problema legal paralelo a la generación de contaminación al medio ambiente.

A continuación se puede observar que los resultados obtenidos en cuatro diferentes meses (noviembre, diciembre, febrero y marzo) exceden los valores límites que indica la tabla 11 de la Norma Ambiental vigente del Libro VI, Anexo I del Tulsma, situación que puede ocasionar un impacto ambiental siendo además factor de multa inmediata en cuanto a leyes ambientales.

Parámetros	Unidades	R1	R2	R3	R4	LMP
Demanda Química de Oxígeno	mgO <sub>2</sub> /l	941	772	816	1094	500
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mgO <sub>2</sub> /l	608	492	508	779	250

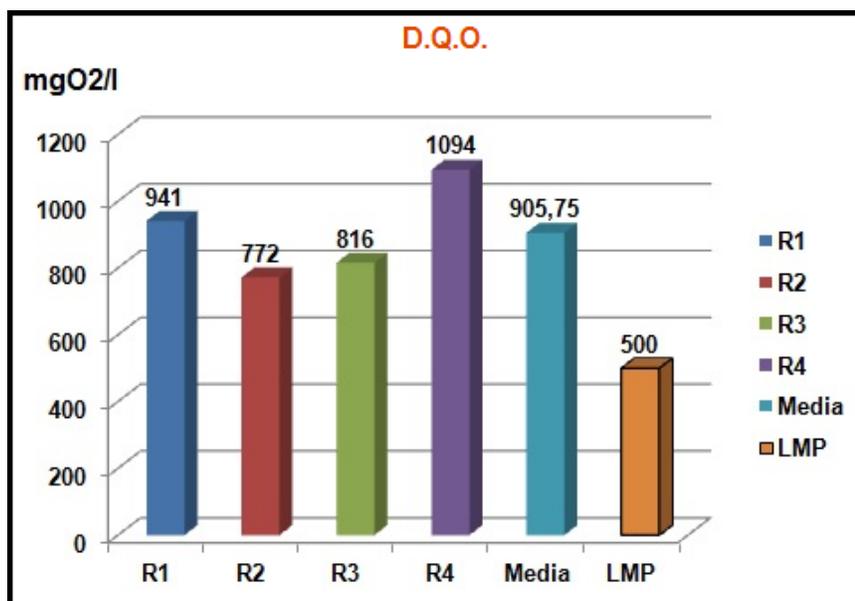
**TABLA 11. CARACTERIZACIÓN INICIAL DE AGUA RESIDUAL**

**R1:** 1 de Noviembre de 2013

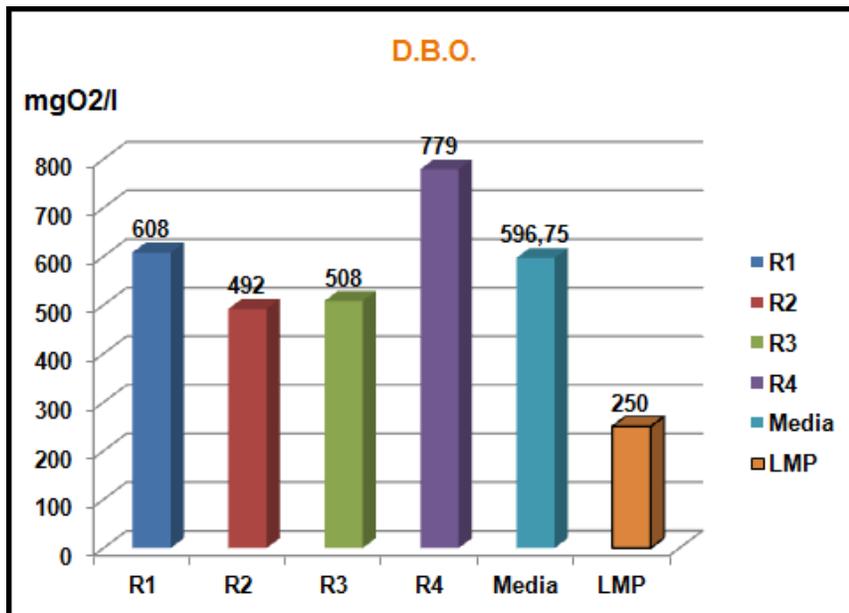
**R2:** 1 de Diciembre de 2013

**R3:** 14 de Febrero de 2014

**R4:** 20 de Marzo de 2014



**FIGURA 3.12 VALORES INICIALES DE DQO EN EL AGUA RESIDUAL**



**FIGURA 3.13 VALORES INICIALES DE DBO EN EL AGUA RESIDUAL**

Esta situación es la que da inicio al presente proyecto con la finalidad de encontrar mejoras viables tanto operacionales como ambientales.

# **CAPÍTULO 4**

## **4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO DE CONTROL OPERACIONAL AMBIENTAL EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO**

### **4.1 Procedimiento de control operacional ambiental en la planta de tratamiento**

Para la realización de un procedimiento de control operacional que contemple al mismo tiempo el cuidado del medio ambiente se tomaron en cuenta diferentes sistemas de mejoramiento como de implementación.

#### **4.1.1 Diseño del Procedimiento de control operacional ambiental**

A continuación se presenta el diseño del procedimiento de control operacional ambiental que se utilizará para una correcta operación de la PTAR.

##### **4.1.1.1 Propósito**

Describir la metodología para el manejo de la PTAR en el control de las operaciones, asegurando el cumplimiento del marco normativo ambiental, para obtener las máximas eficiencias de volumen y de remoción de contaminantes; contribuyendo a la sustentabilidad del agua potable, la reutilización de agua tratada y la reducción del impacto ambiental negativo de las instalaciones.

##### **4.1.1.2 Alcance**

Se aplica a los procesos diarios principales y secundarios de la PTAR, monitoreo y reducción de valores de caracterización, mantenimiento y planificación general y en caso de fallo de sistema de tratamiento.

#### 4.1.1.3 Objetivo

Establecer un sistema estandarizado de operación de la PTAR ahorrando el agua potable y reutilizando el agua tratada verificando que se cumpla con la calidad requerida y con las normas ambientales e higiene aplicables.

#### 4.1.1.4 Responsabilidades

Para que se cumpla con el sistema establecido se definen las responsabilidades de la siguiente manera:

RE SPONSABLE	ACTIVIDAD
<b>Gerente de Mantenimiento y Reparación</b>	Coordina las operaciones y analiza las mejoras de acuerdo a los indicadores de desempeño de la PTAR.
<b>Jefe de Seguridad Ocupacional y Medio Ambiente</b>	Revisa los procesos de la PTAR, las actualizaciones de la legislación ambiental y el listado vigente de laboratorios acreditados por la SAE para los análisis de aguas.
<b>Asistentes de Seguridad Ocupacional y Medio Ambiente</b>	Revisa los análisis de agua cada mes y reporta semestralmente a la DMA sobre la calidad de efluente.
<b>Operadores de PTAR</b>	Realiza en forma estándar las operaciones de tratamiento de la PTAR, monitorea la caracterización del efluente y asiste en la recolección de muestras por el laboratorio acreditado.

**TABLA 12. RESPONSABILIDADES DEFINIDAS PARA LA PTAR**

#### **4.1.1.5 Normativa legal**

La PTAR está regida por la Norma Ambiental vigente del Libro VI, Anexo I del Tulsma, tabla 11 que indica los Límites de descarga al Sistema de Alcantarillado Público.

Cada semestre se debe entregar reportes sobre la funcionalidad de la PTAR y los valores de la caracterización del agua tratada basados en análisis de laboratorios acreditados. La DMA está en la facultad de realizar visitas a las instalaciones de la PTAR para verificación de cumplimiento legal ambiental.

#### **4.1.1.6 Terminología**

**PTAR:** Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

**SAE:** Servicio de Acreditación Ecuatoriano

**DMA:** Dirección de Medio Ambiente

**TULSMA:** Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente

**Afluente:** Es el flujo de agua residual que será expuesta a tratamiento adecuado para reducir riesgos de contaminación antes de ser descargados a un cuerpo receptor.

**Efluente:** Es el flujo saliente de residuos finales de alguna actividad industrial o doméstica originada por el ser humano que son descargados a un cuerpo receptor previo tratamiento.

#### **4.1.1.7 Metodología y proceso de la PTAR**

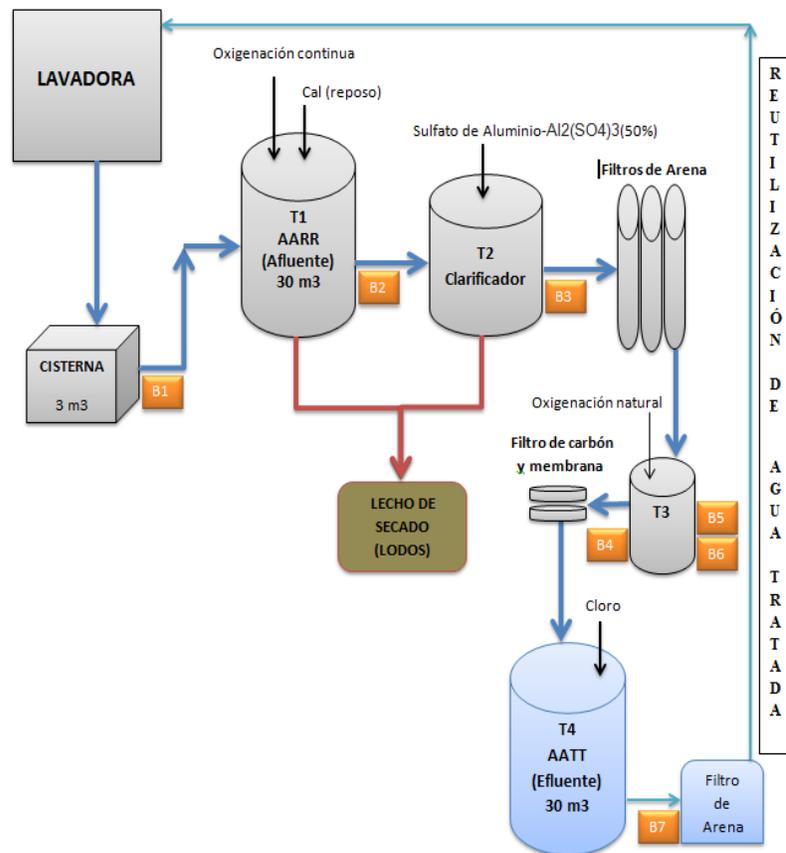
El Operador deberá encender el sistema automatizado para iniciar el tratamiento a las aguas residuales y obtener un efluente amigable con el medio ambiente, cumpliendo con las siguientes indicaciones:

- a. Verificar que el proceso de tratamiento permanezca continuo.
- b. Controlar la dosificación en tiempo y cantidades adecuadas.
- c. Revisar volúmenes en tanques de almacenamiento.

d. Tomar muestras de efluente para monitoreo interno de parámetros, y análisis externo con laboratorio acreditado por la SAE.

e. Mantener registros del respectivo control de operaciones.

El proceso de la PTAR es el siguiente:



**FIGURA 4.1 PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

#### **4.1.1.8 Monitoreo interno**

El Operador realizará un monitoreo interno de los parámetros Demanda Química de Oxígeno y Sólidos Suspendidos Totales tomando muestras del efluente, las mismas que serán expuestas a preparación en un equipo denominado Termostato para su posterior medición en otro equipo denominado Colorímetro, los valores obtenidos serán debidamente comparados con la normativa ambiental vigente.

Este monitoreo se realizará de forma aleatoria y se llevará registro correspondiente, siguiendo el formato indicado en la tabla 13.

#### **4.1.1.9 Análisis de aguas residuales**

El Operador deberá verificar que se tomen las muestras de agua residual, afluyente y efluente, para el correspondiente análisis con un laboratorio acreditado por la SAE, dicho tipo de análisis debe realizarse

mensualmente. Los resultados deberán ser archivados con copia para posterior entrega de reportes a la DMA.

#### **4.1.1.10 Control de operaciones**

El Operador debe registrar diariamente las operaciones realizadas en la PTAR de la siguiente manera:

1. Mediciones generales como pH y caudal de afluentes y efluentes.
2. EL tipo de dosificación en el proceso, cantidad y hora.
3. La operación del panel principal, si se realiza de forma automática o manual en cada una de sus partes.
4. El proceso de retrolavado en filtros de arena y membrana, presiones respectivas.
5. El desalojo de lodos desde su fuente hasta la disposición, cantidad y hora.
6. Otras actividades como el muestreo del agua para análisis de parámetros y mantenimiento.
7. Observaciones existentes.

Los procesos que se realicen deberán quedar registrados y firmados, el formato se indica en la tabla 14.

#### **4.1.1.11 Equipos de protección personal**

El personal deberá utilizar equipos de protección personal tales como:

- Casco
- Guantes dieléctrico y nitrilo
- Calzado dieléctrico
- Mascarilla media cara
- Gafas de protección

#### **4.1.1.12 Registros**

Los registros se llevarán en los formatos abajo descritos.

Tabla de Control de PTAR aplicada a la Norma Ambiental vigente Libro VI, Anexo I del Tulsma, tabla 11								
Límite de descarga al Sistema de Alcantarillado Público								
FECHA Y HORA	PARÁMETROS	T1	T2	T3	T4	T5	T6	OBSERVACIONES
	SST (mg/l)							LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES
	DQO (mgO <sub>2</sub> /l)							
	SST (mg/l)							DQO(mgO <sub>2</sub> /l) 500
	DQO (mgO <sub>2</sub> /l)							
	SST (mg/l)							EQUIPOS UTILIZADOS
	DQO (mgO <sub>2</sub> /l)							
	SST (mg/l)							Termostato DRB 200
	DQO (mgO <sub>2</sub> /l)							
	SST (mg/l)							SIMBOLOGÍA
	DQO (mgO <sub>2</sub> /l)							
	SST (mg/l)							T2: Tanque Clarificado
	DQO (mgO <sub>2</sub> /l)							T3: Tanque 3
	SST (mg/l)							T4: Tanque 4- Efluent
	DQO (mgO <sub>2</sub> /l)							T5: Membrana
	SST (mg/l)							T6: Filtro de arena fina
	DQO (mgO <sub>2</sub> /l)							
	SST (mg/l)							TULSMA: Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente
	DQO (mgO <sub>2</sub> /l)							
	SST (mg/l)							PTAR: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
	DQO (mgO <sub>2</sub> /l)							
	SST (mg/l)							SST: Sólidos Suspendidos Totales
	DQO (mgO <sub>2</sub> /l)							DQO: Demanda Química de Oxígeno

**TABLA 13. FORMATO DE REGISTRO DE MONITOREO  
INTERNO DE LA PTAR**

### REPORTE DIARIO DE OPERACIONES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

FECHA: \_\_\_\_\_

OPERADOR ENCARGADO: \_\_\_\_\_

1. MEDICIONES GENERALES	HORA	VALOR
CAUDAL AFLUENTE(m <sup>3</sup> )		
CAUDAL EFLUENTE(m <sup>3</sup> )		
CAUDAL TRATADO(m <sup>3</sup> )		
PH		

2. PROCESO DE DOSIFICACIÓN	HORA	CANTIDAD
SULFATO DE ALUMINIO(mg/l)		
CAL(mg/l)		
CLORO(mg/l)		

3. OPERACIÓN DE PANEL PRINCIPAL	AUTOMÁTICO	HORA	MANUAL	HORA
BOMBA DE AARRISULFATO				
FILTRO DE ARENA #1 Y #2				
AGITADOR				
CLARIFICADOR/CLORO				
BOMBA SUMERGIBLE				
TORRE DE AIREACIÓN				
RECIRCULACIÓN DE AATT				
FILTRO DE ARENA #3				
DOSIFICADOR DE LIMPIADOR				

4. PROCESO DE RETROLAVADO								
FILTRO DE ARENA #1 Y #2	HORA	VALOR	FILTRO DE ARENA #3	HORA	VALOR	MEMBRANA DE POLIAMIDA	HORA	VALOR
PRESIÓN INICIAL(psi)			PRESIÓN INICIAL(psi)			PRESIÓN INICIAL(psi)		
PRESIÓN FINAL(psi)			PRESIÓN FINAL(psi)			PRESIÓN FINAL(psi)		
DIFERENTE DE PRESIÓN(psi)			DIFERENTE DE PRESIÓN(psi)			DIFERENTE DE PRESIÓN(psi)		

5. DESALOJO DE LODOS			
FUENTE	HORA	CANTIDAD	DISPOSICIÓN

6. OTRAS ACTIVIDADES	
MUESTRO DE LABORATORIO	<input type="radio"/> RETROLAVADO DE FILTROS DE ARENA <input type="radio"/>
REEMPLAZO DE ACCESORIOS	<input type="radio"/> RETROLAVADO DE MEMBRANA <input type="radio"/>
LIMPIEZA DE BOMBA SUMERGIBLE	<input type="radio"/> LIMPIEZA DE CISTERNA DE CAPTACIÓN <input type="radio"/>
DESALOJO DE LODOS	<input type="radio"/> MANTENIMIENTO DE FILTRO DE ARENA <input type="radio"/>

7. OBSERVACIONES

---



---

\_\_\_\_\_  
Encargado de PTAR

\_\_\_\_\_  
Supervisor de PTAR

**TABLA 14. FORMATO DE CONTROL DIARIO DE OPERACIONES DE LA PTAR**

## **4.1.2 Mejoramiento en el proceso de la PTAR**

### **4.1.2.1 Sistema de Automatización en controles operativos**

Al implementar el sistema de automatización se busca mejorar la eficiencia de la planta a nivel energético y estructurar el proceso a un ciclo estandarizado, para lo cual se llevó a cabo las siguientes mejoras:

- 1) Encendido y apagado de las bombas destinadas para el flujo de agua en cada subproceso por medio de un controlador lógico programable (PLC).
- 2) Uso de sensores de nivel para el control de llenado y vaciado de los tanques distribuidores de agua residual evitando algún derrame y previniendo en todo momento contaminación ambiental no deseada.

Para lograr esta implementación se requirió hacer la adquisición de equipos electrónicos básicos tales como un PLC y relés de nivel.

#### 4.1.2.1.1 Controlador Lógico Programable

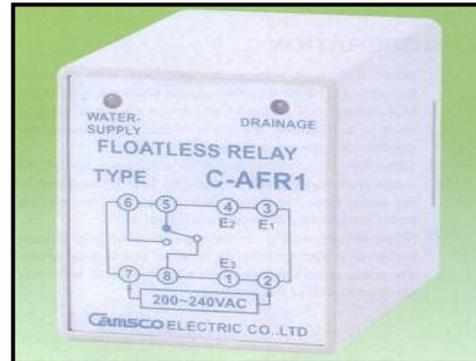
La PTAR tiene un tablero principal que opera todo el sistema de tratamiento, en dicho tablero se colocó un controlador lógico programable ó PLC Logo Siemens, con la finalidad de controlar todo el sistema instalado de forma automatizada.



**FIGURA 4.2 PLC**

#### 4.1.2.1.2 Relé de nivel

Se hizo la adquisición de relés de nivel para lograr la monitorización y control de líquidos protegiendo contra rebosamientos y succión de bombas en vacío en procesos de llenado y vaciado automatizados.



**FIGURA 4.3 RELÉ DE NIVEL**

Para estas conexiones se colocaron relés en tres puntos del equipo o tablero principal, denominándolos terminales E1, E2 y E3, es decir; se conectan sondas que no son más que electrodos los cuales van a ser sumergidos en los tanques cuyo llenado-vaciado se desea controlar, siendo E1 el nivel más alto y E3 el nivel más bajo, por consiguiente se realiza el suministro de agua y su respectivo drenado de forma automatizada.

**Suministro de agua:** El bombeo de llenado al reservorio se detiene cuando el nivel de

agua alcanza E1 y empieza cuando el nivel se ubica debajo de E2.

**Drenado:** El bombeo de vaciado del reservorio empieza cuando el nivel de agua alcanza E1 y para cuando el nivel se ubica debajo de E2.

#### **4.1.2.2 Sistema de oxigenación natural**

Se resolvió hacer la construcción de un tipo de torre de aireación, la finalidad es oxigenar el agua. En este caso se utilizaron recursos con el menor costo posible ya que se colocaron tanques con orificios a diferente altura manejándose únicamente con el sistema de gravedad.

En este sistema se colocan el aire y el agua en contacto transfiriéndose sustancias gaseosas desde el aire hacia el agua como el oxígeno.



**FIGURA 4.4 TORRE DE AIREACIÓN**

#### **4.1.2.3 Sistema de oxigenación artificial**

Se realizó la implementación de un sistema de oxigenación artificial gobernada por un compresor para complementar el proceso de oxigenación natural con el sistema de aireación anteriormente descrito.

#### **4.1.2.4 Sistema de filtración especializada**

Se realizó la implementación de un nuevo sistema de filtración, adaptando un filtro de arena Hayward Swim Pro, el cual funciona pasando el agua en tratamiento a

través de un tubo vertical por múltiples unidades laterales y por arena para filtrarla. Con esta nueva adaptación se logra sencillamente realizar la reutilización del agua una vez tratada.

Los procesos de lavado en los cuales se reutilizará el agua tratada son el Tipo 2 de lavado exterior de contenedores cargados refrigerados y el Tipo 4 de la limpieza de equipos portuarios.



**FIGURA 4.5 FILTRO DE ARENA**

#### **4.1.3 Control y monitoreo bajo mediciones de parámetros**

Una forma de controlar la calidad del agua es revisando los valores de la caracterización, por lo que se decide adquirir un colorímetro y un termostato, equipos cuya utilización será para

establecer la medición y monitoreo continuo revisando los valores de Demanda Química de Oxígeno, con esto además se puede verificar la dosis apropiada y uso eficiente de reactivos en el tratamiento de aguas residuales.

#### **4.1.3.1 Colorímetro portátil DR 900**

Este colorímetro es a prueba de agua, polvo y muy resistente para uso en campo, tiene capacidad de medir hasta 90 de los métodos de análisis de agua más solicitados. Con este equipo se toman las mediciones de Demanda Química de Oxígeno y al mismo tiempo de Sólidos Suspendidos Totales, aunque éste último no presenta problemas fuera de norma se lo mide para verificar que no existan variaciones desfavorables.



**FIGURA 4.6 COLORÍMETRO PORTÁTIL**

#### 4.1.3.2 Termostato DRB 200

El termostato es libremente programable para las conversiones determinadas por el usuario para determinación de parámetros específicos, la utilización de este equipo en conjunto con el colorímetro permite monitorear los Sólidos Suspendidos Totales y Demanda Química de Oxígeno.



**FIGURA 4.7 TERMOSTATO**

#### 4.1.4 Capacitación

Se establece un cronograma de capacitación que deberá cumplirse anualmente, los meses referidos están de acuerdo a la disponibilidad de la OP, los temas dependiendo su naturaleza serán dictados por personal interno o personal contratado externamente.

Temas a tratar	Instructor	Marzo	Abril	Junio	Julio	Octubre	Noviembre
Procedimientos de operación de la PTAR	Interno						
Uso de EPP	Interno						
Riesgos Laborales	Interno						
Producción más Limpia y aspectos ambientales	Externo						
Manipulación y Almacenamiento de materiales químicos	Interno						
Legislación Ambiental y concientización de impactos ambientales	Externo						
Orden y limpieza. Fundamentos de 5S	Interno						

**TABLA 15. CRONOGRAMA DE CAPACITACIÓN**

## 4.2 Implementación de procedimiento de control operacional ambiental en la planta de tratamiento

La implementación de las mejoras en la PTAR se realizó de forma sistemática mejorando el proceso y su entorno.

### 4.2.1 Proceso de tratamiento de agua residual mejorado

El agua que proviene del lavado de contenedores ingresa a una cisterna de recepción de 3 m<sup>3</sup> de capacidad la cual tiene

instalada una bomba sumergible (B1) que transporta el agua residual hacia el tanque reservorio de 30 m<sup>3</sup> de capacidad (T1) en donde comienza el tratamiento de agua (afuente) con oxigenación continua.

Cuando T1 se llena debe agregarse cal, se espera 2 horas de agitación y se procede a quitar el oxígeno para su sedimentación donde se produce la primera separación de lodo enviando este residuo al lecho de secado.

El agua almacenada en T1 es conducida al tanque clarificador (T2) por medio de una bomba (B2), paralelamente en línea, se dosifica sulfato de aluminio al 50%.

En T2 el agua entra a la cámara de mezcla rápida donde simultáneamente pasan a la cámara de agitación mecánica y luego al sedimentador donde se produce la segunda separación de lodo, el cual también es enviado al lecho de secado.

Posteriormente se pasa a un tanque pulmón y a filtros de arena con una bomba (B3), el agua clarificada y filtrada es dirigida hacia un tanque (T3) donde una bomba (B4) la conduce hacia un filtro de carbón activado y a su vez a la membrana de poliamida, finalmente se almacena en el tanque reservorio de 30m<sup>3</sup> (T4) donde se inyecta cloro en línea, obteniendo el agua tratada (efluente).



**FIGURA 4.8 TANQUES DE PASO DE AGUA RESIDUAL**

**Subprocesos continuos:**

- Oxigenación artificial: inyección de oxígeno a través de tuberías al tanque de agua tratada por medio de un compresor.
- Oxigenación natural: sistema de torre de aireación y recirculación de agua a través de dos bombas (B5 y B6).

- Acondicionamiento de pH: sistema automático de dosificación de acondicionador de pH y regulador mediante mediciones.



**FIGURA 4.9 REGULADOR DE PH**

#### **4.2.2 Reutilización de Agua Tratada**

Después de completar el tratamiento en la PTAR se obtiene un efluente que se lo hace circular a través de un Filtro de Arena SwimPro por medio de una bomba (B7) asegurando una caracterización con la calidad requerida para posteriormente ser devuelta al área de la Lavadora, con esto se da paso a la reutilización de agua, en casos donde se puede sustituir el agua potable por el agua tratada; específicamente en el lavado Tipo 2 y Tipo 4, es decir; en el lavado exterior de contenedores cargados refrigerados y la limpieza de equipos portuarios, de esta manera se realiza un importante aporte al medio ambiente y

un considerable ahorro económico por reducir el uso de agua potable.

Se revisa la influencia que tiene la reutilización de agua en el aspecto e impacto ambiental observándose que el uso de agua tratada en el proceso de lavado de contenedores disminuye en un porcentaje aproximado al 50% al uso de agua potable como se indica en el cuadro abajo descrito.

**Aspecto ambiental:** Consumo de agua

**Impacto ambiental:** Agotamiento de recurso

**Indicadores de desempeño ambiental:**

1. metros cúbicos por contenedor (m<sup>3</sup>/cont)
2. metros cúbicos por período (m<sup>3</sup>/per)

Período	C1	AP-C1 (m <sup>3</sup> /cont)	AP (m <sup>3</sup> /per)	C2	AT-C2 (m <sup>3</sup> /cont)	AT (m <sup>3</sup> /per)	A (m <sup>3</sup> /per)	% AT
P1	843	0,113	95	743	0,109	81	176	46,0
P2	1965	0,106	209	1711	0,108	184	393	46,8
P3	1998	0,091	181	1327	0,122	162	343	47,2
P4	1932	0,076	147	1379	0,119	164	311	52,7
P5	485	0,097	47	438	0,123	54	101	53,5

**TABLA 16. INDICADORES DE REUTILIZACIÓN DE AGUA TRATADA**

<b>C1:</b>	Contenedores lavados internamente
<b>AP-C1:</b>	Agua Potable utilizada por contenedor
<b>AP-P:</b>	Agua Potable por período
<b>C2:</b>	Contenedores lavados externamente
<b>AT-C2:</b>	Agua Tratada utilizada por contenedor
<b>AT:</b>	Agua Tratada utilizada por período
<b>A:</b>	Consumo de agua total por período (Agua Potable más Agua Tratada)
<b>% AT:</b>	Porcentaje de agua tratada utilizada por período

**TABLA 17. SIGNIFICADO DE INDICADORES UTILIZADOS**

#### **4.2.3 Controles Operativos de tratamiento**

Para asegurar la eficiencia del tratamiento mejorado, diariamente se realizaron mediciones de pH, sólidos en suspensión y DQO en el agua residual y en el agua tratada con los equipos locales adquiridos para monitorear los parámetros mencionados.

Los puntos que fueron sometidos a revisión fueron los siguientes:

1. Tanque de afluente
2. Tanque clarificador
3. Filtro de arena inicial
4. Membrana
5. Tanque de agua tratada
6. Filtro de arena SwimPro

Los resultados obtenidos en este monitoreo deben ser registrados.

#### **4.2.4 Dosificación bajo Test de Jarras**

Una vez que la PTAR se ha mejorado en el tema físico se procede a verificar la parte química, diariamente existen turbiedades variables, u otro tipo de situaciones que obligan a regular muchas veces al día la dosis de insumos químicos que se emplea. Para esto se contó con una Prueba de Jarras que será como un simulador de situaciones que suceden en Planta, y que ayudará a construir una tabla de dosis para determinar en el laboratorio las dosis de insumos que deben aplicarse a fin de lograr cambios favorables en la calidad del agua.

Con el objetivo de determinar el efecto producido por un coagulante-floculante sobre una muestra del agua residual se solicitó el test de jarras, en el cual se empleó el reactivo de Sulfato de Aluminio (solución al 50%). Se obtuvo como resultado la mayor remoción de DQO y Sólidos Solubles Totales al utilizar 200 mg/l del reactivo, asegurando de este modo la dosificación adecuada, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Sistema	Dosificaciones		Remoción (%)	
	Sulfato de Aluminio (mg/l)	Polelectrolito (ml)	DQO	SST
1	100	0	22,1	80,9
2	150	0	32,1	94,4
3	200	0	53,4	97,2
4	300	0	18,9	96,1
5	400	0	22,1	95,5
6	500	0	37,9	94,4
7	600	0	15,8	87,6
8	300	1	15,8	88,8
9	400	1	22,1	82,0

**TABLA 18. PORCENTAJES DE REMOCIÓN OBTENIDAS EN TEST DE JARRAS**

#### **4.2.5 Tratamiento químico basado en mediciones**

Tomando en cuenta los resultados del Test de Jarras se colocó a prueba el tratamiento con Sulfato de Aluminio Tipo 2, solución al 50% como reactivo principal, cal y cloro como componentes secundarios. Con el sistema automatizado se evita errores por dosificaciones manuales por lo que se estandariza el proceso.



**FIGURA 4.10 DOSIFICADORES DE QUÍMICOS**

Al realizar diferentes mediciones bajo prueba y error se pudo observar las variantes en los resultados de los parámetros, obteniendo, perfeccionamiento en el tratamiento químico y finalmente una caracterización con parámetros debajo de los límites máximos permisibles que dicta la normativa ambiental.

Las fechas de prueba fueron las siguientes:

**M1:** 18 de Agosto de 2014

**M2:** 3 de Septiembre de 2014

**M3:** 8 de Septiembre de 2014

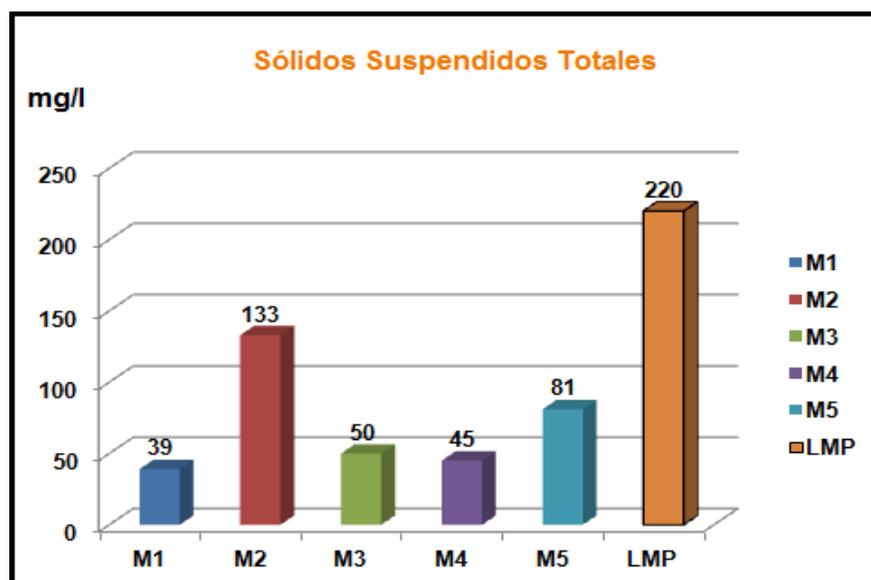
**M4:** 11 de Septiembre de 2014

**M5:** 25 de Septiembre de 2014

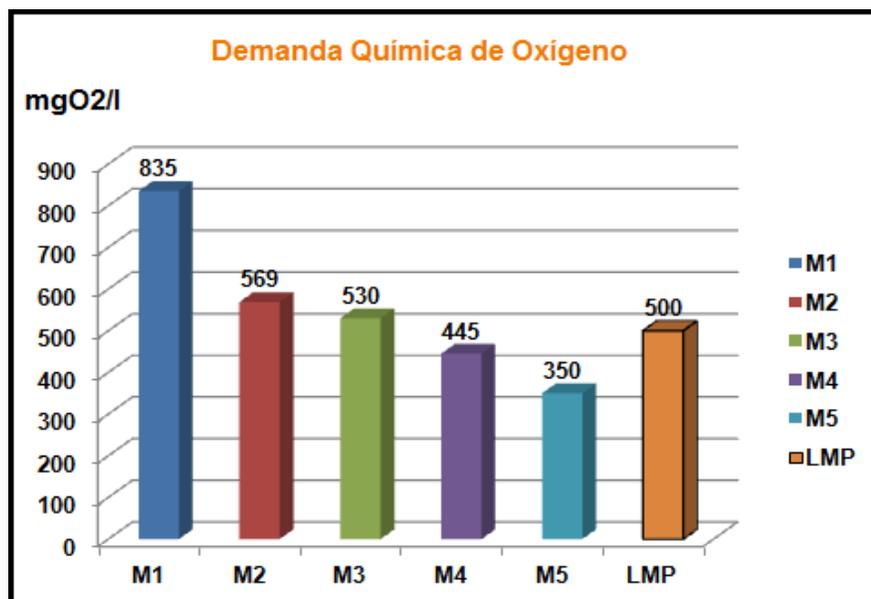
Parámetros	M1	M2	M3	M4	M5	LMP
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	39	133	50	45	81	220
Demanda Química de Oxígeno (mgO <sub>2</sub> /l)	835	569	530	445	350	500

**TABLA 19. CARACTERIZACIÓN FINAL DE AGUA RESIDUAL**

Se ha obtenido resultados viables de manera progresiva en comparación a los establecidos en la norma ambiental, tal como se muestra a continuación:



**FIGURA 4.11 SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES**

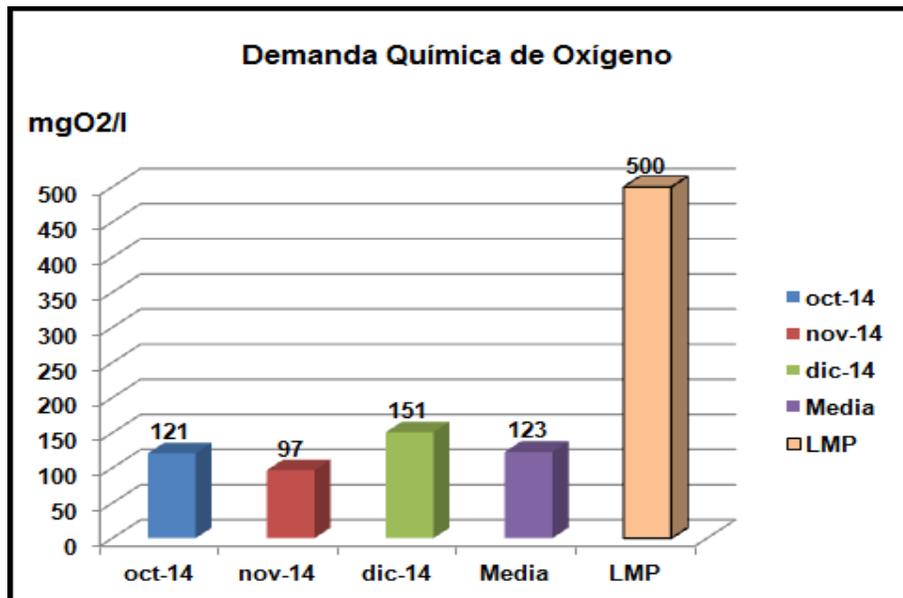


**FIGURA 4.12 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO**

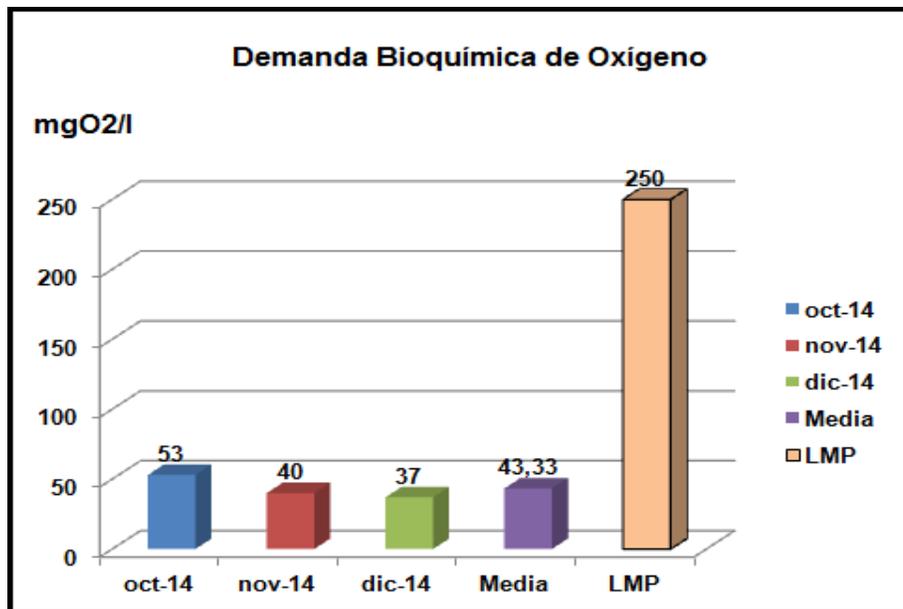
#### 4.2.6 Análisis mensual de parámetros

Paralelamente a las mediciones que se realizaron en el monitoreo interno con los equipos propios, recientemente adquiridos, se hizo un análisis mensual con un laboratorio acreditado por la SAE durante los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre de 2014. Con estos últimos resultados totalmente aceptables se logra validar las mediciones internas obtenidas anteriormente y se observa la eficiencia del proceso cumpliéndose finalmente con la norma ambiental Tulsma.

Se puede observar los valores finales de D.Q.O y D.B.O. del efluente analizado en los siguientes cuadros:



**FIGURA 4.13 VALORES FINALES DE DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO**



**FIGURA 4.14 VALORES FINALES DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO**

#### **4.2.7 Análisis de Riesgos de Trabajo**

Para realizar el ART se utilizó el Sistema Simplificado NTP-330 de Evaluación de Riesgos como metodología de análisis. Se hizo un levantamiento de campo para identificar y evaluar los riesgos asociados al trabajador de acuerdo a la actividad realizada; en este proyecto se involucra dos cargos:

Operador I (Lavadora): 15 trabajadores

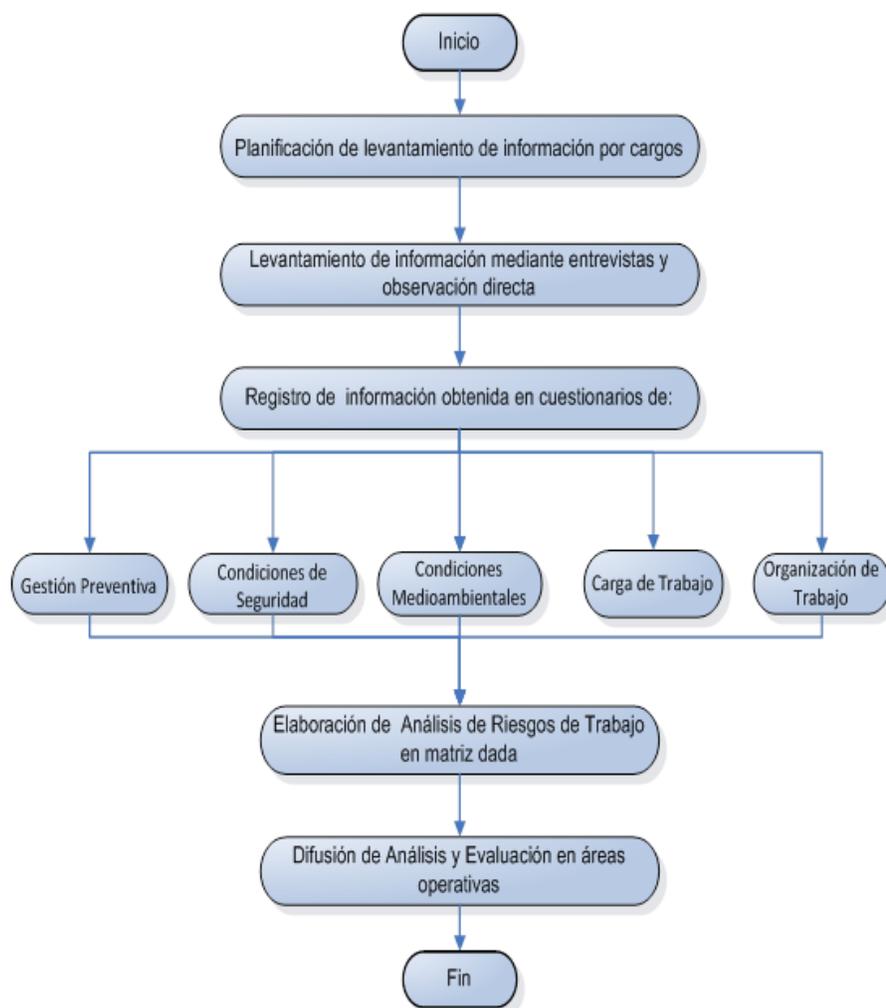
Operador II (PTAR): 2 trabajadores

Para obtener los análisis de riesgos de cada puesto de trabajo, se hicieron visitas al área correspondiente, logrando observar de esta manera las condiciones de trabajo, conociendo el número de trabajadores expuestos se escogió a una persona para realizar una entrevista que luego permita llenar los cuestionarios de chequeo.

Una vez llenos los cuestionarios, se hizo la revisión correspondiente, comprobando toda la información y se obtuvo la matriz de riesgos laborales en cuanto a los operadores de la

Lavadora y de la PTAR, obteniendo con esto los riesgos a los cuales estarían expuestos en el lugar de trabajo.

Posteriormente se realizó la difusión de los resultados de la evaluación al área correspondiente y se indicó los controles que se deben aplicar.



**FIGURA 4.15 ART CON METODOLOGÍA NTP 330**

A continuación se observa el ART del operador de la Lavadora y de la PTAR, los factores de riesgo tienen sus respectivos niveles de control que se originan de acuerdo al nivel de riesgo que se obtuvo, estos controles se pueden efectuar en el diseño, fuente, medio y/o receptor de proceso.

ANÁLISIS DE RIESGOS DE TRABAJO								
Proceso: Lavado de contenedores								
Puesto de trabajo: Operador I (Lavadora)								
FACTORES DE RIESGOS	GENERADOR DE RIESGO	NR		CONTROL				
				DISEÑO	FUENTE	MEDIO	RECEPTOR	
MAQUINAS Y EQUIPOS	ATRAPAMIENTOS	Subir al contenedor	60	III	Diseñar estructura móvil para subir al contenedor	No requiere	No requiere	Capacitación de riesgos laborales
	PROYECCIÓN DE PARTÍCULAS	Objetos en el piso que al contacto con las llantas podrían proyectarse	1080	I	No requiere	Orden y Limpieza	Orden y Limpieza	Uso de EPP (casco, gafas)
	GOLPES	Uso inadecuado de máquina de ozonificación	60	III	No requiere	Uso correcto de equipos	No requiere	Capacitación de riesgos laborales
HERRAMIENTA MANUAL	GOLPES	Uso de pistolas de agua a presión	1440	I	No requiere	Uso correcto de herramientas	No requiere	Capacitación de riesgos laborales
	PROYECCIÓN DE PARTÍCULAS	Lavado externo e interno de contenedores	1080	I	No requiere	No requiere	No requiere	Uso de EPP (gafas)

**TABLA 20. FACTOR MECÁNICO DEL ART DE OPERADOR I**

ESPACIOS DE TRABAJO	CAIDAS AL MISMO NIVEL	Piso mojado	240	II	No requiere	Orden y Limpieza	Orden y Limpieza	Uso de EPP Antideslizante
	CAIDAS A DISTINTO NIVEL	Subir escaleras hacia equipos de lavado	750	I	Diseño de escaleras que cumpla con estándares	No requiere	Señalización	Uso de EPP Antideslizante
	GOLPEADO POR/CONTRA	Golpes por apertura inadecuada de puertas de contenedor	200	II	No requiere	No requiere	No requiere	Capacitación de riesgos laborales
MANIPULACIÓN Y TRANSPORTE	LEVANTAMIENTO MECÁNICO DE CARGAS	Uso de máquina de ozonificación	150	II	No requiere	Uso correcto de equipos	No requiere	Capacitación de riesgos laborales
	MOVILIZACIÓN AUTOMOVIL (Accidente)	Vehículos externos que ingresan a lavadora a velocidad no permitida y sin autorización	3000	I	Señalización Prohibición de ingreso al área de lavado sin autorización	Prohibición de ingreso al área de lavado sin autorización	Señalización Prohibición de ingreso al área de lavado sin autorización	Capacitación de riesgos laborales
	TRANSITO PEATONAL (Atropellos)	Personal que no utiliza pasos peatonales o usan distracción (audifonos, radios, celulares). Vehículos con señales de advertencia en mal estado	3000	I	Señalización Prohibición de ingreso al área de lavado sin autorización	Uso estricto de paso peatonal. Prohibición de ingreso al área de lavado sin autorización	Señalización Prohibición de ingreso al área de lavado sin autorización	Capacitación de riesgos laborales
	SALPICADURA DE LIQUIDOS (QUIMICOS/CALIENTES)	Contacto con producto de limpieza (simple green)	80	III	No requiere	Se utiliza producto biodegradable	No requiere	Uso de EPP (Guantes de nitrilo)
CONTAMINANTES FISICOS	CONTACTOS ELECTRICOS (INDIRECTOS)	Pulsadores de encendido de bombas para agua y encendido de máquina de ozonificación	2400	I	No requiere	Colocar pulsadores adecuados para área húmeda	Señalización	Uso de EPP dieléctrico
	ILUMINACIÓN NOCTURNA EN EXTERIORES: ARTIFICIAL	Revisión de contenedores en el área de lavado en turno nocturno con iluminación deficiente	200	II	Mantenimiento de lámparas	Uso de linternas de casco	Revisión planificada de lámparas	Capacitación de riesgos laborales
	RUIDO	Ingreso de vehículos al área de lavado	600	I	Sistema de monitoreo de ruido ambiental	Sistema de monitoreo de ruido ambiental	Sistema de monitoreo de ruido ambiental	Capacitación de riesgos laborales. Uso de EPP (tapones auditivos)
	VIBRACIONES MANO-BRAZO	Uso inadecuado de pistolas a presión	80	III	No requiere	Uso correcto de herramientas	No requiere	Capacitación de riesgos laborales

**TABLA 21. FACTOR FÍSICO DEL ART DE OPERADOR I**

CONT. QUÍMICO	MOLECULA INDIVIDUAL: VAPORES	Lavado de contenedores con malos olores	600	I	No requiere	Uso de máquina de ozonificación en proceso	No requiere	Uso de EPP (mascarilla media cara)
CONT. BIOLÓGICOS	DESECHOS ORGANICOS NO BIOPELIGROSOS	Restos de madera o fruta en los contenedores	0	IV	No requiere	No requiere	Orden y limpieza	Capacitación de orden y limpieza (5S)
	INSECTOS (VECTORES ENF. VIRALES ENDEMICAS)	Mosquitos	40	III	No requiere	Mantener el sistema de control de roedores e insectos (contratista)	Mantener limpieza de canales (contratista)	Capacitación de riesgos laborales
	REPTILES NO VENENOSOS	Presencia de iguanas pequeñas	20	IV	No requiere	Mantener limpieza de canales (contratista)	Mantener limpieza de canales (contratista)	Capacitación de riesgos laborales
FATIGA FÍSICA	LEVANTAMIENTO MANUAL DE CARGAS PESADAS	Uso de máquina de ozonificación	150	II	No requiere	Conocimiento de ergonomía	No requiere	Capacitación de riesgos laborales
	POSTURAS INADECUADAS	Postura inadecuada en uso de pistola a presión	80	III	No requiere	Conocimiento de ergonomía	No requiere	Capacitación de riesgos laborales
	CARGA FÍSICA MEDIA (200 a 350 Kcal/h ó 1600 a 2000 Kcal/jornada)	Uso de máquina de ozonificación	80	III	No requiere	Conocimiento de ergonomía	No requiere	Capacitación de riesgos laborales
AUTONOMIA	Tareas cortas, sencillas y repetitivas	60	III	No requiere	No requiere	No requiere	Capacitación de riesgos laborales	
CONTENIDO DEL TRABAJO	La organización de las tareas está previamente definida	0	IV	No requiere	Difusión de planificación general	No requiere	No requiere	
SUPERVISIÓN - PARTICIPACIÓN	Sistema de comunicación (radio)	0	IV	No requiere	Difusión de planificación general	No requiere	No requiere	
DEFINICIÓN DEL ROL	El trabajador conoce la totalidad del proceso	0	IV	No requiere	No requiere	No requiere	Capacitación de procedimiento de trabajo	
INTERÉS POR EL TRABAJADOR	El trabajador conoce la importancia de su labor	0	IV	No requiere	No requiere	No requiere	Capacitación de PML y Legislación ambiental	
RELACIONES INTERPERSONALES	La tarea facilita el trabajo en equipo	0	IV	No requiere	No requiere	No requiere	No requiere	

**TABLA 22. FACTOR QUÍMICO, BIOLÓGICO, ERGONÓMICO  
Y PSICOSOCIAL DEL ART DE OPERADOR I**

ANÁLISIS DE RIESGOS DE TRABAJO							
Proceso: Operación de la PTAR							
Puesto de trabajo: Operador II (PTAR)							
FACTORES DE RIESGOS		GENERADOR DEL RIESGO	NR	CONTROL			
				DISEÑO	FUENTE	MEDIO	RECEPTOR
MÁQUINAS Y EQUIPOS	RIESGO ELECTRICO (contacto eléctrico)	Se opera tablero de control 220 voltios	800	I	No requiere	Mantenimiento de equipos	Señalización Uso de EPP dieléctrico
	HERRAMIENTA MANUAL	GOLPES	Mantenimiento a tanques de tratamiento	360	II	No requiere	Uso correcto de herramientas No requiere Capacitación de riesgos laborales
ESPACIOS DE TRABAJO	ESPACIOS CONFINADOS	Limpeza de tanques de tratamiento	100	III	No requiere	No requiere	No requiere Uso de EPP (mascarilla media cara)
	CAIDAS AL MISMO NIVEL	Piso húmedo	200	II	No requiere	Orden y limpieza	Orden y limpieza Uso de EPP (calzado antideslizante)
	CAIDAS A DISTINTO NIVEL	Subir a tanques de tratamiento	150	II	No requiere	No requiere	No requiere Capacitación de riesgos laborales
	TRABAJOS EN ALTURAS	Revisión de tanques de tratamiento	360	II	No requiere	Orden y limpieza	No requiere Capacitación de riesgos laborales
MANIPULACION Y TRANSPORTE	TRANSPORTE DE CARGA PELIGROSA	Manipulación de químicos	150	II	No requiere	Orden y limpieza	Señalización Uso de EPP (guantes y mascarilla)
	SALPICADURA DE LIQUIDOS (QUIMICOS/CALIENTES)	Manipulación de químicos	150	II	No requiere	No requiere	Señalización Uso de EPP (guantes y gafas)
	DERRAMES ACCIDENTALES	Derrame por manipulación inadecuada de químicos	450	II	No requiere	Orden y limpieza	No requiere Capacitación de riesgos laborales
CONT. FISICOS	CONTACTOS ELECTRICOS (INDIRECTOS)	Pulsadores de encendido de bombas y panel de control	800	I	No requiere	Mantenimiento de equipos	No requiere Uso de EPP dieléctrico
	RUIDO	Operación propia de la planta y compresor	200	II	Sistema de monitoreo de ruido ambiental	Sistema de monitoreo de ruido ambiental	Sistema de monitoreo de ruido ambiental Uso de EPP (tapones auditivos)

**TABLA 23. FACTOR MECÁNICO Y FÍSICO DEL ART DE OPERADOR II**

CONT. QUÍMICO	MOLECULA INDIVIDUAL: VAPORES	Vapores propios de tratamiento	1440	I	No requiere	Orden y limpieza	No requiere	Capacitación de riesgos laborales
	CONT. BIOLÓGICOS	DESECHOS ORGANICOS NO BIOPELIGROSOS	Lodos residuales de PTAR	60	III	No requiere	Orden y limpieza	Solicitar análisis de lodos
INSECTOS (VECTORES ENF. VIRALES ENDEMICAS)		Mosquitos	40	III	No requiere	Mantener el sistema de control de roedores e insectos (contratista)	Mantener limpieza de canales (contratista)	Capacitación de riesgos laborales
REPTILES NO VENENOSOS		Presencia de iguanas pequeñas	40	III	No requiere	Mantener limpieza de canales (contratista)	Mantener limpieza de canales (contratista)	Capacitación de riesgos laborales
FATIGA FÍSICA	POSTURAS INADECUADAS	Postura inadecuada en manipulación de químicos	0	IV	No requiere	No requiere	Conocimiento de ergonomía	Capacitación de riesgos laborales
	CARGA FÍSICA LIGERA (< 200 Kcal/h ó < 1600 Kcal/jornada)	Manipulación de químicos	0	IV	No requiere	No requiere	Conocimiento de ergonomía	Capacitación de riesgos laborales
	CARGA FÍSICA MEDIA (200 a 350 Kcal/h ó 1600 a 2000 Kcal/jornada)	Manipulación de químicos	180	II	No requiere	No requiere	Conocimiento de ergonomía	Capacitación de riesgos laborales
AUTONOMIA	Se debe hacer seguimiento al proceso	80	III	No requiere	Seguir el procedimiento definido	No requiere	Capacitación de PML	
CONTENIDO DEL TRABAJO	La organización de las tareas está previamente definida	0	IV	No requiere	Seguir el procedimiento definido	No requiere	Capacitación de Legislación ambiental	
SUPERVISIÓN - PARTICIPACIÓN	Registrar procesos realizados	0	IV	No requiere	Seguir el procedimiento definido	No requiere	Capacitación de Legislación ambiental	
DEFINICIÓN DEL ROL	El trabajador conoce la totalidad del proceso	0	IV	No requiere	No requiere	No requiere	Capacitación de procedimiento de trabajo	
INTERÉS POR EL TRABAJADOR	El trabajador conoce la importancia de su labor	0	IV	No requiere	No requiere	No requiere	Capacitación de PML y Legislación ambiental	

**TABLA 24. FACTOR QUÍMICO, BIOLÓGICO, ERGONÓMICO Y PSICOSOCIAL DEL ART DE OPERADOR II**

# CAPÍTULO 5

## 5. ANÁLISIS DE COSTOS E IMPACTO AMBIENTAL

### 5.1 Análisis de Costos

Debido a los cambios en el proceso de la PTAR se generaron costos de inversión con un total de \$1.996,00, concernientes a los equipos del sistema automatizado y equipos de monitoreo interno, en conjunto con rótulos para el etiquetado respectivo.

Costos de inversión	
Rótulos para etiquetado	\$ 96,00
Equipos de automatización	\$ 1.100,00
Equipos de monitoreo	\$ 800,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1.996,00</b>

**TABLA 25. COSTOS DE INVERSIÓN**

Para un óptimo funcionamiento de la PTAR se debe incurrir en costos operacionales, los mismos que están calculados de manera mensual con valores aproximados, entre ellos cuentan los análisis externos que se incluyen en los reportes correspondientes emitidos a la DMA cada seis meses con fechas indicadas por la propia entidad.

<b>Costos de operación</b>	
Mano de obra (2 operadores)	\$ 720,00
Análisis de laboratorio acreditado	\$ 110,00
Material químico	\$ 500,00
<b>Total de costos de operación</b>	<b>\$ 1.330,00</b>
<b>Costo de mantenimiento</b>	
<b>Total de costos de mantenimiento</b>	<b>\$ 500,00</b>
<b>TOTAL DE COSTOS</b>	<b>\$ 1.830,00</b>

**TABLA 26. COSTOS OPERACIONALES**

## 5.2 Impacto Ambiental

Al no cumplir con la operación correcta de la PTAR se podría ocasionar una contaminación ambiental no deseada, la misma que daría paso a una infracción, existiendo consecuentemente una sanción económica y daños irreparables al medio ambiente.

El Art. 80 del Libro VI Título I del Sistema Único de Manejo Ambiental (SUMA) indica lo siguiente:

**Incumplimiento de Normas Técnicas Ambientales.-** Cuando mediante controles, inspecciones o auditorías ambientales efectuados por la entidad ambiental de control, se constate que un regulado no cumple con las normas técnicas ambientales o con su plan de manejo ambiental, la entidad ambiental de control adoptará las siguientes decisiones: Imposición de una multa entre los 20 y 200 salarios básicos unificados, la misma que se valorará en función del nivel y el tiempo de incumplimiento de las normas, sin perjuicio de la suspensión del permiso, licencia otorgada, hasta el pago de la multa. En caso de reincidencia, a más de la multa correspondiente, se retirarán las autorizaciones ambientales emitidas a favor del infractor, particularmente el permiso de Descarga, Emisiones y Vertidos.

Por tal motivo se deduce el siguiente cuadro:

Valor mínimo aproximado (sanción)	\$ 7.000,00
<b>Total evitable</b>	<b>\$ 7.000,00</b>

**TABLA 27. COSTO EVITABLE**

Siguiendo correctamente el proceso de la PTAR se disminuyen dos aspectos ambientales significativos, del consumo de agua potable y de generación de agua residual, al utilizar agua tratada en operaciones que antes se realizaba con agua potable se reduce al 50% el consumo, en consecuencia; los costos por consumo de agua potable reflejarán una disminución considerable anualmente, creando además un impacto ambiental positivo.

#### **5.2.1 Auditoría ambiental**

Es necesaria la implementación de una auditoría para constatar que se cumpla con el procedimiento de control operacional ambiental, se mantengan las condiciones medioambientales requeridas y se identifiquen futuras oportunidades de mejora en la PTAR. Esto se realiza tomando como herramienta el checklist presentado posteriormente.

Checklist de Auditoría		
Actividades	Se cumple	No se cumple
1. Se mantiene el procedimiento al alcance en el lugar de trabajo		
2. El personal se encuentra capacitado para las operaciones de la PTAR		
3. El personal usa los EPP requeridos		
4. Se encuentra el lugar de trabajo limpio y ordenado		
5. Se encuentran los materiales debidamente etiquetados		
6. Se conocen los indicadores de desempeño ambiental de la PTAR		
7. Se conocen los valores LMP que se deben cumplir según Tulsma		
8. Se realiza el monitoreo interno de la caracterización de agua residual periódicamente		
9. Se registran los resultados del monitoreo interno en la PTAR		
10. Se mantienen los registros de los resultados de análisis del efluente con laboratorios acreditados		
11. Se registra el proceso de dosificación por tratamiento		
12. Se registra el desalojo de lodos		
13. Se registra el uso de agua tratada		
14. Se realizan los registros diariamente		

**TABLA 28. CHECKLIST DE AUDITORÍA AMBIENTAL**

# CAPÍTULO 6

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

1. Se pudo asegurar la eficiencia al definir el Sulfato de Aluminio como reactivo principal en el tratamiento de aguas residuales con los resultados del Test de Jarras, con esto se consiguió acelerar el proceso de manera favorable en el tema químico.
2. Se estandarizaron los procesos con la implementación del sistema de automatización en la planta de tratamiento, se anulan posibles errores de operación manual logrando al mismo tiempo una buena eficiencia energética y menor impacto ambiental

3. Se puede tener un estricto control de los valores que refleje la caracterización del agua residual con el monitoreo local existente en la PTAR utilizando los equipos adquiridos como el colorímetro y termostato; con lo cual se podrá tomar acciones inmediatas en caso de ser necesario.
  
4. Se cumple con el 100% de la normativa legal ambiental en cuanto a los valores de los parámetros que regula el Tulsma del libro IV tabla 11, de la descarga al alcantarillado público, sistema que es vigilado por la Dirección de Medio Ambiente.
  
5. Se logró la reutilización en un 100% del agua residual, la misma que en los últimos cinco períodos mensuales revisados se ha consumido desde un 46% hasta un 53.5% por período para el lavado de contenedores, tal como se describe en el capítulo 4; aportando así a una producción más limpia, ya que reduce el consumo de agua potable y con esto el agotamiento de recursos.

## 6.2 Recomendaciones

1. Implementar el procedimiento diseñado y descrito en el capítulo 4 para obtener procesos definidos en la planta de tratamiento, lo cual permitirá estandarizarlos y en consecuencia la inducción a posibles nuevos colaboradores sea sencilla.
2. Capacitar en temas propios del proceso de la PTAR, de los riesgos asociados a sus tareas y la influencia de su trabajo en el Medio Ambiente; tal como se muestra en el capítulo 4, así se da paso a una mayor concientización y mejora en la cultura de los colaboradores.
3. Mantener registros de todas las operaciones realizadas en la PTAR con la finalidad de llevar un control general del proceso tanto en el monitoreo interno, de análisis externo, y del tratamiento realizado.
4. Entregar equipos de protección personal referidos en el procedimiento planteado del capítulo 4; los mismos que serán

entregados de acuerdo a la tarea que los colaboradores realicen como se muestra en el Anexo 1 de Análisis de Riesgos de Trabajo; sin excepciones, desde el inicio hasta el final de la misma, y realizar inspecciones periódicas revisando que esto se cumpla.

5. Establecer una planificación adecuada de mantenimiento en todo el sistema de tratamiento, equipos de automatización, monitoreo interno y equipos de control operativo general.
  
6. Realizar una auditoría interna para dar seguimiento del cumplimiento del sistema implementado, existiendo retroalimentación, asegurando eficiencia y compromiso por parte del personal involucrado.

# APÉNDICES

## APÉNDICES

Apéndice A	Factor mecánico del ART del Operador I (Lavadora)
Apéndice B	Factor físico del ART del Operador I (Lavadora)
Apéndice C	Factor químico, biológico, ergonómico y psicosocial del ART del Operador I (Lavadora)
Apéndice D	Factor mecánico y físico del ART del Operador II (PTAR)
Apéndice E	Factor químico, biológico, ergonómico y psicosocial del ART del Operador II (PTAR)
Apéndice F	Formato de entrega de EPP
Apéndice G	Análisis inicial con parámetros fuera de LMP (Nov 2013)
Apéndice H	Análisis inicial con parámetros fuera de LMP (Dic 2013)
Apéndice I	Análisis consolidado con parámetros fuera de LMP (2014)
Apéndice J	Análisis final con parámetros dentro de LMP (Nov 2014)
Apéndice K	Análisis final con parámetros dentro de LMP (Dic 2014)
Apéndice L	Análisis consolidado con parámetros dentro de LMP (2014)

# APÉNDICE A

## FACTOR MECÁNICO DEL ART DEL OPERADOR I (LAVADORA)

ANÁLISIS DE RIESGOS DE TRABAJO																				
Proceso: Lavado de contenedores																				
Puesto de trabajo: Operador I (Lavadora)																				
TIPO DE FACTOR	FACTORES DE RIESGOS	GENERADOR DE RIESGO	MD			NE			MP	MC			IR	CONTROL						
			MD	D	M	A	EC	EF		EO	EE	M		MG	G	L	DISEÑO	FUENTE	MEDIO	RECEPTOR
FACTOR MECÁNICO	MÁQUINAS Y EQUIPOS	A TRAPAMIENTOS		2				3		6	M			10	60	III	Diseñar estructura móvil para subir al contenedor	No requiere	No requiere	Capacitación de riesgos laborales
		PROYECCIÓN DE PARTÍCULAS		6				3		18	A	60			1080	I	No requiere	Orden y Limpieza	Orden y Limpieza	Uso de EPP (casco, gafas)
		GOLPES						3		6	M			10	60	III	No requiere	Uso correcto de equipos	No requiere	Capacitación de riesgos laborales
	HERRAMIENTA MANUAL	GOLPES	Uso de pistolas de agua a presión		6			4		24	MA	60			1440	I	No requiere	Uso correcto de herramientas	No requiere	Capacitación de riesgos laborales
		PROYECCIÓN DE PARTÍCULAS	Lavado externo e interno de contenedores		6			3		18	A	60			1080	I	No requiere	No requiere	No requiere	Uso de EPP (gafas)



# APÉNDICE C

## FACTOR QUÍMICO, BIOLÓGICO, ERGONÓMICO Y PSICOSOCIAL DEL ART DEL OPERADOR I (LAVADORA)

FACTOR QUÍMICO		FACTOR BIOLÓGICO		FACTOR ERGONÓMICO		FACTOR PSICOSOCIAL							
MOLECULA INDIVIDUAL: VAPORES	Lavado de contenedores con malos olores	6	0	4	24	MA	25	600	I	No requiere	Uso de máquina de ozonificación en proceso	No requiere	Uso de EPP (mascarilla media cara)
	DESECHOS ORGANICOS NO BIOPELIGROSOS	Restos de madera o fruta en los contenedores	0	4	0	B		10	0	IV	No requiere	Orden y limpieza	Capacitación de orden y limpieza (SS)
CONT. BIOLÓGICOS	INSECTOS (VECTORES ENF. VIRALES ENDEMICAS)	2	2	4	2	B	10	40	III	No requiere	Mantener el sistema de control de roedores e insectos (contratista)	Mantener limpieza de canales (contratista)	Capacitación de riesgos laborales
	REPTILES NO VENENOSOS	Presencia de iguanas pequeñas	2	2	1	2	B	10	20	IV	No requiere	Mantener limpieza de canales (contratista)	Capacitación de riesgos laborales
FACTOR ERGONÓMICO	LEVANTAMIENTO MANUAL DE CARGAS PESADAS	2	2	3	6	M	25	150	II	No requiere	Conocimiento de ergonomía	No requiere	Capacitación de riesgos laborales
	POSTURAS INADECUADAS	Postura inadecuada en uso de pistola a presión	2	4	8	M	10	80	III	No requiere	Conocimiento de ergonomía	No requiere	Capacitación de riesgos laborales
FACTOR ORGANIZACION DEL TRABAJO	CARGA FISICA MEDIA (2000 ± 350 kcal/día ó 1600 ± 2000 kcal/semana)	2	2	4	8	M	10	80	III	No requiere	Conocimiento de ergonomía	No requiere	Capacitación de riesgos laborales
	TORNOS	Rotativo cada cinco días	6	4	24	MA	10	240	II	No requiere	Revisión de horarios nocturnos	No requiere	Capacitación de riesgos laborales
HORARIO	RITMO	6	6	4	24	MA	10	240	II	No requiere	Revisión de horarios nocturnos	No requiere	Capacitación de riesgos laborales
	JORNADA LABORAL DIURNA (HORAS DÍA)	hasta 12 horas diarias	0	4	0	B	10	0	IV	No requiere	No requiere	No requiere	No requiere
FACTOR PSICOSOCIAL	JORNADA LABORAL SEMANAL (HORAS SEMANA)	hasta 60 horas semanales	0	4	0	B	10	0	IV	No requiere	No requiere	No requiere	No requiere
	AUTONOMIA	Tareas cortas, sencillas y repetitivas	2	0	3	6	M	10	60	III	No requiere	No requiere	Capacitación de riesgos laborales
FACTOR PSICOSOCIAL	CONTENIDO DEL TRABAJO	La organización de las tareas está previamente definida	0	4	0	B	10	0	IV	No requiere	Difusión de planificación general	No requiere	No requiere
	SUPERVISIÓN - PARTICIPACIÓN	Sistema de comunicación (radio)	0	4	0	B	0	0	IV	No requiere	Difusión de planificación general	No requiere	No requiere
FACTOR PSICOSOCIAL	DEFINICIÓN DEL ROL	El trabajador conoce la totalidad del proceso	0	4	0	B	0	0	IV	No requiere	No requiere	No requiere	Capacitación de procedimiento de trabajo
	INTERÉS POR EL TRABAJADOR	El trabajador conoce la importancia de su labor	0	4	0	B	0	0	IV	No requiere	No requiere	No requiere	Capacitación de PML y Legislación ambiental
FACTOR PSICOSOCIAL	RELACIONES INTERPERSONALES	La tarea facilita el trabajo en equipo	0	4	0	B	0	0	IV	No requiere	No requiere	No requiere	No requiere

# APÉNDICE D

## FACTOR MECÁNICO Y FÍSICO DEL ART DEL OPERADOR II (PTAR)

ANÁLISIS DE RIESGOS DE TRABAJO																									
Proceso: Operación de la PTAR																									
Puesto de trabajo: Operador II (PTAR)																									
TIPO DE FACTOR	GENERADOR DEL RIESGO	ID			NE			MP	NC			NR	CONTROL												
		MD	D	M	A	EC	EF		EO	EE	M		MG	G	L	DISEÑO	FUENTE	MEDIO	RECEPTOR						
FACTOR MECÁNICO	MÁQUINAS Y EQUIPOS	RIESGO ELÉCTRICO (contacto eléctrico)			2			4					8	M				800	I	No requiere	Mantenimiento de equipos	Señalización	Uso de EPP dieléctrico		
	HERRAMIENTA	GOLPES			2			3					6	M	60			360	II	No requiere	Uso correcto de herramientas	No requiere	Capacitación de riesgos laborales		
		ESPACIOS CONFINADOS	Limpeza de tanques de tratamiento			2			2				4	B	25			100	III	No requiere	No requiere	No requiere	Uso de EPP (mascarilla media cara)		
FACTOR FÍSICO	ESPACIOS DE TRABAJO	CADAS AL MISMO NIVEL			2			4				8	M		25			200	II	No requiere	Orden y limpieza	Orden y limpieza	Uso de EPP (calzado antideslizante)		
		CADAS A DISTINTO NIVEL			2			3				6	M		25			150	II	No requiere	No requiere	No requiere	Capacitación de riesgos laborales		
		TRABAJOS EN ALTURAS	Revisión de tanques de tratamiento			2			3				6	M	60			360	II	No requiere	Orden y limpieza	Orden y limpieza	Capacitación de riesgos laborales		
		TRANSPORTE DE CARGA PELIGROSA	Manipulación de químicos			2			3				6	M		25			150	II	No requiere	Orden y limpieza	Señalización	Uso de EPP (guantes y mascarilla)	
		SALPICADURA DE LÍQUIDOS (QUÍMICOS/CALENTES)	Manipulación de químicos			2			3				6	M		25			150	II	No requiere	No requiere	Señalización	Uso de EPP (guantes y gafas)	
	CONT. FÍSICOS	MANIPULACION Y TRANSPORTE	Derrame por manipulación inadecuada de químicos			6	0		3				18	A		25			450	II	No requiere	Orden y limpieza	No requiere	Capacitación de riesgos laborales	
			Pulsadores de encendido de bombas y panel de control			2			4				8	M	100				800	I	No requiere	Mantenimiento de equipos	No requiere	Uso de EPP dieléctrico	
		CONT. FÍSICOS	RUIDO	Operación propia de la planta y compresor			2			4				8	M		25			200	II	Sistema de monitoreo de ruido ambiental	Sistema de monitoreo de ruido ambiental	Sistema de monitoreo de ruido ambiental	Uso de EPP (tapones auditivos)

# APÉNDICE E

## FACTOR QUÍMICO, BIOLÓGICO, ERGONÓMICO Y PSICOSOCIAL DEL ART DEL OPERADOR II (PTAR)

FACTOR QUÍMICO		Vapores propios de tratamiento	6	4	3	24 MA	60	1440	I	No requiere	Orden y limpieza	No requiere	Capacitación de riesgos laborales	
FACTOR QUÍMICO Y BIOLÓGICO		MOLECULA INDIVIDUAL- VAPORES												
		CONT. BIOLÓGICOS												
		DESECHOS ORGANICOS NO BIOPELIGROSOS	Lodos residuales de PTAR	2	3	6 M	10	60	10	60	No requiere	Orden y limpieza	Solicitar análisis de lodos	Capacitación de riesgos laborales
		INSECTOS (VECTORES ENF. VIRALES ENDEMICAS)	Mosquitos	2	2	4 B	10	40	10	40	No requiere	Mantener el sistema de control de roedores e insectos (contratista)	Mantener limpieza de canales (contratista)	Capacitación de riesgos laborales
FACTOR ERGONÓMICO		REPTILES NO VENENOSOS	2	2	4 B	10	40	10	40	No requiere	Mantener limpieza de canales (contratista)	Mantener limpieza de canales (contratista)	Capacitación de riesgos laborales	
		POSTURAS INADECUADAS	Postura inadecuada en manipulación de químicos	0	0	0 B		0	0	0	No requiere	No requiere	Conocimiento de ergonomía	Capacitación de riesgos laborales
		CARGA FISICA LIGERA (< 200Kcal/h ó < 1600 Kcal/jornada)	Manipulación de químicos	0	0	0 B		0			No requiere	No requiere	Conocimiento de ergonomía	Capacitación de riesgos laborales
		CARGA FISICA MEDIA (200 + 350 Kcal/h ó 1600 + 2000 Kcal/jornada)	Manipulación de químicos	6	3	18 A	10	180	10	180	No requiere	No requiere	Conocimiento de ergonomía	Capacitación de riesgos laborales
FACTOR PSICOSOCIAL		AUTONOMIA	2	4	8 M			10	80	No requiere	Seguir el procedimiento definido	No requiere	Capacitación de PIL	
		CONTENIDO DEL TRABAJO		0	0 B	10	0			No requiere	Seguir el procedimiento definido	No requiere	Capacitación de Legislación ambiental	
		SUPERVISIÓN - PARTICIPACIÓN	Registrar procesos realizados	0	0	0 B	10	0			No requiere	Seguir el procedimiento definido	No requiere	Capacitación de Legislación ambiental
		DEFINICIÓN DEL ROL	El trabajador conoce la totalidad del proceso	0	0	0 B	10	0			No requiere	No requiere	No requiere	Capacitación de procedimiento de trabajo
FACTOR PSICOSOCIAL		INTERÉS POR EL TRABAJADOR		0	0 B			10	0	No requiere	No requiere	No requiere	Capacitación de PIL y Legislación ambiental	
			El trabajador conoce la importancia de su labor	0	0	0 B			10	0	No requiere	No requiere	No requiere	Capacitación de PIL y Legislación ambiental



## APÉNDICE G

### ANÁLISIS INICIAL CON PARÁMETROS FUERA DE LMP (NOV 2013)

	<p><i>INFORME DE ENSAYOS</i></p> <p>No. 30884-1</p>	 <p style="font-size: small;">LABORATORIO DE ENSAYOS N° OAE LE 26 06-001</p>
--	---	---

Guayaquil, 5 DE DICIEMBRE DEL 2013

Fecha, Hora y lugar de Muestreo:	25/11/2013 14:45 Guayaquil
Fecha y Hora de Recepción:	25/11/2013 15:35
Punto e Identificación de la Muestra:	Efluente de la planta de tratamiento de AARR
Norma Técnica de muestreo:	INEN 2169:98-2176:98
Matriz de la muestra:	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Muestreador:	JG
Tipo de Muestreo:	Simple
Coordenadas Geográficas:	17M0619529 - 9751118

LMP de acuerdo a la Norma: TULSMA TOMO V TABLA 11 LIMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PUBLICO

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Método Analítico	Analizado
<b>AGREGADOS ORGANICOS:</b>						
Tensoactivos-Detergentes (1)	0,475	0,119	mg/l	< 2,000	PEE-GQM-FQ-21	27/11/2013 JV
Aceites y Grasas (3)	0,80	0,06	mg/l	< 100,00	PEE-GQM-FQ-03	29/11/2013 AL
Demanda Bioquímica de Oxígeno	608	42,56	mgO <sub>2</sub> /l	< 250	PEE-GQM-FQ-05	26/11/2013 PT
Demanda Química de Oxígeno	941	106,33	mgO <sub>2</sub> /l	< 500	PEE-GQM-FQ-16	26/11/2013 PT
Hidrocarburos Totales de Petróleo (3)	< 0,04	---	mg/l	1	PEE-GQM-FQ-07	30/11/2013 AL

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Método Analítico	Analizado
<b>FSICOQUIMICOS:</b>						
Carga Contaminante (1)	8,1302	---	Kg DQO/día	-----	Calculo	03/12/2013 PT

## APÉNDICE H

### ANÁLISIS INICIAL CON PARÁMETROS FUERA DE LMP (DIC 2013)

<p><i>INFORME DE ENSAYOS</i> No. 31686-1</p>	 <small>LABORATORIO DE ENSAYOS N° OAE LE ZC 09-001</small>
--	--

Guayaquil, 14 DE ENERO DEL 2014

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 17/12/2013 13:05 Guayaquil  
 Fecha y Hora de Recepción: 17/12/2013 17:54  
 Punto e Identificación de la Muestra: Efluente de la planta de tratamiento de AARR  
 Norma Técnica de muestreo: INEN 2169:98 - 2176:98  
 Matriz de la muestra: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL

Muestreador: JE  
 Tipo de Muestreo: Compuesto  
 Duración de Muestreo: 13:05 A 16:05  
 Coordenadas Geográficas: 17M0619529 - 9751118

LMP de acuerdo a la Norma: TULSMA TOMO V TABLA 11 LIMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PUBLICO

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Método Analítico	Analizado
<b>AGREGADOS ORGANICOS:</b>						
Tensoactivos-Detergentes (1)	1,150	0,288	mg/l	< 2,000	PEE-GQM-FQ-21	17/12/2013 KV
Aceites y Grasas (3)	< 0,44	---	mg/l	100	PEE-GQM-FQ-03	26/12/2013 AL
Demanda Bioquímica de Oxígeno	492	34,44	mgO <sub>2</sub> /l	< 250	PEE-GQM-FQ-05	18/12/2013 PT
Demanda Química de Oxígeno	772	87,24	mgO <sub>2</sub> /l	< 500	PEE-GQM-FQ-16	18/12/2013 PT
Hidrocarburos Totales de Petróleo (3)	< 0,04	---	mg/l	20	PEE-GQM-FQ-07	27/12/2013 AL

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Método Analítico	Analizado
<b>FISICOQUIMICOS:</b>						
Carga Contaminante (1)	6,6701	---	Kg DQO/día	-----	Calculo	26/12/2013 PT

# APÉNDICE I

## ANÁLISIS CONSOLIDADO CON PARÁMETROS FUERA DE LMP (2014)

### RESULTADOS CONSOLIDADOS 1ER TRIMESTRE DEL 2014

FECHA	Guayaquil, 17 DE ABRIL DEL 2014		
CLIENTE	[REDACTED]		
ATENCIÓN	[REDACTED]		
NORMA AMBIENTAL	TULSMA TOMO V TABLA 11 LÍMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO		
No. de Laboratorio	34213-1	35093-1	Límites Máximos Permisibles
Identificación	Efluente de la planta de tratamiento de AARR.	Efluente de la planta de tratamiento de AARR.	
Fecha de Muestreo	14/02/2014	20/03/2014	
Hora de Muestreo	14:00	14:30	
Parámetro (Unidades)	Método	Resultado	Resultado
Aluminio mg/l	PEE-GOM-FQ-33	0,4001	5
Carga Contaminante Kg DQO/día	Calculo	6,9034	--
Tensoactivos-Detergentes mg/l	PEE-GOM-FQ-21	0,17	2
Potencial de Hidrogeno -	PEE-GOM-FQ-01	5,94	5- 9
Aceites y Grasas mg/l	PEE-GOM-FQ-03	< 0,44	100
Demanda Bioquímica de Oxígeno mgO <sub>2</sub> /l	PEE-GOM-FQ-05	508	250
Demanda Química de Oxígeno mgO <sub>2</sub> /l	PEE-GOM-FQ-16	816	500
Hidrocarburos Totales de Petroleo mg/l	PEE-GOM-FQ-07	0,10	20
Fosfatos mg/l	PEE-GOM-FQ-11	2,00	--
Nitratos mg/l	PEE-GOM-FQ-10	4,43	--
Sólidos Totales mg/l	PEE-GOM-FQ-22	658	1600
Sólidos Suspendedos Totales mg/l	PEE-GOM-FQ-06	51	220
Sólidos Disueltos Totales mg/l	PEE-GOM-FQ-23	807	--
Temperatura insitu oC	PEE-GOM-FQ-02	28,8	<40

## APÉNDICE J

### ANÁLISIS FINAL CON PARÁMETROS DENTRO DE LMP (NOV 2014)

	<b>INFORME DE ENSAYOS</b> No. 42779-1	LABORATORIO DE ENSAYOS ACREDITADO POR EL OAE CON ACREDITACION OAE LE 2C 05-001
--	--	---

Guayaquil, 10 DE DICIEMBRE DEL 2014

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 27/11/2014 16:12 Guayaquil  
 Fecha y Hora de Recepción: 27/11/2014 17:45  
 Punto e Identificación de la Muestra: Efluente de la planta de tratamiento de AARR.  
 Norma Técnica de muestreo: PG/GQM/09 - Agua  
 Matriz de la muestra: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL  
  
 Muestreador: LT  
 Tipo de Muestreo: Simple  
 Coordenadas Geográficas: 17M0619529 - 9751118

LMP de acuerdo a la Norma: TULSMA TOMO V TABLA 11 LIMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PUBLICO

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Método Analítico	Analizado
<b>AGREGADOS ORGANICOS:</b>						
Aceites y Grasas (3)	< 0.44	---	mg/l	100	PEE-GQM-FQ-03	03/12/2014 AL
Demanda Bioquímica de Oxígeno	40	2,80	mgO <sub>2</sub> /l	< 250	PEE-GQM-FQ-05	27/11/2014 CT
Demanda Química de Oxígeno	97	11	mgO <sub>2</sub> /l	< 500	PEE-GQM-FQ-16	27/11/2014 CT
Hidrocarburos Totales de Petróleo (3)	< 0.04	---	mg/l	20	PEE-GQM-FQ-07	04/12/2014 AL

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Método Analítico	Analizado
<b>FISICOQUIMICOS:</b>						
Carga Contaminante (1)	0,8381	---	Kg DQO/día	-----	Calculo	03/12/2014 CT

# APÉNDICE K

## ANÁLISIS FINAL CON PARÁMETROS DENTRO DE LMP (DIC 2014)

	<b>INFORME DE ENSAYOS</b> No. 43700-1	LABORATORIO DE ENSAYOS ACREDITADO POR EL OAE CON ACREDITACION OAE LE 2C 05-001
--	--	---

Guayaquil, 9 DE ENERO DEL 2015

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 18/12/2014 14:25 Guayaquil  
 Fecha y Hora de Recepción: 18/12/2014 16:31  
 Punto e Identificación de la Muestra: Efluente de la planta de tratamiento de AARR  
 Norma Técnica de muestreo: PG/GQM/09-Agua  
 Matriz de la muestra: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL  
  
 Muestreador: LB  
 Tipo de Muestreo: Simple  
 Coordenadas Geográficas: 17M0619529-971118

LMP de acuerdo a la Norma: TULSMA TOMO V TABLA 11 LIMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PUBLICO

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Método Analítico	Analizado
<b>AGREGADOS ORGANICOS:</b>						
Aceites y Grasas (3)	< 0,44	---	mg/l	100	PEE-GQM-FQ-03	07/01/2015 ER
Demanda Bioquímica de Oxígeno	37	2,59	mgO <sub>2</sub> /l	< 250	PEE-GQM-FQ-05	18/12/2014 AL
Demanda Química de Oxígeno	151	17	mgO <sub>2</sub> /l	< 500	PEE-GQM-FQ-16	18/12/2014 AL
Hidrocarburos Totales de Petróleo (3)	< 0,04	---	mg/l	20	PEE-GQM-FQ-07	07/01/2015 ER

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Método Analítico	Analizado
<b>FISICOQUIMICOS:</b>						
Carga Contaminante (1)	1,3046	---	Kg DQO/día	-----	Calculo	29/12/2014 CT

# APÉNDICE L

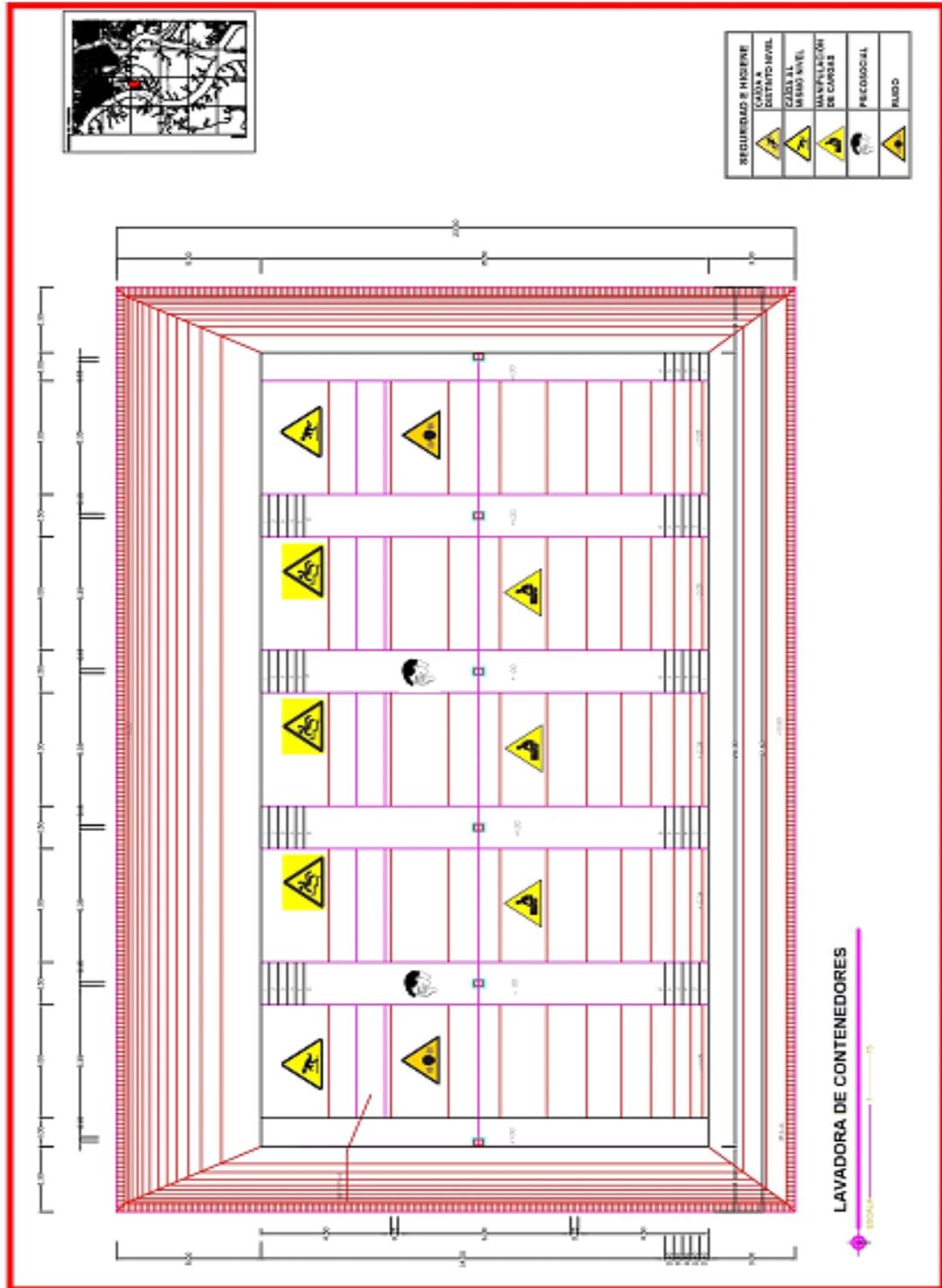
## ANÁLISIS CONSOLIDADO CON PARÁMETROS DENTRO DE LMP (2014)

### RESULTADOS CONSOLIDADOS 4TO TRIMESTRE DEL 2014

FECHA	Guayaquil, 8 DE ENERO DEL 2015			
CLIENTE	[REDACTED]			
ATENCION	[REDACTED]			
NORMA AMBIENTAL	TULSMA TOMO V TABLA 11 LIMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PUBLICO			
No. de Laboratorio	41477-1	42779-1	43700-1	Límites Máximos Permisibles
Identificación	Efluente de la planta de tratamiento de AARR.	Efluente de la planta de tratamiento de AARR.	Efluente de la planta de tratamiento de AARR.	
Fecha de Muestreo	27/10/2014	27/11/2014	18/12/2014	
Hora de Muestreo	14:45	18:12	14:25	
Parámetro (Unidades)	Método	Resultado	Resultado	Resultado
Carga Contaminante Kg DQO/día	Calculo	1,0454	0,8381	1,3046
Caudal, proporcionado por cliente m3/día	proporcionado cliente	8,6400	8,6400	8,6400
Tensoactivos-Detergentes mg/l	PEE-GOM-FQ-21	0,146	0,212	0,174
Potencial de Hidrogeno -	PEE-GOM-FQ-01	8,43	8,12	9,33
Aceites y Grasas mg/l	PEE-GOM-FQ-03	0,60	<0,44	<0,44
Demanda Bioquímica de Oxigeno mgO2/l	PEE-GOM-FQ-05	53	40	37
Demanda Química de Oxigeno mgO2/l	PEE-GOM-FQ-16	121	97	161
Hidrocarburos Totales de Petróleo mg/l	PEE-GOM-FQ-07	0,10	<0,04	<0,04
Fósforo Total mg/l	4600 P	0,30	0,23	1,37
Nitrogeno total Kjeldahl mg/l	PEE-GOM-FQ-42	<4,0	<4,0	6,2
Sólidos Totales mg/l	PEE-GOM-FQ-22	885	759	512
Sólidos Suspensivos Totales mg/l	PEE-GOM-FQ-06	13	11	3
Sólidos Disueltos Totales mg/l	PEE-GOM-FQ-23	862	748	509
Temperatura instu oC	PEE-GOM-FQ-02	27,2	26,5	27,3



## PLANO 2. MAPA DE RIESGOS DE LA LAVADORA DE CONTENEDORES



## **BIBLIOGRAFÍA**

1. BESTRATÉN M. y PAREJA F., Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente, Barcelona, I.N.S.H.T. Serie Notas Técnicas de Prevención N° 330, 1993
2. C.D. 390, Resolución, Consejo Directivo del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.
3. CTPS, Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles, Guía Técnica General de Producción más Limpia, auspiciada por USAID/Bolivia y Embajada Real de Dinamarca, Julio 2005
4. HOWE KERRY J., Ph.D., Principles of water treatment, John Wiley & Sons, Inc.
5. Ingeniería de Aguas Residuales, Wikilibro
6. ISO 14001:2004, Sistema de Gestión Ambiental, Norma internacional
7. PIQUÉ THOMAS, Cuestionario de chequeo para el control de riesgos de accidentes, I.N.S.H.T., Notas Técnicas de Prevención N° 324
8. TULSMA, Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes, Anexo 1, Libro VI

# **Diseño e Implementación de un Procedimiento de Control Operacional Ambiental en una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de una Operadora Portuaria**

Konny Verónica Jordán Pacheco  
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción Industrial  
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)  
Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 Vía Perimetral, Guayaquil, Ecuador  
kvjordan@espol.edu.ec

## **Resumen**

El proyecto se desarrolló en una operadora portuaria enfocándose en la mejora de su planta de tratamiento de aguas residuales, las mismas que son producto del lavado de contenedores y equipos portuarios; se enfrenta valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno no permisibles en la norma Tulsma de Límites de Descarga al Sistema de Alcantarillado Público. Por tal motivo se desarrolla el diseño e implementación de un procedimiento de control operacional ambiental con el fin de estandarizar los procesos y cumplir con la regulación vigente acogiéndose además a la norma ISO 14001:2004.

Teniendo como referencia la estrategia de Producción más Limpia se logra el cien por ciento del cumplimiento de la normativa Tulsma, la reutilización total del agua residual tratada y una reducción del cincuenta por ciento en consumo de agua potable; obteniendo una mejora de procesos, optimización de recursos y la reducción de costos asociados produciendo un impacto positivo en el ecosistema.

**Palabras Clave:** Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Tulsma, Producción más Limpia.

## **Abstract**

The project was developed in a port operator in focus on improvement its plant wastewater treatment, which are washing product container and port equipment; exist impermissible values Biochemical Oxygen Demand and Chemical Oxygen Demand in Tulsma's discharge limits to the public sewer system. For this reason is performed the design and implementation of an environmental operational control procedure in order to standardize processes and comply with legal regulations and the ISO 14001 2004 standard.

Based on the Cleaner Production strategy is achieved one hundred percent Tulsma's compliance, total reuse of treated wastewater and fifty percent reduction in water consumption; obtaining improved processes, optimize resources and reduce associated costs having a positive impact on the ecosystem.

**Keywords:** Biochemical Oxygen Demand, Chemical Oxygen Demand, Tulsma, Cleaner Production.

## **1. Introducción**

El procedimiento de control operacional ambiental de la PTAR se efectuó mediante recopilación de datos, análisis de los resultados del laboratorio acreditado y la correlación de dichos parámetros con las operaciones de la lavadora de contenedores y equipos portuarios en conjunto con el tratamiento dado en la planta.

Con la utilización de medios como entrevistas, inspecciones en el lugar de trabajo, registros y datos históricos; enmarcados en la situación de la necesidad de tener una solución inmediata se dispone realizar el proyecto con herramientas utilizadas como Producción más limpia, norma ISO 14001-2004, Seguridad y Salud Ocupacional y normativas ambientales vigentes.

## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo general**

Diseñar e implementar un Procedimiento de Control Operacional Ambiental en los procesos de una planta de tratamiento de aguas residuales para cumplir normativas ambientales logrando una eficiencia máxima y minimización de costos.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Mejorar la calidad del efluente generado de la PTAR para cumplir con parámetros establecidos en la Norma Ambiental vigente (Libro VI, Anexo I del Tulsma, tabla 11, Límite de descarga al Sistema de Alcantarillado Público).
- Implementar un sistema de automatización y mejora en los controles operativos de la PTAR.
- Optimizar la utilización de químicos en el tratamiento dado al agua residual que ingresa al Tanque de almacenamiento de 30.000 litros.
- Manejar equipos propios para el monitoreo y control de los parámetros normados del efluente antes de salir al cuerpo hídrico receptor.
- Estandarizar las operaciones de la PTAR mediante un procedimiento de control para mantener la calidad del efluente.

### 3. Problema principal del proyecto

La caracterización del efluente de la planta de tratamiento de las aguas residuales como la Demanda Química de Oxígeno y la Demanda Bioquímica de Oxígeno tienen un valor límite que no deben sobrepasar que es 500 y 250 mgO<sub>2</sub>/l respectivamente, situación que no se cumple porque en los últimos análisis han presentado valores muy altos, por lo que podría originarse un problema legal paralelo a la generación de contaminación al medio ambiente.

Parámetros	Unidades	R1	R2	R3	R4	LMP
Demanda Química de Oxígeno	mgO <sub>2</sub> /l	941	772	816	1094	500
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mgO <sub>2</sub> /l	608	492	508	779	250

Tabla 1. Caracterización inicial de agua residual

**R1:** 1 de Noviembre de 2013

**R2:** 1 de Diciembre de 2013

**R3:** 14 de Febrero de 2014

**R4:** 20 de Marzo de 2014

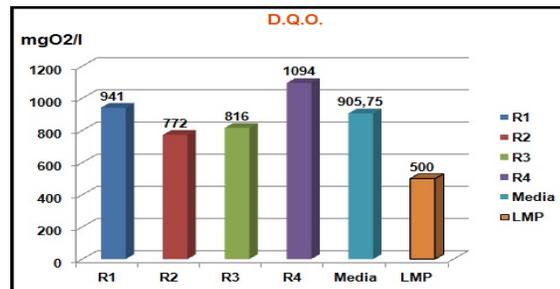


Figura 1. Valores iniciales de DQO

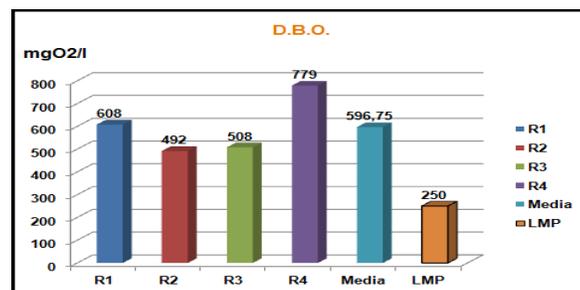


Figura 2. Valores iniciales de DBO

#### 4. Diseño del Procedimiento de control operacional ambiental

A continuación se presenta el diseño del procedimiento de control operacional ambiental que se utilizará para una correcta operación de la PTAR.

##### 4.1 Propósito

Describir la metodología para el manejo de la PTAR en el control de las operaciones, asegurando el cumplimiento del marco normativo ambiental, para obtener las máximas eficiencias de volumen y de remoción de contaminantes; contribuyendo a la sustentabilidad del agua potable, la reutilización de agua tratada y la reducción del impacto ambiental negativo de las instalaciones.

##### 4.2 Alcance

Se aplica a los procesos diarios principales y secundarios de la PTAR, monitoreo y reducción de valores de caracterización, mantenimiento y planificación general y en caso de fallo de sistema de tratamiento.

##### 4.3 Objetivo

Establecer un sistema estandarizado de operación de la PTAR ahorrando el agua potable y reutilizando el agua tratada verificando que se cumpla con la calidad requerida y con las normas ambientales e higiene aplicables.

##### 4.4 Responsabilidades

Para que se cumpla con el sistema establecido se definen las responsabilidades de la siguiente manera:

RESPONSABLE	ACTIVIDAD
Gerente de Mantenimiento y Reparación	Coordina las operaciones y analiza las mejoras de acuerdo a los indicadores de desempeño de la PTAR.
Jefe de Seguridad Ocupacional y Medio Ambiente	Revisa los procesos de la PTAR, las actualizaciones de la legislación ambiental y el listado vigente de laboratorios acreditados por la SAE para los análisis de aguas.
Asistentes de Seguridad Ocupacional y Medio Ambiente	Revisa los análisis de agua cada mes y reporta semestralmente a la DMA sobre la calidad de efluente.
Operadores de PTAR	Realiza en forma estándar las operaciones de tratamiento de la PTAR, monitorea la caracterización del efluente y asiste en la recolección de muestras por el laboratorio acreditado.

Tabla 2. Responsabilidades definidas en PTAR

##### 4.5 Normativa legal

La PTAR está regida por la Norma Ambiental vigente del Libro VI, Anexo I del Tulsma, tabla 11 que indica los Límites de descarga al Sistema de Alcantarillado Público.

Cada semestre se debe entregar reportes sobre la funcionalidad de la PTAR y los valores de la caracterización del agua tratada basados en análisis de laboratorios

acreditados. La DMA está en la facultad de realizar visitas a las instalaciones de la PTAR para verificación de cumplimiento legal ambiental.

#### 4.6 Terminología

**PTAR:** Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

**SAE:** Servicio de Acreditación Ecuatoriano

**DMA:** Dirección de Medio Ambiente

**TULSMA:** Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente

**Afluente:** Es el flujo de agua residual que será expuesta a tratamiento adecuado para reducir riesgos de contaminación antes de ser descargados a un cuerpo receptor.

**Efluente:** Es el flujo saliente de residuos finales de alguna actividad industrial o doméstica originada por el ser humano que son descargados a un cuerpo receptor previo tratamiento.

#### 4.7 Metodología y proceso de la PTAR

El Operador deberá encender el sistema automatizado para iniciar el tratamiento a las aguas residuales y obtener un efluente amigable con el medio ambiente, cumpliendo con las indicaciones y proceso siguientes:

- Verificar que el proceso de tratamiento permanezca continuo.
- Controlar la dosificación en tiempo y cantidades adecuadas.
- Revisar volúmenes en tanques de almacenamiento.
- Tomar muestras de efluente para monitoreo interno de parámetros, y análisis externo con laboratorio acreditado por la SAE.
- Mantener registros del respectivo control de operaciones.

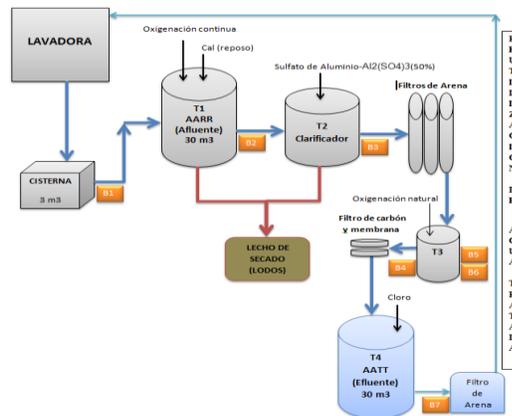


Figura 3. Proceso de tratamiento de aguas residuales

#### **4.8 Monitoreo interno**

El Operador realizará un monitoreo interno de los parámetros Demanda Química de Oxígeno y Sólidos Suspendidos Totales tomando muestras del efluente, las mismas que serán expuestas a preparación en un equipo denominado Termostato para su posterior medición en otro equipo denominado Colorímetro, los valores obtenidos serán debidamente comparados con la normativa ambiental vigente. Este monitoreo se realizará de forma aleatoria y se llevará registro correspondiente, siguiendo el formato indicado en la tabla 3.

#### **4.9 Análisis de aguas residuales**

El Operador deberá verificar que se tomen las muestras de agua residual, afluyente y efluente, para el correspondiente análisis con un laboratorio acreditado por la SAE, dicho tipo de análisis debe realizarse mensualmente. Los resultados deberán ser archivados con copia para posterior entrega de reportes a la DMA.

#### **4.10 Control de operaciones**

El Operador debe registrar diariamente las operaciones realizadas en la PTAR de la siguiente manera:

1. Mediciones generales como pH y caudal de afluentes y efluentes.
2. EL tipo de dosificación en el proceso, cantidad y hora.
3. La operación del panel principal, si se realiza de forma automática o manual en cada una de sus partes.
4. El proceso de retrolavado en filtros de arena y membrana, presiones respectivas.
5. El desalojo de lodos desde su fuente hasta la disposición, cantidad y hora.
6. Otras actividades como el muestreo del agua para análisis de parámetros y mantenimiento.
7. Observaciones existentes.

Los procesos que se realicen deberán quedar registrados y firmados, el formato se indica en la tabla 4.

#### **4.11 Equipos de protección personal**

El personal deberá utilizar equipos de protección personal tales como:

- Casco
- Guantes dieléctrico y nitrilo
- Calzado dieléctrico
- Mascarilla media cara
- Gafas de protección

#### **4.12 Registros**

Los registros se llevarán en los formatos abajo descritos.

Tabla de Control de PTAR aplicada a la Norma Ambiental vigente Libro VI, Anexo I del Tulsma, tabla 11									
Límite de descarga al Sistema de Alcantarillado Público									
FECHA Y HORA	PARÁMETROS	T1	T2	T3	T4	T5	T6	OBSERVACIONES	
	SST (mg/l)								LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES
	DQO (mgO2/l)								
	SST (mg/l)								DQO(mgO2/l) 500
	DQO (mgO2/l)								
	SST (mg/l)								EQUIPOS UTILIZADOS
	DQO (mgO2/l)								
	SST (mg/l)								Termostato DRB 200
	DQO (mgO2/l)								
	SST (mg/l)								SIMBOLOGÍA
	DQO (mgO2/l)								
	SST (mg/l)								T2: Tanque Clarificado
	DQO (mgO2/l)								T3: Tanque 3
	SST (mg/l)								T4: Tanque 4- Efluente
	DQO (mgO2/l)								T5: Membrana
	SST (mg/l)								T6: Filtro de arena fina
	DQO (mgO2/l)								
	SST (mg/l)								TULSMA: Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente
	DQO (mgO2/l)								
	SST (mg/l)								PTAR: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
	DQO (mgO2/l)								
	SST (mg/l)								SST: Sólidos Suspendedos Totales
	DQO (mgO2/l)								
	SST (mg/l)								DQO: Demanda Química de Oxígeno
	DQO (mgO2/l)								

Tabla 3. Formato de registro de monitoreo interno de la PTAR

### REPORTE DIARIO DE OPERACIONES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

FECHA: \_\_\_\_\_  
 OPERADOR ENCARGADO: \_\_\_\_\_

1. MEDICIONES GENERALES	HORA	VALOR
CAUDAL AFLUENTE(m <sup>3</sup> )		
CAUDAL EFLUENTE(m <sup>3</sup> )		
CAUDAL TRATADO(m <sup>3</sup> )		
PH		

2. PROCESO DE DOSIFICACIÓN	HORA	CANTIDAD
SULFATO DE ALUMINIO(mg/l)		
CAL(mg/l)		
CLORO(mg/l)		

3. OPERACIÓN DE PANEL PRINCIPAL	AUTOMÁTICO	HORA	MANUAL	HORA
BOMBA DE AARR/SULFATO				
FILTRO DE ARENA #1 Y #2				
AGITADOR				
CLARIFICADOR/CLORO				
BOMBA SUMERGIBLE				
TORRE DE AIREACIÓN				
RECIRCULACIÓN DE AATT				
FILTRO DE ARENA #3				
DOSIFICADOR DE LIMPIADOR				

4. PROCESO DE RETROLAVADO								
FILTRO DE ARENA #1 Y #2	HORA	VALOR	FILTRO DE ARENA #3	HORA	VALOR	MEMBRANA DE POLIAMIDA	HORA	VALOR
PRESIÓN INICIAL(psi)			PRESIÓN INICIAL(psi)			PRESIÓN INICIAL(psi)		
PRESIÓN FINAL(psi)			PRESIÓN FINAL(psi)			PRESIÓN FINAL(psi)		
DIFERENTE DE PRESIÓN(psi)			DIFERENTE DE PRESIÓN(psi)			DIFERENTE DE PRESIÓN(psi)		

5. DESALOJO DE LODOS			
FUENTE	HORA	CANTIDAD	DISPOSICIÓN

6. OTRAS ACTIVIDADES	
MUESTRO DE LABORATORIO <input type="checkbox"/>	RETROLAVADO DE FILTROS DE ARENA <input type="checkbox"/>
REEMPLAZO DE ACCESORIOS <input type="checkbox"/>	RETROLAVADO DE MEMBRANA <input type="checkbox"/>
LIMPIEZA DE BOMBA SUMERGIBLE <input type="checkbox"/>	LIMPIEZA DE CISTERNA DE CAPTACIÓN <input type="checkbox"/>
DESALOJO DE LODOS <input type="checkbox"/>	MANTENIMIENTO DE FILTRO DE ARENA <input type="checkbox"/>

7. OBSERVACIONES

---



---

Encargado de PTAR

Supervisor de PTAR

Tabla 4. Formato de control diario de operaciones de la PTAR

## 5. Mejoramiento en el proceso de la PTAR

### 5.1 Sistema de Automatización en controles operativos

Al implementar el sistema de automatización se busca mejorar la eficiencia de la planta a nivel energético y estructurar el proceso a un ciclo estandarizado, para lo cual se llevó a cabo las siguientes mejoras:

- 1) Encendido y apagado de las bombas destinadas para el flujo de agua en cada subproceso por medio de un controlador lógico programable (PLC).
- 2) Uso de sensores de nivel para el control de llenado y vaciado de los tanques distribuidores de agua residual evitando algún derrame y previniendo en todo momento contaminación ambiental no deseada.

Para lograr esta implementación se requirió hacer la adquisición de equipos electrónicos básicos tales como un PLC y relés de nivel.

#### 5.1.1 Controlador Lógico Programable

La PTAR tiene un tablero principal que opera todo el sistema de tratamiento, en dicho tablero se colocó un controlador lógico programable ó PLC Logo Siemens, con la finalidad de controlar todo el sistema instalado de forma automatizada.

#### 5.1.2 Relé de nivel

Se hizo la adquisición de relés de nivel para lograr la monitorización y control de líquidos protegiendo contra rebosamientos y succión de bombas en vacío en procesos de llenado y vaciado automatizados.

Para estas conexiones se colocaron relés en tres puntos del equipo o tablero principal, denominándolos terminales E1, E2 y E3, es decir; se conectan sondas que no son más que electrodos los cuales van a ser sumergidos en los tanques cuyo llenado-vaciado se desea controlar, siendo E1 el nivel más alto y E3 el nivel más bajo, por consiguiente se realiza el suministro de agua y su respectivo drenado de forma automatizada.

**Suministro de agua:** El bombeo de llenado al reservorio se detiene cuando el nivel de agua alcanza E1 y empieza cuando el nivel se ubica debajo de E2.

**Drenado:** El bombeo de vaciado del reservorio empieza cuando el nivel de agua alcanza E1 y para cuando el nivel se ubica debajo de E2.

### 5.2 Sistema de oxigenación natural

Se resolvió hacer la construcción de un tipo de torre de aireación, la finalidad es oxigenar el agua. En este caso se utilizaron recursos con el menor costo posible ya que se colocaron tanques con orificios a diferente altura manejándose únicamente con el sistema de gravedad.

### **5.3 Sistema de oxigenación artificial**

Se realizó la implementación de un sistema de oxigenación artificial gobernada por un compresor para complementar el proceso de oxigenación natural con el sistema de aireación anteriormente descrito.

### **5.4 Sistema de filtración especializada**

Se realizó la implementación de un nuevo sistema de filtración, adaptando un filtro de arena Hayward Swim Pro, el cual funciona pasando el agua en tratamiento a través de un tubo vertical por múltiples unidades laterales y por arena para filtrarla. Con esta nueva adaptación se logra sencillamente realizar la reutilización del agua una vez tratada.

Los procesos de lavado en los cuales se reutilizará el agua tratada son el Tipo 2 de lavado exterior de contenedores cargados refrigerados y el Tipo 4 de la limpieza de equipos portuarios.

### **5.5 Control y monitoreo bajo mediciones de parámetros**

Una forma de controlar la calidad del agua es revisando los valores de la caracterización, por lo que se decide adquirir un colorímetro y un termostato, equipos cuya utilización será para establecer la medición y monitoreo continuo revisando los valores de Demanda Química de Oxígeno, con esto además se puede verificar la dosis apropiada y uso eficiente de reactivos en el tratamiento de aguas residuales.

#### **5.5.1 Colorímetro portátil DR 900**

Este colorímetro es a prueba de agua, polvo y muy resistente para uso en campo, tiene capacidad de medir hasta 90 de los métodos de análisis de agua más solicitados. Con este equipo se toman las mediciones de Demanda Química de Oxígeno y al mismo tiempo de Sólidos Suspendidos Totales, aunque éste último no presenta problemas fuera de norma se lo mide para verificar que no existan variaciones desfavorables.

#### **5.5.2 Termostato DRB 200**

El termostato es libremente programable para las conversiones determinadas por el usuario para determinación de parámetros específicos, la utilización de este equipo en conjunto con el colorímetro permite monitorear los Sólidos Suspendidos Totales y Demanda Química de Oxígeno.

## **6. Implementación de procedimiento de control operacional ambiental en la planta de tratamiento**

La implementación de las mejoras en la PTAR se realizó de forma sistemática mejorando el proceso y su entorno.

### 6.1 Reutilización de Agua Tratada

Después de completar el tratamiento en la PTAR se obtiene un efluente que se lo hace circular a través de un Filtro de Arena SwimPro asegurando una caracterización con la calidad requerida para posteriormente ser devuelta al área de la Lavadora, con esto se da paso a la reutilización de agua, en casos donde se puede sustituir el agua potable por el agua tratada; específicamente en el lavado Tipo 2 y Tipo 4, es decir; en el lavado exterior de contenedores cargados refrigerados y la limpieza de equipos portuarios, de esta manera se realiza un importante aporte al medio ambiente y un considerable ahorro económico por reducir el uso de agua potable.

Se revisa la influencia que tiene la reutilización de agua en el aspecto e impacto ambiental observándose que el uso de agua tratada en el proceso de lavado de contenedores disminuye en un porcentaje aproximado al 50% al uso de agua potable como se indica en el cuadro abajo descrito.

**Aspecto ambiental:** Consumo de agua

**Impacto ambiental:** Agotamiento de recurso

**Indicadores de desempeño ambiental:**

1. metros cúbicos por contenedor (m3/cont)
2. metros cúbicos por período (m3/per)

Período	C1	AP-C1 (m3/cont)	AP (m3/per)	C2	AT-C2 (m3/cont)	AT (m3/per)	A (m3/per)	% AT
P1	843	0,113	95	743	0,109	81	176	46,0
P2	1965	0,106	209	1711	0,108	184	393	46,8
P3	1998	0,091	181	1327	0,122	162	343	47,2
P4	1932	0,076	147	1379	0,119	164	311	52,7
P5	485	0,097	47	438	0,123	54	101	53,5

**C1:** Contenedores lavados internamente  
**AP-C1:** Agua Potable utilizada por contenedor  
**AP-P:** Agua Potable por período  
**C2:** Contenedores lavados externamente  
**AT-C2:** Agua Tratada utilizada por contenedor  
**AT:** Agua Tratada utilizada por período  
**A:** Consumo de agua total por período (Agua Potable más Agua Tratada)  
**% AT:** Porcentaje de agua tratada utilizada por período

Tabla 5. Indicadores de reutilización de agua tratada

### 6.2 Tratamiento químico basado en mediciones

Tomando en cuenta los resultados del Test de Jarras se colocó a prueba el tratamiento con Sulfato de Aluminio Tipo 2, solución al 50% como reactivo principal, cal y cloro como componentes secundarios. Con el sistema automatizado se evita errores por dosificaciones manuales por lo que se estandariza el proceso.

Al realizar diferentes mediciones bajo prueba y error se pudo observar las variantes en los resultados de los parámetros, obteniendo, perfeccionamiento en el tratamiento químico y finalmente una caracterización con parámetros debajo de los límites máximos permisibles que dicta la normativa ambiental.

**M1:** 18 de Agosto de 2014

**M2:** 3 de Septiembre de 2014

**M3:** 8 de Septiembre de 2014

**M4:** 11 de Septiembre de 2014

**M5:** 25 de Septiembre de 2014

Parámetros	M1	M2	M3	M4	M5	LMP
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	39	133	50	45	81	220
Demanda Química de Oxígeno (mgO <sub>2</sub> /l)	835	569	530	445	350	500

Tabla 6. Caracterización final de agua residual

Se ha obtenido resultados viables de manera progresiva en comparación a los establecidos en la norma ambiental, tal como se muestra a continuación:

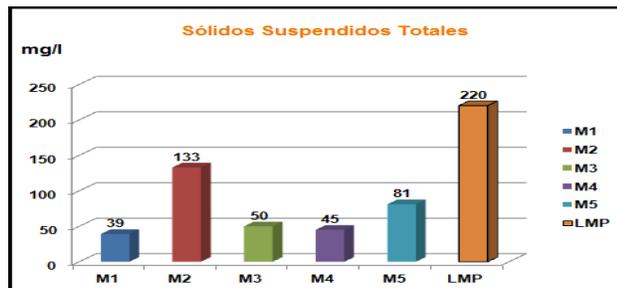


Figura 4. Sólidos suspendidos totales

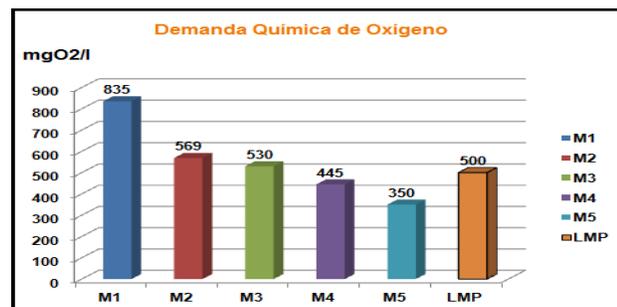


Figura 5. Demanda química de oxígeno

### 6.3 Análisis mensual de parámetros

Paralelamente a las mediciones que se realizaron en el monitoreo interno con los equipos propios, recientemente adquiridos, se hizo un análisis mensual con un laboratorio acreditado por la SAE durante los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre de 2014. Con estos últimos resultados totalmente aceptables se logra validar las mediciones internas obtenidas anteriormente y se observa la eficiencia del proceso cumpliéndose finalmente con la norma ambiental Tulsma.

Se puede observar los valores finales de D.Q.O y D.B.O. del efluente analizado en los siguientes cuadros:

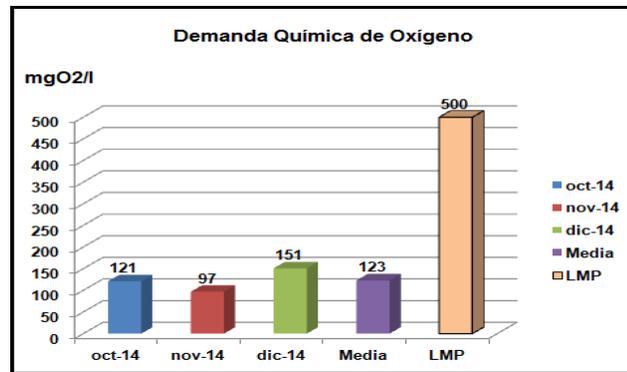


Figura 6. Valores finales de demanda química de oxígeno

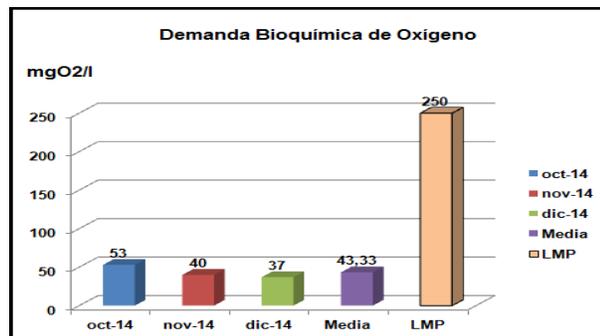


Figura 7. Valores finales de demanda bioquímica de oxígeno

## 7. Conclusiones

- Se pudo asegurar la eficiencia al definir el Sulfato de Aluminio como reactivo principal en el tratamiento de aguas residuales con los resultados del Test de Jarras, con esto se consiguió acelerar el proceso de manera favorable en el tema químico.
- Se estandarizaron los procesos con la implementación del sistema de automatización en la planta de tratamiento, se anulan posibles errores de operación manual logrando al mismo tiempo una buena eficiencia energética y menor impacto ambiental.
- Se puede tener un estricto control de los valores que refleje la caracterización del agua residual con el monitoreo local existente en la PTAR utilizando los equipos adquiridos como el colorímetro y termostato; con lo cual se podrá tomar acciones inmediatas en caso de ser necesario.
- Se cumple con el 100% de la normativa legal ambiental en cuanto a los valores de los parámetros que regula el Tulsma del libro IV tabla 11, de la descarga al alcantarillado público, sistema que es vigilado por la Dirección de Medio Ambiente.
- Se logró la reutilización en un 100% del agua residual, la misma que en los últimos cinco períodos mensuales revisados se ha consumido desde un 46% hasta un 53.5% por período para el lavado de contenedores, tal como se describe en el capítulo 4; aportando así a una producción más limpia, ya que reduce el consumo de agua potable y con esto el agotamiento de recursos.

## 8. Referencias

1. BESTRATÉN M. y PAREJA F., Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente, Barcelona, I.N.S.H.T. Serie Notas Técnicas de Prevención N° 330, 1993
2. C.D. 390, Resolución, Consejo Directivo del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.
3. CTPS, Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles, Guía Técnica General de Producción más Limpia, auspiciada por USAID/Bolivia y Embajada Real de Dinamarca, Julio 2005
4. HOWE KERRY J., Ph.D., Principles of water treatment, John Wiley & Sons, Inc.
5. Ingeniería de Aguas Residuales, Wikilibro
6. ISO 14001:2004, Sistema de Gestión Ambiental, Norma internacional
7. PIQUÉ THOMAS, Cuestionario de chequeo para el control de riesgos de accidentes, I.N.S.H.T., Notas Técnicas de Prevención N° 324
8. TULSMA, Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes, Anexo 1, Libro VI