



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA CIVIL**

**TÍTULO:  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:  
CÓRDOVA SECAIRA DENNIS XAVIER**

**“EVALUACIÓN TÉCNICA Y AMBIENTAL DE LAS LAGUNAS DE  
OXIDACIÓN DEL CANTÓN SALINAS UBICADAS EN LA VÍA PUNTA  
CARNERO”**

**TUTOR:  
ING. NEIRA RUIZ FABIÁN**

**Guayaquil, Ecuador  
2013**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA CIVIL**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por Dennis Xavier Córdova Secaira, como requerimiento parcial para la obtención del Título de Ingeniero Civil.

**TUTOR**

---

**Ing. Fabián Neira Ruiz**

**REVISORES**

---

**Ing. Miguel Ángel Cabrera**

---

**Lcda. Sonia Baño**

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

---

**Ing. Mario Dueñas**

**Guayaquil, a los 21 días del mes de agosto del año 2013**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA CIVIL**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Dennis Xavier Córdova Secaira**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación Evaluación Técnica y ambiental de las Lagunas de Oxidación del Cantón Salinas ubicadas en la vía Punta Carnero, previa a la obtención del Título **de Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 21 días del mes de agosto del año 2013**

**EL AUTOR**

---

**Dennis Xavier Córdova Secaira**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA CIVIL**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Dennis Xavier Córdova Secaira**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: ***Evaluación Técnica y Ambiental de las Lagunas de Oxidación del Cantón Salinas ubicadas en la vía Punta Carnero***, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 21 días del mes de agosto del año 2013**

**EL AUTOR:**

---

**Dennis Xavier Córdova Secaira**

# **TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

---

**ING. FABIÁN NEIRA RUIZ**  
**TUTOR**

---

**ING. MIGUEL CABRERA SANTOS**  
**PROFESOR DELEGADO**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA CIVIL**

**CALIFICACIÓN**

---

**FABIÁN NEIRA RUIZ  
TUTOR**

# ÍNDICE GENERAL

I.	Resumen.....	
II.	Introducción.....	1
III.	Objetivos .....	2
IV.	Alcance.....	3
<b>1.</b>	<b>Capítulo 1.....</b>	<b>4</b>
1.1	Antecedentes.....	4
1.2	Justificación del Estudio.....	4
<b>2.</b>	<b>Capítulo 2.....</b>	<b>6</b>
2.1	Generalidades de las aguas residuales.....	6
2.1.1	Características de las aguas residuales.....	7
2.2	Población de diseño.....	13
2.2.1	Estimación de caudales de diseño.....	18
2.3	Procesos de tratamiento de las aguas residuales.....	19
2.3.1	Procesos físicos.....	24
2.3.2	Procesos químicos.....	25
2.3.3	Procesos biológicos.....	25
2.4	Lagunas de estabilización.....	28
2.4.1	Tipos de lagunas.....	31
2.4.1.1	Lagunas aerobias.....	33
2.4.1.2	Lagunas anaerobias.....	33
2.4.1.3	Lagunas facultativas.....	35
2.5	Parámetros y criterios de diseño.....	37

2.5.1	Diseños de lagunas.....	40
2.5.1.1	Diseños de lagunas aerobias.....	40
2.5.1.2	Diseños de lagunas facultativas.....	42
2.5.1.3	Diseños de lagunas anaerobias.....	47
2.6	Características constructivas.....	48
2.7	Riesgos asociados al uso del agua residual para irrigación agrícola.....	53
<b>3.</b>	<b>Capítulo 3.....</b>	<b>55</b>
3.1	Normativas ecuatorianas vigentes.....	55
3.2	Entidades competentes.....	58
<b>4.</b>	<b>Capítulo 4: Metodología.....</b>	<b>60</b>
4.1	Recopilación y análisis de la información existente del sistema de lagunas de oxidación.....	60
4.2	Descripción del sistema de alcantarillado sanitario del cantón Salinas.....	63
4.3	Descripción del sistema de tratamiento del sistema de tratamiento del cantón Salinas.....	67
4.4	Toma de muestras de laboratorio de parámetros de interés de calidad de aguas residuales.....	70
4.4.1	Parámetros de interés de calidad del agua residual en lagunas anaerobias.....	70



4.4.2	Parámetros de interés de calidad del agua residual en lagunas facultativas.....	71
4.4.3	Parámetros de interés de calidad del agua residual en los efluentes de las lagunas.....	72
4.5	Determinación de los tiempos de retención hidráulicos.....	74
4.5.1	Volumen de las lagunas.....	74
4.5.1.1	Área y volumen de las lagunas anaerobias.....	74
4.5.1.2	Área y volumen de las lagunas facultativas.....	75
4.5.1.3	Volumen efectivo de las lagunas.....	76
4.5.2	Tiempos de retención hidráulicos.....	77
4.5.2.1	Volumen de las lagunas anaerobias.....	77
4.5.2.1.1	Volumen real de las lagunas anaerobias.....	77
4.5.2.2	Volumen de las lagunas facultativas.....	77
4.5.2.2.1	Volumen real de las lagunas facultativas.....	77
4.5.3	Carga orgánicas.....	78
4.5.3.1	Carga orgánica de las lagunas anaerobias.....	78
4.5.4	Modelo de mezcla completa.....	79
4.6	Evaluación del impacto ambiental.....	80
<b>5.</b>	<b>Capítulo 5: Resultados.....</b>	<b>85</b>
5.1	Recopilación y análisis de la información existente de lagunas de Oxidación.....	85
5.1.1	Cálculo de la población futura.....	85
5.1.2	Cálculo del caudal máximo diario.....	85

5.2	Descripción del sistema de alcantarillado del cantón	
	Salinas.....	85
5.3	Descripción del sistema de tratamiento del cantón	
	Salinas.....	85
5.4	Toma de muestras de laboratorio de parámetros de interés de calidad de aguas residuales.....	85
5.4.1	Parámetros de interés de calidad del agua residual de lagunas anaerobias.....	86
5.4.2	Parámetros de interés de calidad del agua residual en lagunas facultativas.....	91
5.4.3	Parámetros de interés de calidad del agua residual de los efluentes de las lagunas.....	96
5.5	Determinación de los tiempos de retención hidráulicos.....	101
5.5.1	Dimensiones de las lagunas.....	101
5.5.1.1	Área y volumen de las lagunas anaerobias.....	101
5.5.1.2	Área y volumen de las lagunas facultativas.....	102
5.5.1.3	Volumen efectivo de las lagunas.....	104
5.5.2	Tiempos de retención hidráulicos.....	106
5.5.2.1	Volumen de las lagunas anaerobias.....	106
5.5.2.1.1	Volumen real de las lagunas anaerobias.....	106
5.5.2.2	Volumen de las lagunas facultativas.....	107
5.5.2.2.1	Volumen real de las lagunas facultativas.....	107
5.5.3	Carga orgánicas.....	107
5.5.3.1	Carga orgánica de las lagunas anaerobias.....	107

5.5.4	Modelo de mezcla completa.....	109
5.6	Evaluación del impacto ambiental del sistema actual de tratamiento....	110
<b>6.</b>	<b>Capitulo6: Conclusiones y Recomendaciones.....</b>	<b>115</b>
<b>6.1</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>115</b>
<b>6.2</b>	<b>Recomendaciones.....</b>	<b>116</b>
<b>7.</b>	<b>Referencias bibliográficas.....</b>	<b>118</b>
	<b>Anexos.....</b>	<b>119</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 1.- Procesos de tratamiento en función del contaminante a remover
- Tabla 2.- Importancia de los Contaminantes
- Tabla 3.- Composición típica promedio de las A.R.D (Romero Rojas), 3 edición
- Tabla 4.- Calidad de Aguas dependiendo del proceso (Metcalf & Eddy)
- Tabla 5.- (Romero Rojas) - Calidades y rendimientos obtenibles de los procesos de tratamiento de aguas residuales
- Tabla 6 (Romero Rojas).- Principales procesos de tratamiento biológicos
- Tabla 7.- Ventajas y Desventajas de las lagunas
- Tabla 8.- Adaptada de Romero Rojas, 1999.- Características típicas de las lagunas de Estabilización
- Tabla 9.- Tabla que muestra las cargas orgánicas superficiales para diseños de lagunas facultativas (Gloyna)
- Tabla 10.- Remoción de DBO en lagunas anaerobias (Romero Rojas)
- Tabla 11.- Criterios de Calidad Admisibles para Aguas de Uso Agrícola
- Tabla 12.- Límites de descarga al sistema de alcantarillado público (TULSMA)
- Tabla 13.- Límites de descarga a un cuerpo de agua marina (TULSMA)
- Tabla 14.- Cuadro de coordenadas
- Tabla 15.- Dimensiones de las lagunas existentes
- Tabla 16.- Población de los Cantones de la Provincia de Santa Elena
- Tabla 17.- Coordenadas de la Estación de Bombeo
- Tabla 18.- Factores de Diseños de las Lagunas Anaerobias
- Tabla 19.- Clasificación de los Proyectos Ambientales
- Tabla 20.- Parámetros de Calidad del Agua de las Lagunas Anaerobias
- Tabla 21.- Parámetros de Calidad del Agua de las Lagunas Facultativas
- Tabla 22.- Parámetros de Calidad del Agua de los Efluentes del Sistema de Lagunas
- Tabla 23.- Matriz de Calificación del Impacto Ambiental
- Tabla 24.- Resultados de la Matriz de Evaluación de los Impactos Ambientales
- Tabla 25.- Resultados de los Análisis de Impacto Ambiental
- Tabla 26.- Resultados de los Análisis de Impacto Ambiental de Procesos Constructivos
- Tabla 27.- Resultados de los Análisis de Impacto Ambiental de los Aspectos Físicos y Socioeconómicos

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

- Gráfico 1.- Esquema del Proceso de Muestreo para Pruebas de Laboratorio en la Laguna Anaerobia
- Gráfico 2.- Esquema del Proceso de Muestreo para Pruebas de laboratorio en la Laguna Facultativa
- Gráfico 3.- Esquema del Proceso de Muestreo para Pruebas de Laboratorio en los Efluentes de las Lagunas
- Gráfico 4.- Resultados y Límite Máximo Permisible del Cobre en Lagunas Anaerobias
- Gráfico 5.- Resultados y Límite Máximo Permisible del Bario en Lagunas Anaerobias
- Gráfico 6.- Resultados y Límite Máximo Permisible del Cromo Hexavalente en Lagunas Anaerobias
- Gráfico 7.- Resultados y Límite Máximo Permisible del D.Q.O. en Lagunas Anaerobias
- Gráfico 8.- Resultados y Límite Máximo Permisible del Potencial de Hidrogeno en Lagunas Anaerobias
- Gráfico 9.- Resultados y Límite Máximo Permisible del Fosforo en Lagunas Anaerobias
- Gráfico 10.- Resultados y Límite Máximo Permisible del Potencial de la Temperatura en Lagunas Anaerobias
- Gráfico 11.- Resultados y Límite Máximo Permisible de la Salinidad en Lagunas Anaerobias
- Gráfico 12.- Resultados y Límite Máximo Permisible del D.B.O. en Lagunas Anaerobias
- Gráfico 13.- Resultados y Límite Máximo Permisible de los Coliformes Fecales en Lagunas Anaerobias
- Gráfico 14.- Resultados y Límite Máximo Permisible de los Tensoactivos en Lagunas Anaerobias
- Gráfico 15.- Resultados y Límite Máximo Permisible del Cobre en Lagunas Facultativas
- Gráfico 16.- Resultados y Límite Máximo Permisible del Bario en Lagunas Facultativas
- Gráfico 17.- Resultados y Límite Máximo Permisible del Cromo Hexavalente en Lagunas Facultativas
- Gráfico 18.- Resultados y Límite Máximo Permisible del D.Q.O. en Lagunas Facultativas

- Gráfico 19.- Resultados y Límite Máximo Permisible del Potencial de Hidrogeno en Lagunas Facultativas
- Gráfico 20.- Resultados y Límite Máximo Permisible del Fosforo en Lagunas Facultativas
- Gráfico 21.- Resultados y Límite Máximo Permisible de la Temperatura en Lagunas Facultativas
- Gráfico 22.- Resultados y Límite Máximo Permisible del D.B.O en Lagunas Facultativas
- Gráfico 23.- Resultados y Límite Máximo Permisible de Solidos Suspendidos en Lagunas Facultativas
- Gráfico 24.- Resultados y Límite Máximo Permisible de los Coliformes Fecales en Lagunas Facultativas
- Gráfico 25.- Resultados y Límite Máximo Permisible de los Tensoactivos en Lagunas Facultativas
- Gráfico 26.- Resultados y Límite Máximo Permisible del Bario en los Efluentes de las Lagunas
- Gráfico 27.- Resultados y Límite Máximo Permisible del Cobre en los Efluentes de las Lagunas
- Gráfico 28.- Resultados y Límite Máximo Permisible del Cromo Hexavalente en los Efluentes de las Lagunas
- Gráfico 29.- Resultados y Límite Máximo Permisible del D.Q.O. en los Efluentes de las Lagunas
- Gráfico 30.- Resultados y Límite Máximo Permisible del Potencial de Hidrogeno en Los Efluentes de las Lagunas
- Gráfico 31.- Resultados y Límite Máximo Permisible del Fosforo en los Efluentes de las Lagunas
- Gráfico 32.- Resultados y Límite Máximo Permisible del D.B.O. en los Efluentes de las Lagunas
- Gráfico 33.- Resultados y Límite Máximo Permisible de la Temperatura en los Efluentes de las Lagunas
- Gráfico 34.- Resultados y Límite Máximo Permisible de Solidos Suspendidos en los Efluentes de las Lagunas
- Gráfico 35.- Resultados y Límite Máximo Permisible de los Coliformes Fecales en Los Efluentes de las Lagunas
- Gráfico 36.- Resultados y Límite Máximo Permisible de los Tensoactivos en Los Efluentes de las Lagunas

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.- Principales Fuentes de Aguas Residuales Municipales
- Figura 2.- Curva de Crecimiento Vegetativo S
- Figura 3.- Laguna de Estabilización
- Figura 4.- Laguna Facultativa
- Figura 5.- Relación entre el factor de Oxidación y remoción de DBO
- Figura 6.- Eficiencias de Remoción de DBO
- Figura 7.- Relación entre la Temperatura y Carga Superficial
- Figura 8.- Estructura de Distribución de Caudales
- Figura 9.- Estructura de Entrada de Lagunas
- Figura 10.- Interconexiones en Lagunas
- Figura 11.- Salidas de lagunas
- Figura 12.- Colectores del Cantón Salinas
- Figura 13.- Implantación de las Lagunas del Sistema del Cantón Salinas
- Figura 14.- Perfil de la Laguna Anaerobia
- Figura 15.- Perfil de la Laguna Facultativa

## **RESUMEN**

El presente trabajo contiene una evaluación de las Lagunas de Oxidación del Cantón Salinas, en lo relativo a la remoción de DBO y coliformes fecales, la cual permitirá entregar resultados aplicables en la parte técnica y ambiental para de esta manera mejorar la calidad del efluente que es descargado a un cuerpo receptor (mar), evitando posibles enfermedades y contaminación al medio ambiental.

Se realizarán pruebas de laboratorio, de los parámetros principales de interés de calidad de agua, en el afluente y efluente, así como también en las lagunas de oxidación, tanto anaeróbicas como facultativas, y de esta manera hacer las comparaciones necesarias de los resultados y comprobar si cumplen con las normas ambientales vigentes.

Esto permitirá conocer su eficiencia y además la evaluación del funcionamiento del sistema de lagunas, estimación de su eficiencia en la remoción de los parámetros de calidad de efluentes de la planta de tratamiento que son descargados a un cuerpo receptor con sus usos definidos y plantear recomendaciones para mejorar el funcionamiento del sistema.



## **ABSTRACT**

This paper contains an assessment of the Canton Oxidation Ponds Salinas, with regard to the removal of BOD and fecal coliforms, which will deliver the results applicable environmental technical and thereby improve the quality of the effluent is discharged to a receiving water body (sea), preventing possible diseases and environmental contamination.

Laboratory tests were done, the main parameters of interest in water quality in the influent and effluent, as well as oxidation ponds, both anaerobic and facultative, and thus make the necessary comparisons and test results if they meet environmental standards.

This will also meet efficiency and performance evaluation of the lagoon system, estimating the removal efficiency of the quality parameters of the effluent treatment plant is discharged into a receiving body with defined uses and make recommendations for improve system performance.

## INTRODUCCIÓN

La provincia de Santa Elena tiene un déficit de recursos hídricos debido a las grandes extensiones de tierras desérticas, situación ocasionada por la tala indiscriminada de los bosques del sector y a la poca precipitación pluvial (INAMHI, 2000- 2012) salvo la ocurrencia de eventos extremos como el Fenómeno El Niño. En la actualidad, muchas hectáreas de terreno están dedicadas a la producción de sal y no son utilizadas para reforestación lo cual agrava el problema de la falta de lluvias.

El cantón Salinas, en la Provincia de Santa Elena, tiene una población de aproximadamente 70,000 habitantes (INEC, 2010). La principal actividad económica del cantón Salinas se relaciona con el sector turístico, el turismo en la provincia de Santa Elena proviene en su mayoría de región de la costa, en los meses de Diciembre, Enero, Febrero y Marzo; y de la región sierra en los meses de Agosto, Septiembre y octubre. El Sistema de Alcantarillado Sanitario tiene una cobertura de 60% de la zona urbana (AGUAPEN S. A), el cual consta de redes con colectores que conducen las aguas hacia una estación de bombeo y luego hacia las lagunas de oxidación donde reciben un tratamiento con lagunas de oxidación y posterior desinfección del efluente. Antes de descargar al cuerpo receptor (canal abierto que descarga al mar).

Estas lagunas debido a la falta de mantenimiento no se encuentran funcionando de forma adecuada, no cumpliendo con normas técnicas de construcción y de operación, lo que pone en riesgo el funcionamiento de la planta de tratamiento de lagunas de oxidación y por ende su objetivo principal de remover los parámetros principales de interés de calidad de un agua residual.

## **I. OBJETIVOS**

### **a) OBJETIVO GENERAL**

Evaluar del funcionamiento actual de las Lagunas de Oxidación del cantón Salinas, mediante pruebas de laboratorio que permitirán el reconocimiento de la remoción y calidad del efluente.

### **b) OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Reconocer, a través de la verificación de los límites permitidos por las normas ambientales vigentes, la calidad de los efluentes de las lagunas de oxidación que son descargados en el estero Punta carnero.
- Verificar, mediante la observación y muestreo los tiempos de retención hidráulica del sistema de tratamiento de lagunas de oxidación.
- Establecer el impacto ambiental y riesgos para la población, en el caso de utilizar el efluente para la irrigación agrícola.

### **c) ALCANCE**

En el presente trabajo de grado, se evaluará el funcionamiento en las condiciones actuales del sistema de tratamiento de las aguas residuales del cantón Salinas, se realizarán pruebas de laboratorio (parámetros de interés ambiental) para determinar las eficiencias de remoción y la calidad del efluente y se determinarán los tiempos de retención del sistema. En el caso de que el sistema no esté funcionando adecuadamente se planteará un rediseño del sistema de tratamiento

# **CAPÍTULO 1**

## **1. ANTECEDENTES**

La construcción de las lagunas de oxidación o lagunas de estabilización para el tratamiento de las aguas residuales del cantón Salinas data del año 2002, sin embargo el mantenimiento no se ejecuta con frecuencia por lo que es probable que no se cumplan los ciclos de función (tiempos de retención hidráulica y celular), que se necesitan para la digestión correcta de la carga orgánica, además la falta de mantenimiento da lugar a la acumulación de lodos y deterioro de las mismas, así como disminución de la vida útil de las mismas; al realizar el control y mantenimiento mejoraría la vida útil de las lagunas, y evitaría impactos ambientales negativos.

El presente trabajo de grado identificará los posibles impactos ambientales negativos existentes en la situación actual de operación de las lagunas de oxidación del cantón Salinas, evaluará el funcionamiento del sistema de tratamiento, tanto en términos hidráulicos como de eficiencias de remoción y planteará alternativas de mantenimiento o un posible rediseño del sistema para asegurar la descarga de las aguas residuales tratadas a un cuerpo receptor sin causar el deterioro del mismo y enmarcado dentro de lo establecido en la normativa ambiental vigente.

### **1.1 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

La Empresa AGUAPEN S.A. es una compañía que fue constituida en el año 1999, con el objetivo de dedicarse a la prestación de servicios públicos, como alcantarillado sanitario, alcantarillado pluvial, agua potable y tratamientos de aguas servidas, la cual en su afán de mejorar las condiciones de vida de la población, ha venido desarrollando proyectos de infraestructura sanitaria, de acuerdo a su capacidad financiera y competencia legal.

Una operación correcta de las Lagunas de Oxidación del cantón Salinas, Provincia de Santa Elena, logrará mejorar la calidad de vida de los habitantes, y reducir el índice de enfermedades de origen hídrico, especialmente en los niños para su desarrollo normal, evitar impactos ambientales negativos al recurso agua, mejorará el comercio, y dará un efecto positivo al turismo y al desarrollo general de la Provincia

## CAPÍTULO 2

### 2.1 GENERALIDADES DE LAS AGUAS RESIDUALES

El tratamiento de las aguas residuales para su correcta disposición final, constituye uno de los más grandes problemas relacionados a la salud en la actividad diaria del ser humano. Las enfermedades de origen hídrico han estado ligadas históricamente con la falta de infraestructura sanitaria como alcantarillado y sistemas de tratamiento.

Los procesos de tratamiento usualmente suponen grandes inversiones para su implementación y posterior operación y mantenimiento. Sin embargo existen sistemas naturales de tratamiento de costo mínimo de operación de uso generalizado para poblaciones de pocos recursos financieros. Históricamente en los países en vías de desarrollo, las lagunas de oxidación han sido uno de los sistemas de tratamiento más utilizados debido a la disponibilidad y bajo costo de la tierra y a los bajos requerimientos de mantenimiento y especialización del personal operativo; no obstante, en la actualidad es necesario una revisión integral de la conveniencia de este tipo de sistemas de tratamiento. La selección de un proceso de tratamiento depende de varios factores como son:

- Características del Agua Residual
- Criterios de Calidad (legislación ambiental vigente)
- Costos de implantación, operación y mantenimiento.
- Confiabilidad del sistema.
- Capacidad de crecimiento del sistema para satisfacer requerimientos futuros.

Romero Rojas (2000), sugiere los siguientes procesos de tratamiento en función del contaminante principal a remover (**Tabla 1**)

CONTAMINANTE	PROCESO
DBO5	Lodos actividades, lagunas aireadas, filtros percoladores, unidades de contacto biológico rotatorio o biodiscos, las lagunas facultativas aireadas o fotosintéticas, lagunas anaeróbicas, filtros anaeróbicos, proceso anaeróbico de contacto, reactores anaeróbicos de flujo ascensional.
Solidos Suspendidos	Sedimentación, flotación, cribado, filtración
Compuestos Orgánicos	Adsorción con carbón, intercambio iónico, electrodiálisis, osmosis
Nitrógeno	Nitrificación, desnitrificación, intercambio iónico
Fósforos	Precipitación química, coprecipitación biológica, intercambio iónico
metales pesados	Intercambio iónico, precipitación química
Solidos disueltos inorgánicos	Intercambio iónico, electrodiálisis, osmosis inversa

**Tabla 1.- Procesos e tratamiento en función del contaminante a remover**

### **2.1.1.- Características de las Aguas Residuales**

Toda caracterización de agua residual implica un programa de muestreo apropiado, para de esta manera poder asegurar con mayor representación de la muestra y un análisis de laboratorio regulado por normas estándares que aseguran precisión y exactitud en los resultados.

Cada agua residual es única en sus características, los parámetros de contaminación debe evaluarse en un laboratorio certificado para cada parámetro específico de calidad de agua residual; dentro de las características de contaminación más importante tenemos:



Componentes físicos, químicos y biológicos, que son una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos, suspendidos o disueltos en agua.

La mayor parte de la materia orgánica es representada en residuos alimenticios, heces fecales, material vegetal, materiales orgánicos y otros materiales diversos como detergentes y jabones

Los contaminantes más importantes y de interés en el tratamiento de las aguas residuales los encontramos en la **tabla 2 (Importancias de los Contaminantes)**

CONTAMINANTES	MOTIVO DE IMPORTANCIA
	Los sólidos suspendidos pueden llevar al desarrollo de depósitos de barro y condiciones anaerobias, cuando los residuos no tratados son volcados en el ambiente acuático.
MATERIA ORGÁNICA  BIODEGRADABLE	Compuesta principalmente de proteínas, carbohidratos y grasas, por lo general se miden en términos de DBO y DQO. Si es descargada sin tratamiento al medio ambiente, su estabilización biológica puede llevar al consumo del oxígeno natural y al desarrollo de condiciones sépticas
MICROORGANISMOS  PATÓGENOS	Los organismos patógenos existentes en las aguas residuales pueden transmitir enfermedades
NUTRIENTES	Tanto el nitrógeno como el fosforo, junto al carbono son nutrientes esenciales para el crecimiento, cuando son lanzados al ambiente acuático pueden llevar al crecimiento de la vida acuática indeseable.  Cuando son lanzados en cantidades excesivas en el suelo, pueden contaminar al agua subterránea.
CONTAMINANTES	Compuesto orgánico e inorgánicos seleccionados en función

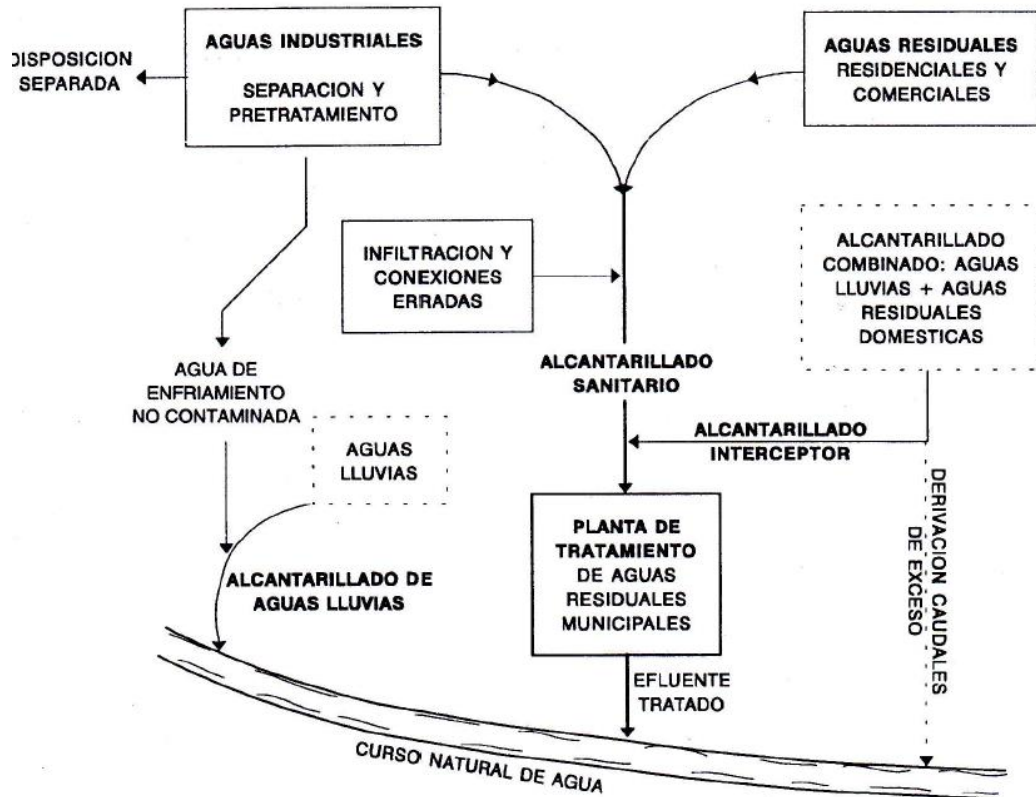
IMPORTANTES	de su conocimiento o sospecha de arcinogenicidad o elevada toxina, muchos de estos compuestos se encuentran en las aguas residuales.
MATERIA ORGÁNICA	Esta materia orgánica tiende a resistir los métodos convencionales de tratamiento de aguas residuales. Ejemplos típicos incluyen detergentes, pesticidas, etc.
METALES PESADOS	Los metales pesados son normalmente adicionados a los residuos de actividades comerciales e industriales, debiendo ser removidos si se va a usar nuevamente el agua residual.
SÓLIDOS INORGÁNICOS DISUELTOS	Componentes inorgánicos como el calcio, sodio y sulfato son adicionados a los sistemas domésticos de abastecimiento de agua debiendo ser removidos si se va a reutilizar el agua residual.

**Tabla 2.- Importancia de los Contaminantes**

En cuanto a la calidad de las aguas residuales, ésta es muy variable dependiendo del origen de las mismas, es común clasificar a las aguas residuales en: domésticas, industriales y municipales, las cuales difieren en calidad y por el sistema de tratamiento requerido.

Las aguas residuales domésticas son aquellos líquidos provenientes de las viviendas o residencias, edificios comerciales; las aguas residuales industriales son aquellas provenientes de industrias de manufactura y requieren tratamiento antes de ser descargadas en el sistema de alcantarillado municipal; como las características de estas aguas residuales cambian de una a otra industria los procesos de tratamiento son también muy variables (**Nemerow y Agardy, 1982**) y las aguas residuales municipales son todos los residuos líquidos transportados por el alcantarillado de una ciudad o población

Figura 1.- Principales Fuentes de Aguas Residuales Municipales (Jaime Romero Rojas,3 edición, pág. 25)



La calidad de las aguas residuales domésticas tienen en cuenta

características típicas (**Tabla 2**) que se originan por la contaminación con sustancias fecales, además contiene materia orgánica en descomposición (DBO, DQO, COT), la importancia del tratamiento de las aguas residuales domésticas radica en que constituyen la mayor parte de los efluentes municipales. Su tratamiento nulo o indebido genera graves problemas de contaminación al recurso agua.

PARÁMETRO	MAGNITUD	
	Romero Rojas	Metcalf & Eddy
Sólidos Totales	720 mg/l	720 mg/l

Sólidos disueltos	500 mg/l	500 mg/l
Sólidos disueltos volátiles	20 mg/l	200 mg/l
Sólidos Suspendidos	220 mg/l	210 mg/l
Sólidos suspendidos volátiles	165 mg/l	160 mg/l
Sólidos sedimentables	10 mg/l	10 mg/l
D.B.O	220 mg/l	10 mg/l
C.O.T	160 mg/l	140 mg/l
D.Q.O	500 mg/l	430 mg/l
Nitrógeno total	40 mg/l	40 mg/l
Nitrógeno orgánico	15 mg/l	15 mg/l
Nitrógeno amoniacal	25 mg/l	25 mg/l
Nitritos	0 mg/l	0 mg/l
Nitratos	0 mg/l	0 mg/l
Fósforo total	8 mg/l	7 mg/l
Fósforo orgánico	3 mg/l	2 mg/l
Fósforo inorgánico	5 mg/l	5 mg/l
Cloruros	50 mg/l	50 mg/l
Alcalinidad	100 mg/l	-
Grasas	100 mg/l	90 mg/l

**Tabla 3.- Composición típica promedio de las Aguas Residuales Domésticas, 3 edición**

La calidad de las aguas residuales industriales depende del tipo de proceso (Tabla 3)

PROCESO INDUSTRIAL	COLOR ppm	ALCAL ppm	CLORU ppm	DURE ppm	HIERRO ppm	MANG ppm	NO3 ppm	PH	SO4 ppm	SOLID DISUEL. ppm	SOLID SUSP. ppm	SiO2 ppm	Ca ppm	Mg ppm	HCO2 ppm	
<b>Textil</b>																
Tamaño	5			25	0,3	0,05		6.5-10		100	5					
Limpieza	5			25	0,1	0,01		3.0-10.5		100	5					
Blanqueo	5			25	0,1	0,01		10.5		100	5					
Tintura	5			25	0,1	0,01		3.5-10		100	5					
<b>Papel</b>																
Mecánico	30		1000		0,3	0,01		6 -- 10								
Químico																
Sin Blanquear	30		200	100	1	0,5		6 -- 10			10	50	20	12		
Banqueado	10			100				6 -- 10			10	50	20	12		
<b>Químicos</b>																
Cloro	10	80		140	0,1	0,1		6 -- 8.5			10		40	8	100	
Alquitrán	5	50	30	180	0,1	0,1		6.5--8.3	200	400	5		50	14	60	
Orgánico	5	125	25	170	0,1	0,1		6.5--8.7	75	250	5		50	12	128	
Inorgánico	5	70	30	250	0,1	0,1		6.5--7.5	90	425	5		60	25	210	
Plástico y	2	1	0	0	0,005	0,005		7.5--8.5	0	1.0	2.0	0,02	0	0	0.1	
<b>Resina</b>																
Caucho sintético	2	2	0	0	0,005	0,005		7.5--8.5	0	2.0	2.0	0,05	0	0	0.5	
<b>Farmacéutico</b>																
Jabones y detergentes	5	50	40	130	0,1	0,1			150	300	10		30	12	60	
Pinturas	5	100	30	150	0,1	0,1		6.5	125	270	10		37	15	125	
Goma y Madera	20	200	500	900	0,3	0,2		6.5--8.0	100	1000	30	50	100	50	250	
Fertilizantes	10	175	50	250	0,2	0,2		6.5--8.0	150	300	10	25	40	20	210	
Explosivos	8	100	30	150	0,1	0,1		6.8	150	200	5	20	20	10	120	
Petróleo Hierro y Acero			300	350	1			6.0--9.0		1000	10		75	30		
Laminados en caliente								5--9								

Laminados en frio								5--9			10			
<b>Diversos</b>														
Frutas														
Enlatados	5	250	250	250	0,2	0,2	10	6.5-8.5	250	500	10	50	100	
Refrescos	10	85			0,3	0,2								
Pieles	5		250	150	50			6.0-8.0	250				60	
<b>Cemento</b>		400	250		25	0,5		6.5-8.5	250	600	500	35		

**Tabla 4.- Calidad de Aguas dependiendo del proceso (Metcalf &Eddy) 2003**

## 2.2 POBLACIÓN DE DISEÑO

Con el fin de poder estimar la población futura es necesario estudiar las características sociales, culturales y económicas de sus habitantes en el pasado y en el presente, y hacer predicciones sobre su futuro desarrollo.

El crecimiento poblacional se da por nacimientos e inmigraciones y decrece por muertes y emigraciones, también puede crecer su desarrollo por anexión de otras concentraciones humanas. El crecimiento neto de una población estará dado por un balance entre estos factores, además ambientalmente para que una población sea sustentable, su crecimiento estará limitado por la capacidad

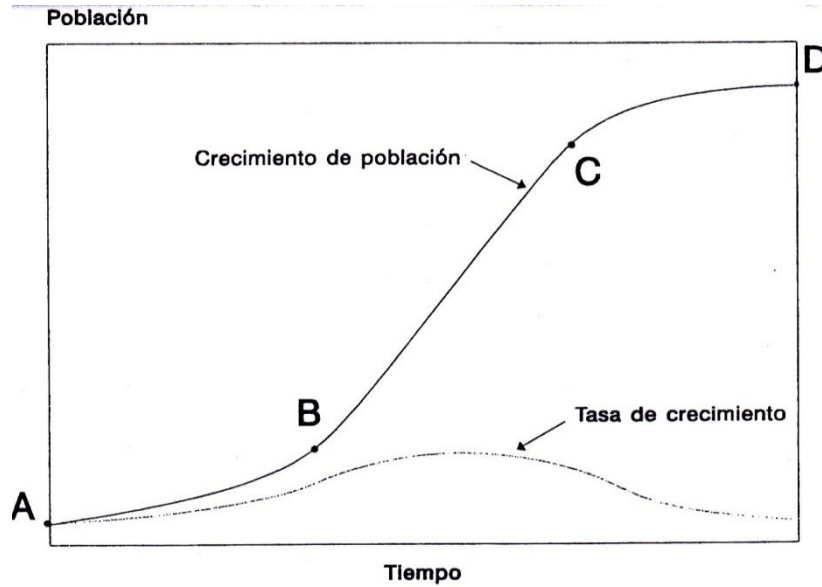
de carga del ambiente en el cual se desarrolla; este tipo de crecimiento limitado se lo denomina crecimiento logístico y se representa con una curva con forma de S, que representa las varias etapas de crecimiento poblacional, al aproximarse a la capacidad de carga ambiental las tasas de crecimiento neto empieza aproximarse a cero como se aprecia en la **figura 2**. En la misma figura las etapas están representadas de la siguiente manera:

AB = Crecimiento temprano con índice creciente (crec. Geométrico)

BC = crecimiento intermedio con índice constante (crec. Lineal)

CD = crecimiento tardío con índice decreciente (crec. Logarítmico)

D = población de saturación (Capacidad de Carga)



**Figura 2.- Curva S de crecimiento vegetativo (Romero Rojas, 3 edición)**

Dentro de los métodos para la estimación de una población futura, encontramos:

- Crecimiento lineal que consiste en, que el aumento de la población es constante e independiente del tamaño de esta.

$$\frac{dP}{dT} = Ka \quad dP = Ka dT \quad \text{Ec.1}$$

**Teniendo a:**

P = Población

T = Tiempo

Integrando entre los límites del último censo y el censo inicial se tiene:

$$Ka = \frac{Puc - Pci}{Tuc - Tci} \quad \text{Ec. 2}$$

Ka = Pendiente de la Recta  
 Puc = Población del último censo  
 Tuc = Año del último censo  
 Pci = Población del censo inicial  
 Tci = Año del censo inicial

Se puede tomar un valor de Ka promedio entre los censos o simplemente un Ka entre el primer censo y el último disponible.

$$Pf = Puc + Ka (Tf - Tuc) \quad \text{Ec. 3}$$

Pf = Población Proyectada  
 Tf = Año de la proyección

Este tipo de método es completamente teórico y rara vez se da el caso de que una población presente este tipo de crecimiento (Romero Rojas).

- Crecimiento geométrico consisten en si el aumento de la población es proporcional al tamaño de esta,

$$Pf = Puc (1 + r)^{Tf-Tuc} \quad \text{Ec. 4}$$

r = tasa de crecimiento anual, tomando logaritmos a ambos lados de la ecuación tenemos la ecuación de proyección de la población

$$\text{Log } Pf = \text{log } Puc + (Tf - Tuc) \text{log}(1 + r) \quad \text{Ec. 5}$$

Reemplazando los valores del último censo y del censo inicial, se obtiene la tasa de crecimiento anual

$$\text{Log } (1 + r) = \frac{\text{Log } \left( \frac{Puc}{Pci} \right)}{Tuc - Tci} \quad \text{Ec. 6}$$



- El crecimiento logarítmico es de tipo exponencial, la población se proyecta a partir de la siguiente ecuación,

$$\frac{dP}{dT} = Kg P \quad \frac{dP}{p} = Kg dT \quad \text{Ec. 7}$$

Integrando esta ecuación entre dos periodos de tiempos cualquiera se tiene

$$\text{Ln } P2 - \text{Ln } P1 = Kg (T2 - T1) \quad \text{Ec. 8}$$

$$Kg = \frac{\text{Ln } Pcp - \text{Ln } Pca}{Tcp - Tca} \quad \text{Ec. 9}$$

El subíndice cp corresponde al censo posterior y el subíndice ca corresponde al censo anterior, la aplicación de este método necesita al menos el conocimiento de por lo menos tres censos

$$\text{Ln } P + C = Kg T \quad \text{para } T = 0 \quad P = Pci$$

$$C = -\text{Ln } Pci \quad \text{Ec. 10}$$

Reemplazando el valor promedio de Kg tenemos

$$\text{Ln } Pf = \text{Ln } Pci + Kg (Tf - Tci) \quad \text{Ec. 11}$$

- Método estadístico para ajustar valores históricos a la ecuación de regresión para una curva lineal, exponencial, potencial o logarítmica

1. Línea Recta (regresión lineal):  $y = a + bx$  **Ec. 12**

2. Curva exponencial ( $a > 0$ ):  $y = ae^{bx}$  **Ec. 13**

3. Curva logarítmica:  $y = a + b \ln(x)$  **Ec. 14**

4. Curva potencial ( $a > 0$ ):  $y = ax^b$  **Ec. 15**

## 2.2.1 ESTIMACIÓN DE CAUDALES DE DISEÑO

Con el fin de diseñar las diferentes estructuras, es necesario calcular el caudal apropiado, en el cual se debe de combinar las necesidades de la población de diseño y los costos de construcción para un caudal excesivo.

Existen 3 tipos de caudales:

- Caudal Medio, es el promedio obtenido de un año de registros y es la base para la estimación del caudal máximo diario y del máximo horario

$$Q_{promedio} = \frac{\text{Consumo} \left( \frac{L}{hab \cdot d} \right) \times \text{Poblacion (hab)}}{86400} \quad \text{Ec. 16}$$

- Caudal máximo diario, es la demanda máxima que se presenta en un día del año, es decir el día de mayor consumo del año

$$Q_{maximo\ diario} = 1,2 \times Q_{promedio} \quad \text{Ec. 17}$$

- Caudal máximo horario es la demanda máxima que se presenta en una hora durante un año completo

$$Q_{maximo\ horario} = 1.8 \times Q_{promedio} \quad \text{Ec. 18}$$

o

$$Q_{maximo\ horario} = 1.5 \times Q_{mximo\ diario} \quad \text{Ec. 19}$$

## 2.3 PROCESOS DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES

El tratamiento de las aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos con el objetivo de eliminar los contaminantes presentes en el agua residual, La mejor manera para controlar la polución por aguas residuales es

mediante plantas de tratamiento para asegurar remoción de los contaminantes, para ello el nivel de tratamiento requerido es función de la auto purificación natural del cuerpo receptor y de los requerimientos de calidad de efluentes establecidos en la legislación ambiental aplicable; Por lo tanto el objetivo de las lagunas de oxidación es la de producir efluente reutilizable en el ambiente y un residuo sólido o fango convenientes para su disposición o reutilización.

Las aguas residuales son recogidas y llevadas mediante tuberías o eventualmente por bombas a una planta de tratamiento municipal, este tratamiento comienza por la separación física inicial de sólidos grandes empleando un sistema de rejillas, que separe los sólidos suspendidos existentes en el agua residual, una vez que la masa es removida el agua es tratada por procesos adicionales como desinfección, filtración, etc. El efluente final puede ser descargado o de vuelta a un cuerpo de agua natural u otro ambiente

En la **tabla 4**, se presenta un resumen de las eficiencias de remoción y calidades de efluentes luego de diferentes procesos de tratamiento

PROCESO	SS	DBO	DQO	BACT	N	NH3-N	P	ABS	LAS	*
Adsorción con carbón, mg/l	<1	<2	<10	--	--	--	--	--	--	119
Cribado fino - % de remoción	2 - 20	5 - 10	5 -- 10	10 - 20	--	--	--	--	--	67
desarenadores - % de remoción	0 - 10	0 - 5	0 -- 5	--	--	--	--	--	--	89
sedimentación - % de remoción	50 - 65	30 - 40	30 -- 40	--	10 - 20	0	10 - 20	--	--	89
sedimentación - % de remoción	50 - 90	10 - 30	--	--	--	--	--	--	--	34
sedimentación - % de remoción	40 - 70	25 - 40	20 - 35	25 - 75	--	--	--	--	--	67
sedimentación - % de remoción	--	--	--	--	--	--	--	2 - 3	2 - 3	68
tanque séptico -	--	--	--	--	--	--	--	9,2	11,8	68

% de remoción										
tanque séptico + tanque percolación	--	--	--	--	--	--	--	74	97	68
tanque imhoff mg/l	80	120	350	--	35	25	9	--	--	69
precipitación química % de remoción	70 - 90	50 - 85	40 - 70	40 - 80	--	8 -- 15	--	--	--	67
precipitación química - mg/l	<10	--	--	--	--	--	<1	--	--	24
flotación - %	70 - 95	10 - 50	--	--	--	--	--	--	--	34
filtros percoladores tasa baja mg/l	25	18	100	--	25	1	7	--	--	
filtros percoladores %	--	--	--	--	--	--	--	35	85	69
filtros percoladores tasa alta mg/l	30	20	100	--	30	25	7	--	--	68
filtros percoladores tasa alta %	60 - 85	65 - 80	60 - 80	--	15 - 50	8 -- 15	8 - 12	--	--	69
filtros percoladores tasa alta %	--	--	--	--	--	--	--	19	71	89
filtros percoladores % remoción	50 - 92	50 - 95	50 - 80	90 - 95	--	--	--	--	--	68
bioturres mg/l	30	20	100	--	30	25	7	--	--	67
biodiscos % de remoción	80 - 85	80 - 85	80 -- 85	--	15 -- 50	8 -- 15	10 - 25	--	--	69
biodiscos mg/l	25	18	100	--	25	3	7	--	--	89
lodos activados % de remoción	80 - 90	80 - 95	80 -- 85	--	15 - 50	8 -- 15	10 - 25	--	--	69
lodos activados	--	--	--	--	--	--	--	45 --	95	89

% de remoción								50		
lodos activados										
% de remoción	55 - 95	55 - 95	50 -- 80	90 - 98	--	--	--	--	--	68
lodos activados										
M.C mg/l	20	15	90	--	25	20	7	--	--	67
lodos activados										
E y C mg/l	20	15	90	--	25	20	7	--	--	69
lodos activados										
A.P mg/l	20	15	90	--	30	2	7	--	--	69
laguna aireada	20	15	90	--	30	2	7	--	--	69
zanjón de										
oxidación mg/l	20	15	90	--	30	2	7	--	--	69
lagunas										
anaerobias mg/l	100	40	140	--	20	1	4	--	--	69
lagunas										
facultativas mg/l	120	40	160	--	20	1	4	--	--	69
lagunas										
facultativas % de remoción	--	--	--	--	--	--	--	<40	93	68
lagunas										
facultativas % de remoción	85 - 95	90 - 95	70 -- 80	95 - 98	--	--	--	--	--	67
disposición										
s/suelo mg/l										
* riego	2	4	80	--	6	1	0 - 5	--	--	69
* flujo sobre el										
suelo	4	6	90	--	10	4	3	--	--	69
* infiltración –										
percolación	2	4	50	--	10	1	0 - 5	--	--	69
cloración % de remoción										
A.R crudas	--	15 - 30	--	90 - 95	--	--	--	--	--	
A.R tratadas	--	--	--	99	--	--	--	--	--	

**Tabla 5 (Romero Rojas 2004).- Calidades y rendimientos obtenibles de los procesos de tratamiento de aguas residuales**

El tratamiento convencional de aguas residuales domésticas está enfocado principalmente a la remoción de materia orgánica, pudiendo considerar aceptable una remoción mínima del 85% de la DBO y de los sólidos suspendidos o concentraciones máximas de 30mg/l de DBO y 30mg/l de sólidos suspendidos o menos, en algunos casos suele requerirse de procesos de desinfección para reducir el número de virus y bacterias en los efluentes de agua residual a descargar, dependiendo de la legislación aplicable, un agua residual puede considerarse satisfactoria para su descarga cuando la cantidad de coliformes fecales se reduzca hasta 200NMP/100ml sin que esto signifique que el efluente está libre de patógenos (**Hammer y Hammer 2008**)

Los procesos de tratamiento pueden ser físicos, químicos o biológicos y las unidades de tratamiento se diseñan en base a estos o a una combinación de los mismos.

A su vez los sistemas de tratamiento son una combinación de procesos y operaciones unitarias y pueden ser:

Preliminar, primario, secundario y terciario o avanzado.

- **Sistema Preliminar.-** Este sistema es el que actúa eliminando los materiales flotantes y que contienen grandes contenidos de partículas inorgánicas de las aguas residuales que son los causantes de problemas en el funcionamiento primario y secundario, incluye:
  - Sumidero y bomba
  - Canal de acceso
  - Cámara de pantalla
  - Desarenador
  
- **Sistema Primario.-** este sistema de tratamiento primario incluye todas las unidades del tratamiento preliminar y posee un tanque de sedimentación primario, la eliminación de la mayor parte de materiales flotantes se lleva a

cabo en la cámara de pantalla y la mayoría de sólidos en suspensión se separan en el desarenador, esto quiere decir que en el tratamiento primario se reduce del 60 a 70% de sólidos en suspensión

- **Sistema Secundario.-** Después del tratamiento primario, adicionalmente se trata las aguas residuales para la eliminación de coloidal y soluble en la materia orgánica presente, de esta manera es llamado tratamiento secundario que se emplea procesos biológicos para eliminar el contenido orgánico restante.
- **Sistema Terciario o Avanzado.-** es cuando el efluente del sistema de tratamiento se trata adicionalmente para reducir o eliminar concentraciones de impurezas residuales.

### 2.3.1 PROCESOS FÍSICOS

Es la combinación de operaciones utilizadas en el tratamiento de aguas residuales, en los cuales la eliminación de los constituyentes presentes en el agua se realizan por medio de la aplicación de fuerzas físicas. Fueron los primeros sistemas de tratamiento en ser utilizados y formarán parte de la mayoría de sistemas en plantas de tratamientos.

Las operaciones unitarias más utilizadas para el tratamiento de aguas residuales son:

- Rejillas
- Ecuilización de flujo
- Sedimentación
- Mezclado y floculación
- Desarenacion
- Clarificación
- Flotación
- Transferencia de oxigeno
- Aireación

Y en general cualquier tipo de operación o combinación de estas que no implique procesos químicos para producir un cambio en las características del agua residual.

### **2.3.2 PROCESOS QUÍMICOS**

En los procesos químicos se produce la reducción o eliminación por medio de reacciones químicas mediante la adición de productos químicos, los principales métodos de tratamiento que entran en esta categoría son los siguientes:

- Neutralización química que es para el control o ajuste de pH
- Coagulación química que es para eliminar las partículas coloidales por desestabilización química y floculación
- Precipitación química que es para mejorar la eliminación de sólidos en suspensión, fósforo, metales pesados y DBO
- Oxidación química que es para eliminar la grasa, amoníaco y control del olor DBO, DQO
- Desinfección química que mata a los agentes patógenos en afluentes y efluentes tratados

### **2.3.3 PROCESOS BIOLÓGICOS**

Cuando las aguas residuales entran en depuración, se realiza un pre tratamiento en el que se retiran los sólidos y gruesos de gran tamaño, luego el agua pasa al denominado tratamiento primario donde se eliminan los sólidos en suspensión fácilmente sedimentables y algo de materia orgánica.

El resto de la materia que queda disuelta y en suspensión eliminado mediante procesos biológicos, que son aquellos realizados por determinados grupo de microorganismo que en presencia o ausencia del oxígeno actúan sobre la materia orgánica e inorgánica disuelta, suspendida o coloidal existente en el agua residual, para convertirla en gases y en biomasa que posteriormente puede ser retirada por



sedimentación; ciertas bacterias pueden también ser utilizadas para la remoción de nitrógeno y fósforo del agua residual.

Los procesos biológicos pueden ser: aerobios, anóxicos, anaerobios o combinaciones de éstos, además de diferentes variaciones dentro de los tipos mencionados. En cuanto al flujo, asimilando a los procesos que se producen en reactores pueden ser de flujo continuo, flujo pistón o de mezcla completa.

En los procesos aerobios la actividad biológica de los microorganismos se desarrollan en presencia de oxígeno, en los procesos anaerobios la actividad biológica ocurre en ausencia de a oxígeno y los procesos anòxicos son aquellos en que la actividad microbiológica convierte los nitritos a nitrógeno gaseoso, removiendo de esta manera el nitrógeno de las aguas residuales en ausencia de oxígeno.

TIPO	CRECIMIENT O	PROCESO	USO PRINCIPAL
<b>Aerobios</b>	Suspendidos	Lodos Activados * convencional * mezcla completa * aireación escalonada * estabilización * oxígeno puro * tasa alta  * aireación	Remoción de DBO y nitrificación

		* zanjón de oxidación  Lagunas aireadas  Digestión aerobia  Lagunas aerobias	Remoción de DBO y nitrificación  Remoción de DBO - estabilización  Remoción de DBO y nitrificación
	Adherido	Filtros percoladores * tasa baja * tasa alta  Torres Biológicas  Unidades rotatorias Reactores de lecho fijo	Remoción de DBO y nitrificación  Remoción de DBO y nitrificación  Remoción de DBO y nitrificación  Remoción de DBO y nitrificación
<b>Anóxicos</b>	Suspendido Adherido	Desnitrificación  Desnitrificación	Remoción de Nitrógeno  Remoción de Nitrógeno
<b>Anaerobios</b>	Suspendidos  Híbrido	Digestión anaerobia Anaerobio de contacto  Lagunas anaerobias Manto de lodos  Ascensional	Remoción de DBO - estabilización  Remoción de DBO Remoción de DBO - estabilización  Remoción de DBO

	Adherido	Filtro anaerobio	Remoción de DBO - estabilización
		Lecho expandido	Remoción de DBO - estabilización

**Tabla 6, (Romero Rojas) .- Principales procesos de tratamiento biológicos**

## **2.4 LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN**

Dentro de las técnicas de bajo costo para el tratamiento de aguas residuales todavía utilizadas en países en vías de desarrollo, encontramos los sistemas de lagunas que son de muy frecuente aplicación. Las lagunas de estabilización en sus inicios eran embalses construidos como sistemas reguladores de agua para riego, se iban almacenando los excedentes de agua residual en riegos directos sin un tratamiento previo, posteriormente con el transcurso de este almacenamiento se observó que la calidad del agua mejoraba, por lo que empezó a estudiarse la posibilidad del uso de lagunas como tratamientos de aguas residuales.

Las lagunas son el método más simple y económico de tratamientos de aguas residuales, son construcciones que consisten en excavaciones poco profundas cercadas por taludes de tierra, generalmente en forma rectangular.

El principal objetivo de estas lagunas es la de remover, de las aguas residuales, la materia orgánica que ocasiona la contaminación, eliminar microorganismos patógenos que representan peligro a la salud y utilizar su efluente para su reutilización.

La eficiencia de la depuración de estas aguas residuales en las lagunas dependerá también de las condiciones climáticas de la zona, como es la temperatura, radiación solar, frecuencia de los vientos y factores que afectan a la biología del sistema.

Las lagunas de estabilización principalmente contienen algas y bacterias en suspensión, el oxígeno producido por las algas es utilizado por las bacterias aerobias para la degradación de la materia orgánica presente en las aguas residuales, los productos de esta degradación son utilizados de nuevo por las algas, existiendo por lo tanto una relación simbiótica entre algas y bacterias.

En las lagunas aerobias deben predominar las condiciones aerobias en toda la profundidad de la laguna, en las lagunas facultativas la capa superior debe ser predominantemente aerobia y debe actuar como una barrera contra el agua anaerobia con contenido de H<sub>2</sub>S. Los factores que pueden influenciar en el desempeño de procesos de lagunas son:

- Fotosíntesis
- pH
- Profundidad
- Nutrientes
- Sedimentación de Lodos
- Vientos
- Sulfuros
- Oxígenos disueltos
- Radiación solar
- Temperatura
- Tiempo de retención
- Infiltración y evaporación
- Geometría de la laguna
- DBO y sólidos suspendidos

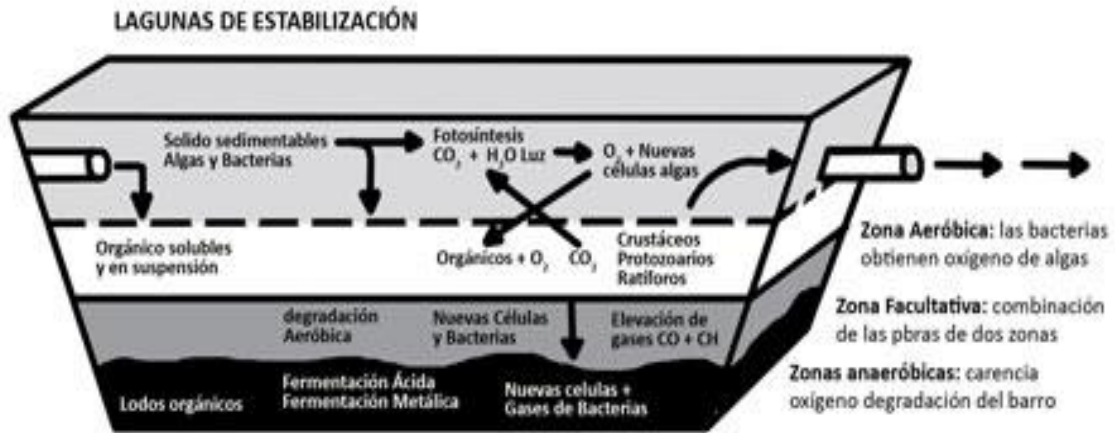
Diseñar un sistema de tratamiento con lagunas de estabilización se recomienda el uso de más de una unidad ya que entre más lagunas en serie se utilicen se tiende a un flujo pistón ideal (Romero Rojas), tendremos mayor flexibilidad en la operación y mantenimiento; la operación en paralelo suele utilizarse en lagunas

primarias, permitiendo con esto operarlas alternadamente; es decir, se puede suspender una, para poder efectuar limpieza sin detener el proceso a fin de garantizar la remoción periódica de sólidos y sedimentos, prolongando la vida útil y manteniendo los tiempos de retención.

Dentro de un sistema de Lagunas de Oxidación encontramos ventajas y desventajas, las cuales podemos apreciar en la **Tabla 7**

<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
Bajos requerimientos de energía (remoción de materia orgánica por procesos naturales)	Tiempos de tratamiento extensos (meses)
Operación sencilla	Sobrecarga orgánica (malos olores)
Remoción eficientemente de microorganismos patógenos	Proliferación de insectos
Ecuilibración efectiva (tiempos de retención hidráulica altos)	Requieren grandes superficies de terreno
Poca generación de lodos	En la actualidad existen tecnologías alternativas con mejores rendimientos y menor costo a largo plazo
Costos mínimos de operación y mantenimiento	
Proceso de tratamiento biológico más confiable	

**Tabla 7.- Ventajas y Desventajas de las lagunas**



**Figura 3 Lagunas de Estabilización – Organización Panamericana de la Salud  
Dr. Luis Augusto Cassanha ([www.bvsde.ops-oms.org](http://www.bvsde.ops-oms.org))**

### 2.4.1 TIPOS DE LAGUNAS

Dependiendo de la presencia o no de oxígeno disuelto en el líquido contenido en la laguna, se clasifican como aerobias con una profundidad de 0.3 a 1.2 metros, facultativas entre 1.2 y 2.4 metros de profundidad y anaerobias entre 2.5 y 5 metros de profundidad

PARÁMETRO	AEROBIA		ANAEROBIA	FACULTATIV A
	TASA BAJA	A TASA ALTA		
Área, ha	<4	0.2 -- 0.8	0.2 -- 0.8	0.8 -- 4
Tiempo de retención, d	10 – 40	4 -- 6	20-- 50	5 -- 30
profundidad, m	0.9 -- 1.2	0.3 -- 0.45	2.4 - 5	1.2 -- 2.4
pH	6.5 -- 10.5	6.5 -- 10.5	6.5 -- 7.2	6.5 -- 8.5
Temperatura, °C	0 – 30	5 -- 30	6 -- 50	0 -- 50
Temperatura optima, °C	20	20	30	20
COS, Kg DBO/ha.d	65 – 135	90-- 180	220 -- 560	56 -- 202
Conversión de DBO; %	80 – 95	80 - 95	50 -- 85	80 -- 95
Conversión principal	algas, CO2 Bacterias	algas, CO2 Bacterias	CH4, CO2 Bacterias	CO2, CH4 Bacterias
Conc. algal, mg/l	40 – 100	100-- 260	0 -- 5	5 -- 20
Solidos suspendidos	80 -- 140	150 -- 300	80 -- 160	40 -- 60
<b>Pretratamiento requerido</b>	Procesos primarios		Nulo	nulo o primario
<b>Observaciones</b>	efluente con baja DBO soluble alta cantidad solidos suspendidos alta producción de algas		generación de olores necesidad de postratamient o	en cargas orgánicas bajas puede ser aerobia

**Tabla 8 adaptada de Romero Rojas, 1999 (características típicas de las lagunas de estabilización)**

### **2.4.1.1 LAGUNAS AEROBIAS**

Estas lagunas son poco profundas y suelen tener un tiempo de residencia de 10 a 40 días (**Tabla 8**). Estas lagunas reciben efluentes pretratados que contienen pocos sólidos en suspensión, la degradación de la materia orgánica se produce mediante la actividad de bacterias aerobias que consumen el oxígeno producido por algas.

Según el método de aireación, sea natural o de forma mecánica, se clasifican en aerobias y aireadas; la primera es aireación natural, siendo el oxígeno suministrado por intercambios a través de interface aire – agua y por la actividad fotosintética de las algas; y la segunda, las aireadas en ella la cantidad de oxígeno suministrada por medios naturales es insuficiente para llevar a cabo la oxidación de la materia orgánica, necesitándose un suministro adicional de oxígeno por medios mecánicos. La capa que se encuentra en la parte más profunda donde se deposita el sedimento no recibe oxígeno por lo que el proceso de degradación de la materia orgánica es anaerobio.

Las condiciones aerobias que existen en la parte superior de la laguna se debe principalmente a la acción del viento y a la actividad fotosintética que presenta el cuerpo de agua, los principales nutrientes a encontrarse son el nitrógeno y el fósforo lo que favorece la eutofricación del acuífero, las algas formadas en la superficie al efectuar el proceso fotosintético y producir más biomasa requieren de bióxido de carbono para la síntesis de carbohidratos y proteínas y al mismo tiempo éstas liberan oxígeno.

### **2.4.1.2 LAGUNAS ANAEROBIAS**

En estas lagunas la degradación de la materia orgánica se realiza por la acción de bacterias anaerobias (en ausencia de oxígeno). Como resultado de la elevada carga orgánica y el corto periodo de retención, en estas lagunas el contenido de oxígeno disuelto se mantiene muy bajo o prácticamente nulo durante todo el año.



El objetivo principal de estas lagunas es poder retener la mayor parte de los sólidos en suspensión, incorporándolos a la capa de fangos acumulados en el fondo de la laguna. Esto hace que las necesidades de limpieza y mantenimiento sean mayores.

Los procesos de esta laguna se dan mediante las siguientes etapas:

- **Hidrólisis.-** Los compuestos orgánicos complejos e insolubles se dividen en otros compuestos más sencillos y solubles en agua
- **Acidogenesis.-** Los compuestos orgánicos generados en la etapa anterior son utilizados por bacterias generadoras de ácidos
- **Metanogenesis.-** Una vez formado los ácidos orgánicos, unas nuevas bacterias (metanogénicas) los utilizan para convertirlos en metano y dióxido de carbono.

Generalmente las lagunas anaerobias son excavaciones profundas en el terreno dotado de un sistema de conductos de entrada y de salidas, para conservar la energía calorífica y mantener las condiciones anaerobias, las profundidades varían entre los 2.4 y 5 metros, siendo las profundidades más típicas entre 4 y 5 metros (Metcalf & Eddy 2003 )

La función de estas lagunas anaerobias son similares a las de un tanque séptico, ya que remueven altas cantidades de carga orgánica y sólidos en suspensión, una vez sedimentados los sólidos en el fondo estos son sometidos a un proceso de descomposición anaeróbica por la acción de bacterias, debido a esto es necesario limpiar las lagunas en periodos de 3 a 5 años. La generación de malos olores es un limitante para la utilización de estos tipos de lagunas, en países como Estados Unidos su uso es generalizado para el tratamiento de desechos animales por las altas remociones de DBO y DQO y de amonio (mediante volatilización), con un buen manejo se puede reducir los malos olores generados. Otro limitante para este tipo de lagunas es que requieren grandes cantidades de terreno

Generalmente se construyen en serie con lagunas aerobias y facultativas y su operación es eficiente cuando la temperatura supera los  $15^{\circ}\text{C}$ . Con estas condiciones se logran remociones de DBO<sub>5</sub>, entre 50 y 70%, considerando también un rango de carga orgánica superficial como el indicado en la **tabla 7**, sin embargo los sólidos suspendidos totales pueden incrementarse, por lo que al efluente de este tipo de lagunas no se lo considera adecuado para su descarga directa a un cuerpo receptor.

En las lagunas anaerobias típicas, el agua residual cruda ingresa por el fondo, usualmente en el centro de la laguna permitiendo que se mezcle con el manto de lodos formados por los sedimentos, la descarga se realiza por la parte superior. Es usual que se produzcan grasas no digeridas que flotan en la superficie. Las lagunas anaerobias son capaces de lograr grandes eficiencias en el tratamiento de aguas residuales de alta resistencia (Wang et al; 2009)

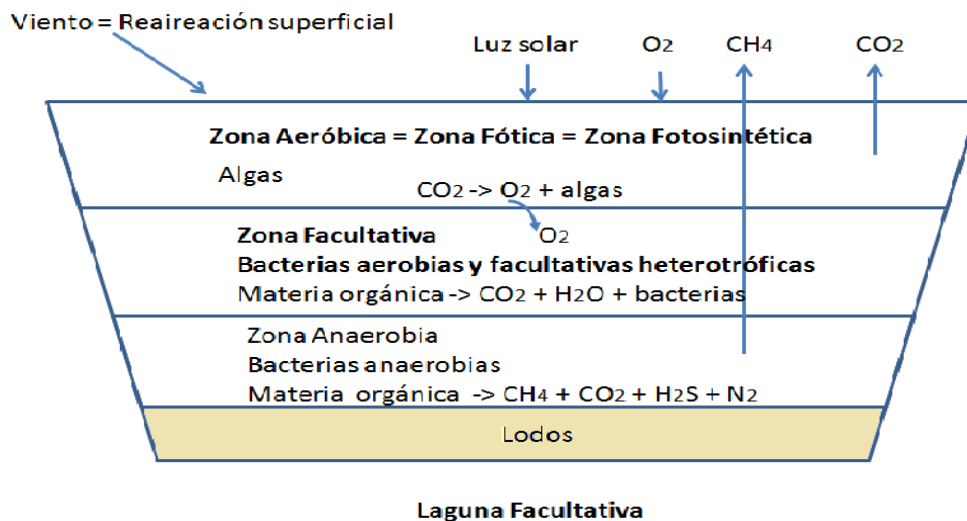
### **2.4.1.3 LAGUNAS FACULTATIVAS**

Estas lagunas poseen una zona aerobia, una zona de transición y una zona anaerobia, la primera en la superficie y la última en el fondo. El principal objetivo de estas lagunas es la estabilización de la materia orgánica en un medio oxigenado proporcionado por las algas presentes, para obtener un efluente de la mejor calidad posible orgánicamente estabilizado y con bajo contenido de nutrientes y bacterias coliformes. Las lagunas facultativas no reciben mayor tratamiento, bastaría con una remoción de sólidos grandes por medio de rejillas.

La profundidad de las lagunas facultativas están comprendidas entre 1.2 y 2.4 metros (tabla 7) para de esta manera facilitar un ambiente oxigenado en la mayor parte del perfil vertical. Los sólidos de gran tamaño se sedimentan para formar una capa de fango anaerobio; los materiales orgánicos sólidos y coloidales son oxidados por la acción de las bacterias aerobias y facultativas usando el oxígeno generado por las algas presentes.

*En una laguna facultativa existen tres zonas:*

- Una zona superficial en la que existen bacterias aerobias y algas en una relación simbiótica
- Una zona inferior anaerobia en la que se descomponen activamente los sólidos acumulados por acción de las bacterias anaerobias.
- Una zona intermedia, que es parcialmente aerobia y anaerobia, en la que la descomposición de los residuos orgánicos la llevan a cabo las bacterias facultativas.



**Figura 4.- Laguna Facultativa ([www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org))**

El dióxido de carbono que se produce en el proceso de oxidación sirve como fuente de carbono para las algas, la descomposición anaerobia de los sólidos de la capa de fango implica la producción de compuestos orgánicos disueltos y de gases tales como el  $CO_2$ ,  $H_2S$  y el  $CH_4$ , que o bien se oxidan por las bacterias aerobias, o se liberan a la atmósfera (Rolim, 2000). El efluente de las lagunas facultativas tiene una reducción importante de  $DBO_5$ , llegando incluso a concentraciones tan bajas como 30mg/l, los sólidos suspendidos son removidos mayormente por sedimentación, sin embargo la producción de algas puede incrementar esta cantidad.

En cuanto a la remoción de nutrientes, la remoción de nitrógeno en lagunas facultativas puede ser hasta del 95%, siendo menor la de fósforo (<40%); la eliminación de bacterias y virus se logra como resultado de interacciones complejas de sedimentación, predación, muerte natural y absorción (**Vesilind, 2003**). Este tipo de lagunas presenta ventajas sobre las lagunas aerobias para la remoción de componentes tóxicos (hasta 96%), la bibliografía reporta que solo el proceso de lodos activados es más eficiente para la remoción de compuestos orgánicos.

## 2.5 PARÁMETROS Y CRITERIOS DE DISEÑO

Para tener un diseño apropiado de una laguna es necesario entender el significado de varios conceptos en los que se basan la mayoría de criterios:

- **Tiempo de Retención Hidráulica (t)** .- Es el tiempo que permanece el agua dentro del sistema de tratamiento biológico, se define por la siguiente relación:

$$t = \frac{V}{Q} \quad \text{Ec. 20}$$

**Donde:**

t = Tiempo de Retención Hidráulica, (d)

V = Volumen total del líquido contenido dentro de la laguna,  
(m<sup>3</sup>)

Q = Gasto de agua (m<sup>3</sup>/d)

- **Volumen efectivo (Ve)**.- Es el volumen donde se realiza el tratamiento biológico y es menor que el volumen real, por tanto el tiempo de retención también cambia:

$$t = \frac{VE}{Q} < t \quad \text{Ec. 21}$$

**Donde:**

$t$  = Tiempo promedio real de retención hidráulica

$Ve$  = Volumen efectivo de la laguna (m<sup>3</sup>)

$Q$  = Gasto de agua (m<sup>3</sup>/d)

$t$  = Tiempo de retención hidráulica (d)

- **Carga Orgánica (&o)** .- Es la masa de sustrato que se aplica diariamente a la laguna y que será estabilizada en el tratamiento biológico, se obtiene mediante:

$$\lambda_o = \frac{Si}{Q} \quad \text{Ec. 22}$$

**Donde:**

$\lambda_o$  = Carga Orgánica, (Kg DBO<sub>5</sub>.d)

$Si$  = Concentración de la DBO del efluente, (mg/l)

$Q$  = Gasto de agua, (m<sup>3</sup>/d)

- **Carga Orgánica superficial (&s)**.- Es la masa diaria del sustrato aplicado a la laguna por unidad de área superficial, se estima mediante:

$$\lambda_s = \frac{Si \cdot Q}{A} \quad \text{Ec. 23}$$

**Donde:**

$\lambda_s$  = Carga orgánica superficial (Kg DBO<sub>5</sub>.m<sup>2</sup>.d)

$Si$  = Concentración de la DBO del efluente (mg/l)

Q = Gasto de agua (m<sup>3</sup>/d)

A = Área superficial de la laguna (m<sup>2</sup>)

- **Carga orgánica volumétrica ( $\lambda_v$ )** .- Es la masa diaria de sustrato aplicado a la laguna por unidad de volumen y tiempo, se calcula

$$\lambda_v = \frac{S_i \cdot Q}{V} \quad \text{Ec. 24}$$

**Donde:**

$\lambda_v$  = Carga orgánica volumétrica (Kg DBO<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>.d)

$S_i$  = Concentración de la DBO del efluente (mg/l)

Q = Gasto de agua (m<sup>3</sup>/d)

V = Volumen total el líquido contenido dentro de la laguna (m<sup>3</sup>)

## 2.5.1 Diseños de Lagunas

### 2.5.1.1 Lagunas Aerobias – Diseño

Este tipo de lagunas son en las que, la estabilización de la materia orgánica se hace en condiciones aerobias. De acuerdo a los estudios de (**Oswald W. J. Gotaas 1957**), a producción de oxígeno, por las algas es función de la energía solar y pueda calcularse por la siguiente ecuación:

$$O = 0.28 FS \quad \text{Ec. 25}$$

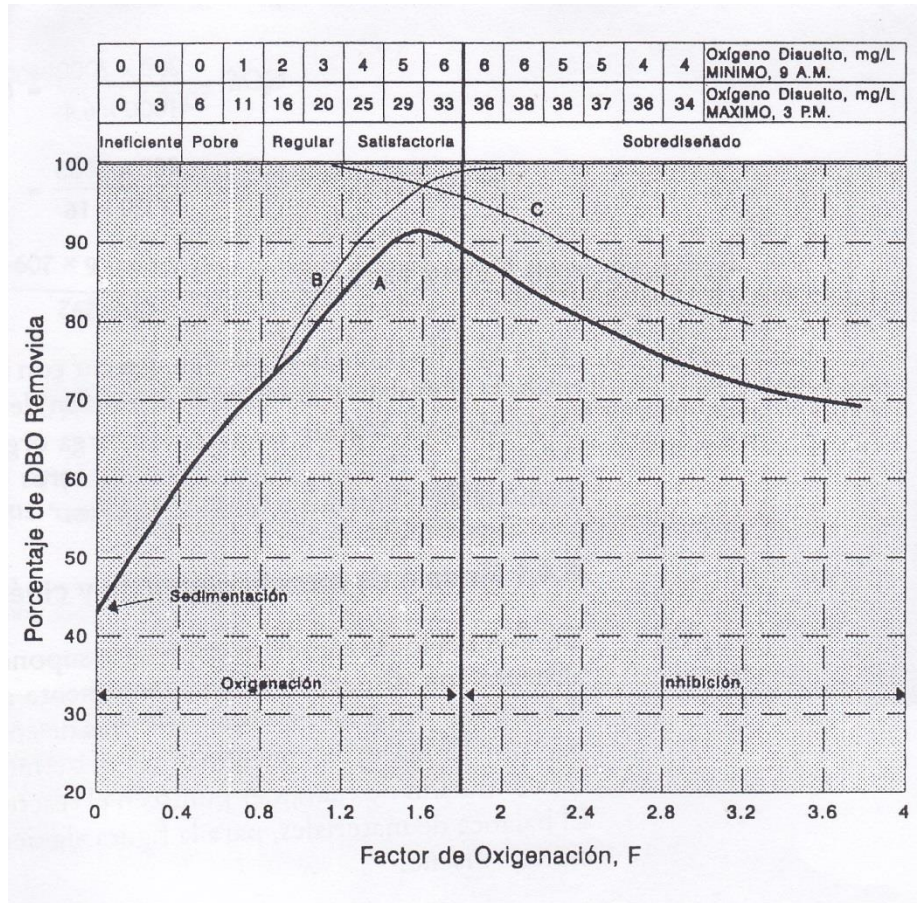
**Donde:**

O = Producción de oxígeno (KgO<sub>2</sub>/had)

F = Factor de oxigenación

$S = \text{radiación solar (cal/cm}^2\text{d)}$

El factor F representa la relación entre la masa de oxígeno producido y la DBOU a satisfacer en la laguna, se obtiene de la figura siguiente:



**Figura 5.- Relación entre factor de oxidación t remoción de DBO en lagunas aerobias (Romero Rojas 1999)**

El valor de la radiación solar es función de la localización geográfica, elevación y condiciones meteorológicas

$$COS = \frac{10d(DBOU)}{\theta} \quad \text{Ec. 27}$$

**Donde:**

COS = Carga orgánica superficial (Kg DBO/had)

d = profundidad de la laguna (m)

$\Theta$  = tiempo de retención (d)

DBOU = DBO ultima (mg/l)

10 = factor conversión de mg/l a Kg/had

Igualando la producción de oxígeno por las algas con la carga orgánica, se obtiene la ecuación para el diseño de laguna aerobia

$$\frac{d}{\Theta} = 0.028 \frac{FS}{(DBOU)} \quad \text{Ec. 28}$$

### 2.5.1.2 Lagunas Facultativas – Diseño

Este tipo de lagunas se puede diseñar con base en modelos de reactor de mezcla completa (**modelo de Marais 1974**), y modelos de carga orgánica superficial

- **Modelo de mezcla completa.**- en este modelo se supone que las partículas del fluido del afluente son dispersadas a través de todo el volumen del reactor y que no existe gradientes de concentración, por lo tanto la concentración del efluente es la misma concentración en cualquier punto del reactor



$$Q C_o - KCV = QC \quad \text{Ec. 29}$$

$$C_o - KC\theta = C \quad \text{Ec. 30}$$

$$C = \frac{C_o}{1+K\theta} \quad \text{Ec. 31}$$

Donde:

Q = caudal (m<sup>3</sup>/d)

C<sub>o</sub> = concentración de DBO en el afluente (mg/l)

C = concentración de DBO en el efluente (mg/l)

K = constante de reacción de primer orden por remoción de DBO (d<sup>-1</sup>)

V = volumen del reactor (m<sup>3</sup>)

θ = tiempo de retención en el reactor

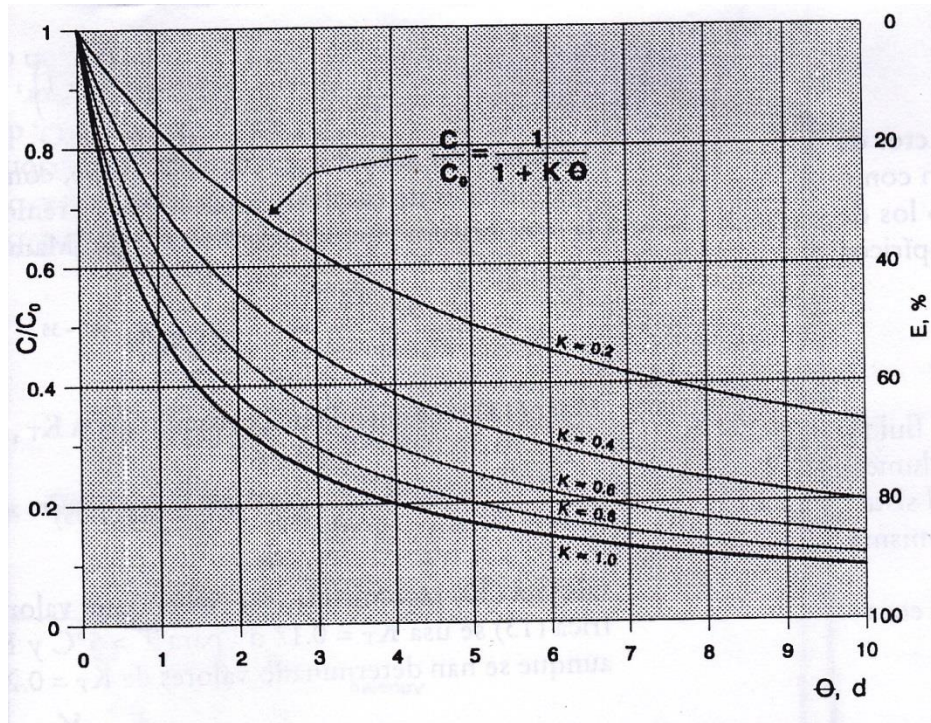
Ordenando la ecuación, tenemos:

$$\theta = \frac{1}{K} \left( \frac{C_o}{C} - 1 \right) \quad \text{Ec. 32}$$

El valor de K para el diseño es la constante de remoción de DBO en función de la temperatura y se puede calcular según (Marais G. R. 1974)

$$Kt = K35\theta^{T-35} \quad \text{Ec. 33}$$

La figura 6 muestra la eficiencia de remoción de DBO según el modelo de mezcla completa (Romero Rojas)



- **Modelos de carga superficial.**- Estas lagunas fueron diseñadas en base a cargas orgánicas y como estas cargas son muy variables dependiendo del área geográfica, temperatura, profundidad del agua.

<b>COS, hg DBO/ha.d</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
< 10	Zonas muy frías con cobertura de hielo estacional, aguas con temperaturas uniforme baja y nubosidad variable.
10 -- 50	Clima frio con cobertura de hielo estacional y temperatura templada de verano en una estación corta
50 -- 150	Clima entre templado y semitropical, cobertura ocasional de hielo, sin nubosidad persistente
150 – 300	Clima tropical, sol y temperatura uniforme, sin nubosidad estacional.

**Tabla 9.- Tabla que muestra las cargas orgánicas superficiales para diseños de lagunas facultativas (Gloyna E. F. 1973)**

La correlación desarrolla por **McGarry y Pescod (1991)** para lagunas primarias presentan las siguientes ecuaciones:

$$CSM = 60.3(1.0993)^{Ta} \quad \text{Ec. 34}$$

$$CSR = 10.35 + 0.725 CSA \quad \text{Ec. 35}$$

Donde:

CSM = Carga orgánica superficial máxima aplicable (kgDBO/had)

CSR = carga orgánica superficial removida (kgDBO/had)

CSA = carga orgánica superficial aplicada (kgDBO/had)

Ta = temperatura ambiental del mes más frío (°C)

Mara aplica un factor de seguridad aproximadamente 1.5 a la anterior ecuación de **McGarry y Pescod (1991)** y recomienda para el diseño de lagunas facultativas dicha expresión:

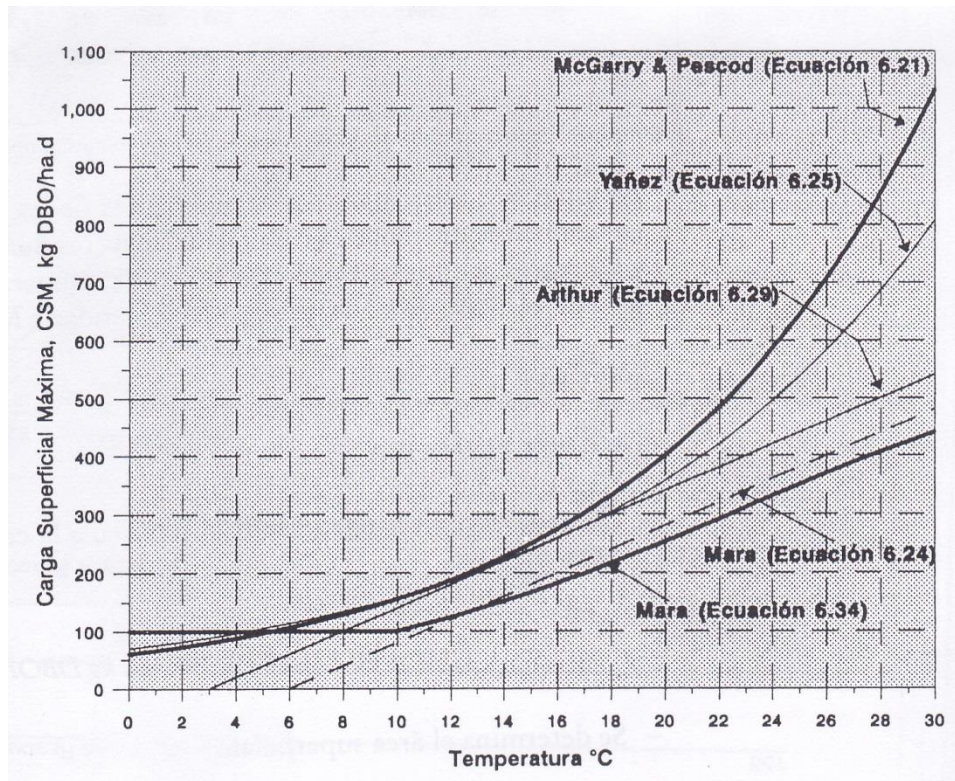
$$CSM = 20T_a - 120 \qquad \text{Ec. 36}$$

Donde:

CSM = carga orgánica superficial máxima aplicable (kgDBO/had)

Ta = temperatura del medio ambiente del mes más frío (°C)

Figuras donde se muestran algunos modelos de carga superficial para díselos de lagunas facultativas:



**Figura 7.- Relación entre la temperatura y carga superficial (Romero Rojas)**

### 2.5.1.3 Lagunas Anaerobias – Diseños

Estas lagunas tienen la carga orgánica tan alta que no poseen zona aerobia, excepto en la superficie, básicamente se diseñan con criterios de carga orgánica volumétrica tiempo de retención

- **Carga orgánica volumétrica.-** se expresa por la siguiente expresión

$$COV = 16.5 - 100 \quad \text{Ec. 37}$$

Donde:

COV = carga orgánica volumétrica (gDBO/m<sup>3</sup>d)

T = temperatura de diseño, generalmente mayor a 10oC

TEMPERATURA	EFICIENCIA DE REMOCIÓN
	DBO, %
< 10	40
11 – 20	50
21 – 25	60
> 25	70

**Tabla 10.- Remoción de DBO en lagunas anaerobias (Romero Rojas)**

- **Modelo de Vincent.-** Suponiendo condiciones de mezcla completa y temperatura del agua de 20 grados

$$C1 = \frac{C0}{\left(\frac{C1}{C0}\right)^{n} K\theta+1} \quad \text{Ec. 38}$$

## 2.4 CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

La manera de construcción debe ser de lo más regular posible, evitando que se formen ángulos en los lados que puedan provocar zonas muertas con sedimentaciones preferenciales, se debe de cuidar las ubicaciones de entradas y salidas a los depósitos.

Tanto como para industrias y poblaciones grandes y pequeñas, la construcción de las lagunas de estabilización es el método más apropiado para el tratamiento y disposición de las aguas residuales, hay lugares en que el costo y la falta de terreno representa un problema al momento de elegir esta alternativa.

Por lo tanto, la construcción de estos sistemas debe ser relativamente económica tanto en su construcción como operación, en sus estructuras de entradas y salidas y con los accesorios de aforo y pre tratamiento indispensable. De la misma manera las lagunas se deben construir procurando que el movimiento de tierras

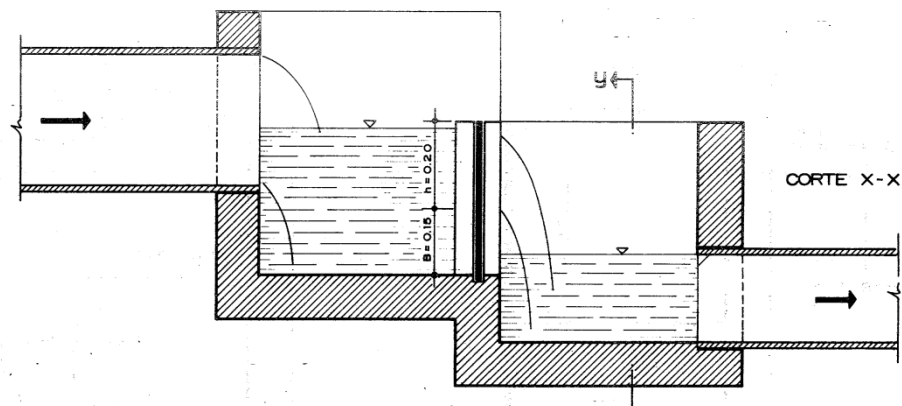
sea compensado, es decir que la excavación produzca el material necesario para la construcción de los diques.

En la construcción de estas lagunas se debe de considerar:

- **Replanteo.**- Una vez ya definido la ubicación de las lagunas a construir se procede hacer un replanteo, siguiendo las especificaciones de los planos en cuanto a distancias, rumbos, etc. Se coloca estacas indicando el corte o relleno para lograr el nivel requerido.
- **Desmante.**- Se deben de cortar los árboles, hierbas o cualquier tipo de vegetación.
- **Despalme.**- Se debe de retirar el material que se considere inapropiado, comúnmente se retira la capa vegetal.
- **Excavaciones.**- Estas se realizan de tal forma que se obtengan los niveles deseados para el fondo y de esta forma crear las secciones del proyecto
- **Escarificación.**- Consiste en la rotura de unos 15cm del terreno sobre el cual se forman los terraplenes, esto se hace luego de haber realizado el despalmes.
- **Formación de Terraplenes.**- Son construidos con el material producto de las excavaciones, se colocan capas delgadas que son compactadas por el peso del tractor o con equipo de compactación especial, el espesor de la capa, el porcentaje de humedad y grado de compactación serán en base al estudio de suelos realizados
- **Preparación del fondo.**- En el acabado se puede tener una tolerancia mayor que en la de los diques permitiendo diferencias de hasta 10cm con respecto a los perfiles proyectados.
- **Protección de Taludes.**- Estas protecciones se realizan en la zona más cercana al espejo de agua y el objetivo es proteger los diques de la erosión y contra el crecimiento de plantas.

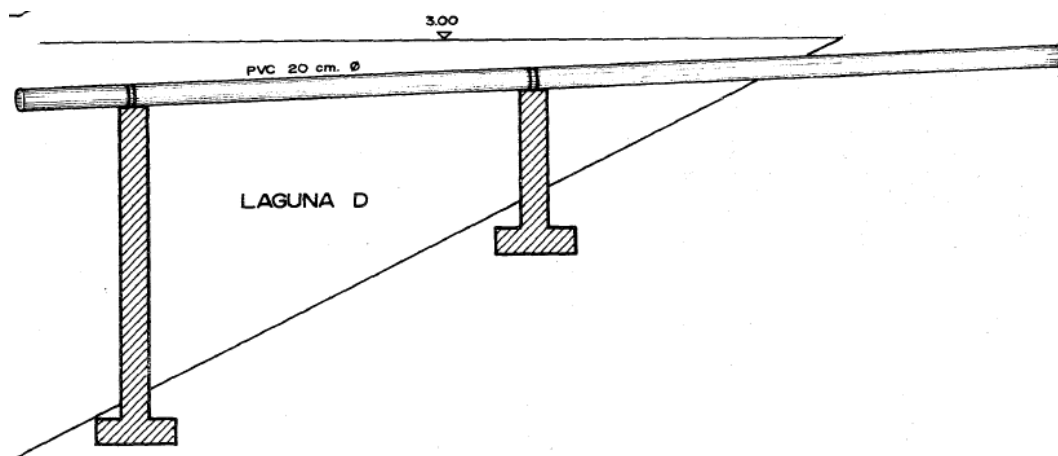
Dentro de las características constructivas de las lagunas, encontramos las principales obras de arte:

- **Estructura para medición de caudales.-** Es necesaria para llevar un registro del caudal que ingresa a la laguna las 24 horas, sirve también para evaluar el comportamiento de las lagunas.
- **Estructuras para distribución proporcional de caudales entre varias lagunas.-** Consiste en construir una cámara en la cual el caudal que entra, es igual al que sale por el número de vertedores iguales. **(Figura 9)**



**Figura 8.- Estructura de distribución de caudales entre varias lagunas**

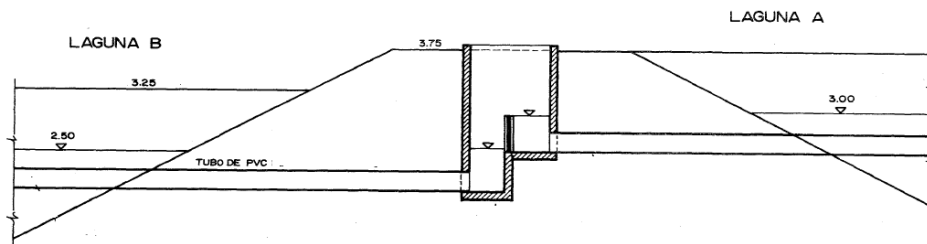
- **Estructuras de entrada.-** consiste en un simple tubo que entra por el fondo de la laguna, se recomienda una tubería de entrada sobre pilares para evitar que sean obstruidas por la acumulación de lodos





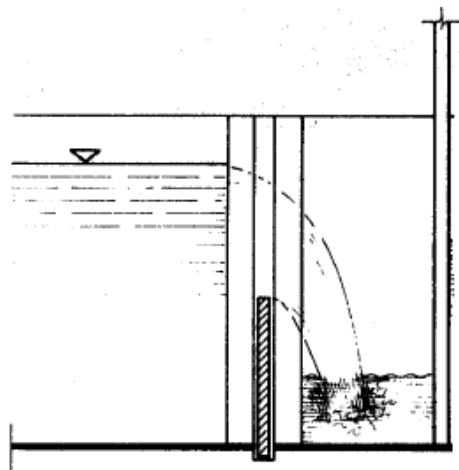
**Figura 9.- Estructuras de entradas**

- **Estructura de interconexión.-** Esta estructura de interconexión en realidad es una estructura de salida que en lugar de desaguar al emisario de salida lo hace a otra laguna



**Figura 10.- Estructuras de interconexión entre lagunas**

- **Estructura de Salida.-** Esta estructura es semejante a las estructuras de interconexión, con la única diferencia en el tubo de salida que en vez de ir a otra laguna descarga en la estructura de reunión.
- **Estructura de Reunión.-** es un pozo de visita que recibe las tuberías de salidas de todas las lagunas finales de cada serie
- **Estructura de salida superficial.-** los niveles son regulados por medio de vertederos



**Figura 11.- Estructuras de salida superficial**

## 2.7 RIESGOS ASOCIADOS AL USO DE AGUA RESIDUAL PARA IRRIGACIÓN AGRÍCOLA

Debido a la creciente escasez de agua a nivel mundial, se vuelve obligatorio encontrar otras fuentes alternativas de agua para el riego, una de las alternativas más comunes es la de reutilizar el agua residual producto del mejoramiento mediante un sistema de tratamiento con el fin de obtener productos útiles y necesarios para la población.

El uso o la reutilización de esta agua en la agricultura es una práctica establecida especialmente en las zonas rurales y áridas, estas aguas que son utilizadas como fuentes de riego son también fuentes de nutrientes para las plantas ya que poseen nitrógeno, fósforo y potasio permitiendo de esa manera que los agricultores eliminen la necesidad de comprar fertilizantes químicos.

Sin embargo los riesgos para la salud y el medio ambiente del uso de las aguas residuales no tratadas para el uso agrícola presenta un serio riesgo para la salud pública, debido a que estas aguas tienen un alto contenido de agentes patógenos, bacterias, virus que causan infecciones gastrointestinales en los seres humanos, también en las aguas residuales encontramos toxinas químicas producto de fuentes industriales

<b>PARÁMETROS</b>	<b>EXPRESADO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>LIM. MAX. PERMISIBLE</b>
Aluminio	Al	mg/l	5
Arsénico	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	1
Berilio	Be	mg/l	0,1

Boro	B	mg/l	1
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Cianuro	CN	mg/l	0,2
Cobalto	Co	mg/l	0,05
Cobre	Cu	mg/l	2
Cromo			
Hexavalen	CR+6	mg/l	0,1
Flúor	F	mg/l	1
Hierro	Fe	mg/l	5
Litio	Li	mg/l	2,5
Mat. Flotante	Visible		Ausencia
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Mercurio	Hg	mg/l	0,001
Níquel	Ni	mg/l	0,2
Plata	Ag	mg/l	0,05
Potencial H	pH		6—9
Plomo	Pb	mg/l	0,05
Selenio	Se	mg/l	0,02
Solidos			
Disueltos	SDT	mg/l	3000
Vanadio	V	mg/l	0,31
Aceites			0,3
Coliformes	nmp/100mpl		1000
Zinc	Zn		2

**Tabla 11.- Criterios de Calidad Admisibles para Aguas de Uso Agrícolas (TULSMA)**

## CAPÍTULO 3

### 3.1 NORMATIVAS ECUATORIANAS VIGENTES

En el presente trabajo se tomará en consideración tanto la normativa nacional como internacional. Este marco legal está constituido, sin limitarse a ellas, por las siguientes normas:

- Constitución de la República del Ecuador.
- Ley de Gestión Ambiental, publicada en el Registro Oficial N° 245 del 30 de julio de 1999.
- Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, publicada en el Registro Oficial N° 97 del 31 de mayo de 1976.
- Texto Unificado de Legislación Secundaria - Medio Ambiente (TULSMA) del Ministerio del Ambiente. Decreto Ejecutivo 3516 del Registro Oficial Esp. 2 del 30 de marzo de 2003.
- Reglamento al artículo 28 de la Ley de Gestión Ambiental sobre la Participación Ciudadana y Consulta Previa, Registro Oficial No. 380, jueves 19 de octubre de 2006.
- **Decreto 1040**, Registro Oficial N° 332 del 8 de Mayo de 2008, referente al Reglamento de Aplicación de los Mecanismos de Participación Social establecidos en la Ley de Gestión Ambiental

- Acuerdo Ministerial del Ministerio de Ambiente, N°112, del 17 de Julio de 2008, referente al Instructivo al Reglamento de Aplicación de los Mecanismos de Participación Social establecido en la Ley de Gestión Ambiental

De la revisión de las normas de calidad de agua del TULSMA, son de especial interés los límites para descarga al sistema de alcantarillado público (**Tabla 10**) y los límites de descarga a un cuerpo de aguamarina (**Tablas 11**)

**Límites de descarga al sistema de alcantarillado público**

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	100
Ácidos		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5.0
Arsénico	As	mg/l	0.1
Bario	Ba	mg/l	5.0
Cadmio	Cd	mg/l	0.03
Carbonatos	CO <sub>3</sub>	mg/l	0.1
Caudal Máximo		l/s	1.5
Cianuro total	CN	mg/l	1.0
Cobalto total	CO	mg/l	0.5
Cobre	Cu	mg/l	1.0
Cloroforme	Extracto Carbón	mg/l	0.1
Cloro activo	Cl	mg/l	0.5
Cromo Hexavalente	Cr+6	mg/l	0.5
Compuestos fenólicos	expresados en fenol	mg/l	0.2
DBO	DBO <sub>5</sub>	mg/l	250
DQO	DQO	mg/l	500
Dicloretileno	Dicloretileno	mg/l	1.0
Fósforo	P	mg/l	15
Hierro	Fe	mg/l	25
Hidrocarburos	TPH	mg/l	20
Manganeso	Mn	mg/l	10
Materia Flotante	Visible	mg/l	Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2.0
Nitrógeno	N	mg/l	40

Plata	Ag	mg/l	0.5
Plomo	Pb	mg/l	0.5
Potencial Hidrógeno	Ph		05-sep
Solidos sedimentables		mg/l	20
Solidos suspendidos		mg/l	220
Solidos Totales		mg/l	1 600
Selenio	Se	mg/l	0.5
Sulfato	SO4	mg/l	400
Sulfuros	S	mg/l	1.0
Temperatura	oC	mg/l	< 40
Tensoactivos	Sust. activas de metileno	mg/l	2.0
Tricloroetileno	Tricloroetilino	mg/l	1.0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro carbono	mg/l	1.0
sulfuro carbono	sulfuro carbono	mg/l	1.0
Vanadio	V	mg/l	5.0
Zinc	Zn	mg/l	10

**Tabla 12.- Límites de descarga al sistema de alcantarillado público (TULSMA)**

**Límites de descarga a un cuerpo de agua marina**

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Aceites y grasas		mg/l	0.3
Arsénico total	As	mg/l	0.5
Alkil mercurio		mg/l	no detectable
Aluminio	Al	mg/l	5
Bario	Ba	mg/l	5
Cadmio	Cd	mg/l	0.2
Cianuro total	CN	mg/l	0.2
Cobre	Cu	mg/l	1.0
Cobalto	Co	mg/l	0.5
Coliformes fecales	mmp/100 ml		Remoción > 99.9%
Color real	color real	unid. Colores	Inapreciable
Cromo hexavalente	Cr +6	mg/l	0.5
Comp. Fenólicos	Expr. Fenol	mg/l	0.2
D.B.O	D.B.O 5	mg/l	100
D.Q.O	D.Q.O	mg/l	250
Fósforo total	P	mg/l	10

Fluoruros	F	mg/l	5.0
Hidrocarburos totales	TPH	mg/l	20.0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0.01
Níquel	Ni	mg/l	2.0
Nitrógeno total	Ni	mg/l	40
Plata	Ag	mg/l	0.1
Plomo	Pb	mg/l	0.5
Potencial hidrogeno	pH		6 – 9
Selenio	Se	mg/l	0.2
Solidos suspendidos		mg/l	100
Sulfuros	S	mg/l	0.5
Organoclorados	Conc. Total	mg/l	0.05
Temperatura	*C		< 35
Tensoactivos	Sust. Activas	mg/l	0.5
Zinc	Zn	mg/l	10

**Tabla 13.- Límites de descarga a un cuerpo de agua marina (TULSMA)**

### 3.2 ENTIDADES COMPETENTES

En el año 1999 los Gobiernos Municipales de los Cantones santa Elena, La Libertad y Salinas mediante sesiones ordinarias respectivas, resolvieron aprobar la constitución de la **Compañía Agua para la Península Aguapen S. A.** con la comisión de **Estudios para el Desarrollo de la Cuenca del Rio Guayas, CEDEGE**, mediante decreto ejecutivo No. 57 del 16 de Octubre del 2009 SENAGUA, transfirió al Ministerio Desarrollo Urbano y Vivienda MIDUVI la totalidad del paquete accionario que poseía CEDEGE en la compañía AGUAPEN S.A. así como también la competencia para el manejo de los servicios públicos de agua potable y alcantarillado de los cantones y sus zonas de influencia.

Mediante Acuerdo Ministerial No. 022 suscrito el 31 de Marzo del 2011 por el Ministro del MIDUVI, se transfiere a las municipalidades el manejo del servicio público de agua potable, alcantarillado sanitario y pluvial de sus respectivas

jurisdicciones cantonales y zonas de influencia dando cumplimiento a las competencias exclusivas constitucionales legales de los entes municipales en esta materia y el 15 de Noviembre del 2011 se suscribió el acta de compromiso, por la cual se comprometieron a crear la mancomunidad para la prestación de los servicios públicos de agua potable, alcantarillado pluvial y sanitario, depuración y aprovechamiento de aguas residuales de las zonas urbanas y rurales de sus jurisdicciones cantonales.

En las sesiones ordinarias de los concejos municipales, de conformidad con lo establecido en el numeral 1 del Art.287 del COOTAD se autorizó expresamente a los señores Alcaldes y Procuradores Síndicos para que suscriban el ***Convenio de creación de la Mancomunidad Integrada por los Cantones Santa Elena, La Libertad y Salinas para la prestación de los servicios públicos de agua potable, alcantarillado sanitario y pluvial, y depuración de aguas residuales de las zonas urbanas y rurales de sus jurisdicciones cantonales***, documentos que constituyen habilitantes del presente instrumento y forman parte integrante del mismo.



## CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA

### 4.1 RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE DEL SISTEMA DE LAGUNAS DE OXIDACIÓN

Las lagunas de oxidación que son de revisión de este presente trabajo de grado, son las que se encuentran ubicadas en la Vía Punta Carnero la cual recibe el efluente de Salinas, Santa Rosa, Muey y La Libertad

Estas lagunas se encuentran ubicadas según las siguientes coordenadas:

Coordenadas

Puntos	Latitud	Longitud
A	02° 15' 27.88"S	80°55'6.71"O
B	02° 15' 55.05"S	80°54'51.90"O
C	02° 15' 55.05"S	80°54'51.90"O
D	02° 15' 53.55"S	80°55'6.69"O

**Tabla 14.- Cuadro de coordenadas**



**Foto 1.- Localización de las lagunas de estabilización**

Las aguas residuales llegan a esta planta de tratamiento por medio de una estación de bombeo ubicada a 794 metros de la planta de tratamiento, luego de esta estación el efluente llega a una estructura de hormigón que permite la distribución de las aguas a cada una de las lagunas anaeróbicas y posteriormente es distribuido a las 3 lagunas facultativas y luego a la planta de cloración para la desinfección de elementos patógenos y luego descargar en el canal y éste a su vez, en el estero. En dicho canal se ha podido observar que se ha producido un azolvamiento que hace que la descarga sea lenta y en varios lugares se produzca estancamientos y zonas muertas. El sistema de lagunas tiene las siguientes características:

Descripción	Lagunas Anaerobias		Lagunas Facultativas	
	Simbología	Unidad - Valor	Simbología	Unidad-valor
Relación ancho - largo	a:l	1:01	a:l	3:0.6
Radio extremo	RE	>5m	RE	>5m
Altura diques entre Coronas	H	>0.5m	H	>0.5m
taludes internos-externos	V:H	1:2-5	V:H	1:2-5
Superficie	S	<5 ha	S	<15ha
Profundidad	H	>3m (3 -6m)	H	1.5:2.2m

**Tabla 15.- Dimensiones de las lagunas existentes**

La población asentada en estas tres comunidades de Salinas, La Libertad y José Luis Tamayo es de 152.014 habitantes, distribuido de la siguiente manera de acuerdo al último censo del 2010:

<b>Cantón</b>	<b>Población</b>	<b>Extensión</b>	<b>% Alcantarillado</b>
José Luis Tamayo	17.407	3.410 Hectáreas	50%
La Libertad	95.942	2.520 Hectáreas	35%
Salinas	38.665	2.580 Hectáreas	22%

**Tabla 16.- Población de los cantones de la provincia de Santa Elena**

De acuerdo a especificaciones técnicas la dotación media para la población de Salinas es de 180 litros/habitantes/día de las cuales se considera un factor de retorno del 80% de este caudal como aportación a la red de alcantarillado sanitario que llega a la planta de tratamiento, por lo que se tendría un caudal de 21890,02 m<sup>3</sup>/día, que se incrementa por las aguas ilícitas y por el caudal de infiltración.

Considerando las 3 lagunas anaerobias, éstas pueden almacenar hasta 90.000m<sup>3</sup> por lo que en la actualidad la capacidad de las lagunas cubre la demanda considerando el total de la población

De acuerdo a los últimos 5 censos, la tasa de crecimiento es de 2.6% anual y el tipo de crecimiento es geométrico, por lo tanto se estima que dentro de 20 años la población será de 253.998 habitantes.

#### 4.1.1 Cálculo de la población futura a 20 años

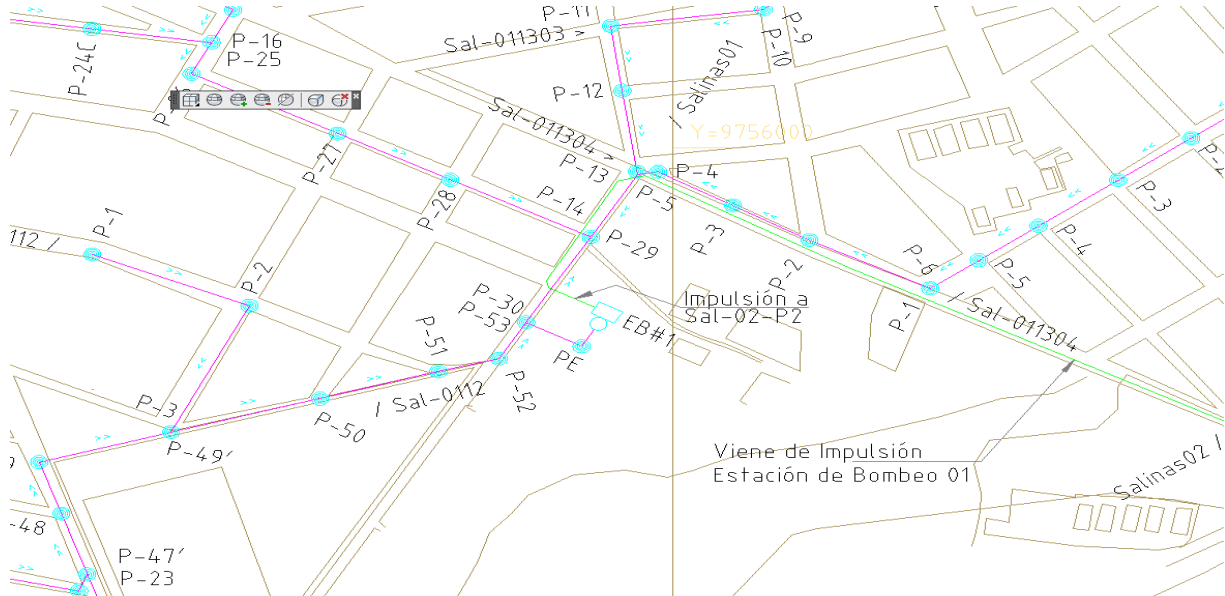
$$P_f = P_o (1 + r)^t \quad \text{Ec. 4}$$

#### 4.1.2 Cálculo del caudal máximo diario proyectado a 20 años

$$Q = Poblacion (Dotacion)0.8 \quad \text{Ec. 39}$$

## 4.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DEL CANTÓN SALINAS

El sistema de alcantarillado está compuesto por una red de colectores ubicadas desde el sector Sur – Oeste de Salinas desde los barrios la Ensenada, Chipipe, sector oeste del Barrio Salinas, barrio Bazán, Barrio Evaristo Montenegro, Coresa, Pedro Rodríguez y Brisas del Mar, estos colectores mediante sus tuberías llegan a la estación de bombeo de Salinas



**Figura 12.- Colectores del Alcantarillado sanitario del Cantón Salinas**

Los colectores que llevan el agua residual hacia la *Estación de Bombeo # 1 (EB#1)* son el Sal-0101, Sal-0102, Sal-010201, Sal-10202, Sal-0103, Sal-0104, Sal-0105, Sal-0106, Sal-010601, Sal-0107, Sal-0108, Sal-0109, Sal-0110, Sal-0111, Sal-0112 y Salinas 02), como se aprecia en la **Figura 12**.



**Foto 2.- Estación de Bombeo de Salinas (EB#1)**

El sector Sur – Oeste es atendido por el colector principal que recibe las aportaciones de colectores secundarias, la **Estación de Bombeo # 2 (EB#2)**, proviene de la parroquia Santa Rosa y envía las aguas por medio de colectores Sal – 0101, Sal – 0103, Sal- 0105

Todos estos efluentes de los colectores nombrados son depositados en una estación de bombeo (**Figura 16**), la cual tiene el objeto de bombear el efluente a través de una tubería de 600mm de diámetro hacia el pozo inicial el cual descarga por gravedad a la estación principal ubicado en la vía principal de Punta Carnero.

Todos los colectores principales y secundarios son de tubería PVC perfilada con diámetro que varía entre los 200mm hasta los 1140mm, estos colectores también reciben aguas de redes terciarias de aguas domiciliarias.

CUADRO DE COORDENADAS		
U.T.M.		
PUNTO	NORTE	ESTE
A	9.751.445,58	509.073,53
B	9.751.436,70	509.140,92
C	9.751.376,58	509.138,04
D	9.751.386,12	509.065,69

**Tabla 17.- Coordenadas de la Estación de Bombeo**

Dentro de la estación de bombeo ubicada en la vía Punta Carnero, encontramos el Pozo de Entrada y Pozo de Bombeo que es una estructura de hormigón armado, es una estructura monolítica que interiormente está dividido en 2 pozos, el primero denominado pozo de gruesos donde se deposita el efluente y se retienen estos sólidos los cuales son recogidos con la cuchara bivalva (*Foto 5*) que se usa mediante una grúa construida encima del pozo, también encontramos la rejilla de espacios libres de 80mm para optimizar el proceso de eliminación de sólidos antes de bombear el efluente y luego de esta rejilla encontramos un dissipador de energía (*Foto 6*), el segundo pozo es el denominado pozo de bombeo donde en su interior se encuentran instaladas tres bombas (*Foto 7*) sumergibles de 82 KW con un caudal de 760m<sup>3</sup>/h y 26 mca de altura manométrica cada una con el espacio para una cuarta bomba, estas bombean el efluente sin gruesos a las lagunas.

Esta estación está integrada al sistema de alcantarillado sanitario SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) que es un software para ordenadores que permite controlar y supervisar procesos a largas distancias en tiempo real mediante dispositivos de campo. Estas bombas impulsan el efluente hasta las plantas de tratamiento que están ubicadas a una distancia de 650 metros aproximadamente por una tubería de hierro dúctil de 600mm

La estación posee una cámara de válvulas donde se encuentran válvulas de compuertas de regularización de 350mm, posee un cuarto eléctrico donde trabajan los equipos que controlan y energizan las bombas sumergibles mediante.

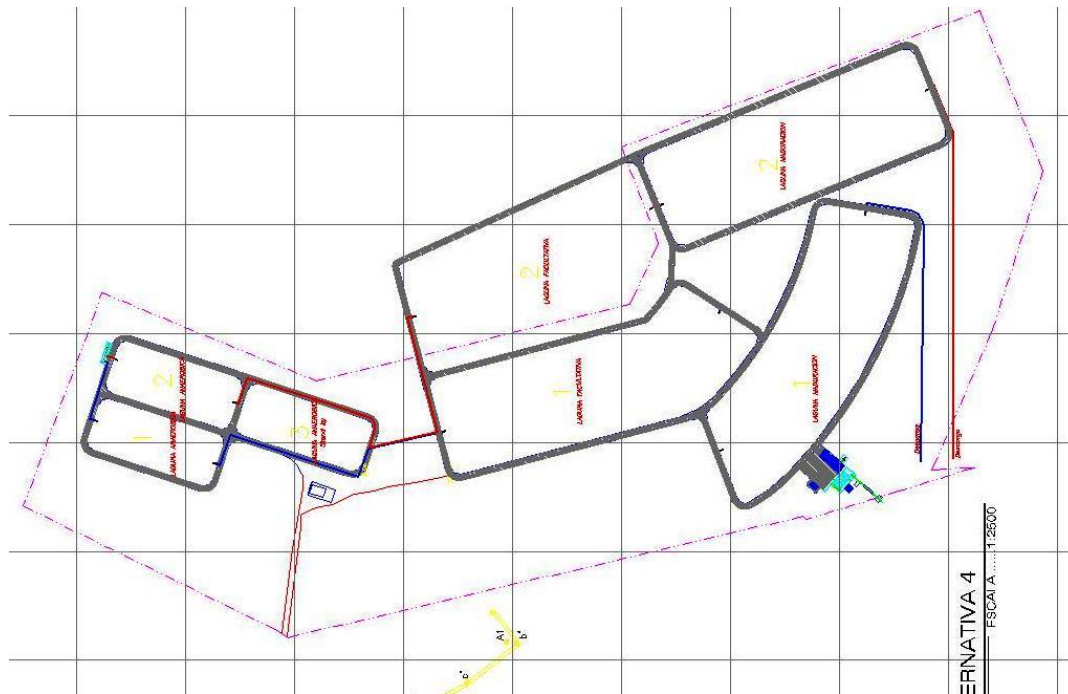
La estación de bombeo del alcantarillado sanitario puede operar de diversos modos:

- **Modo Remoto Manual:** El operador desde la computadora de la sala de control puede arrancar y parar las bombas de acuerdo a su criterio, independientemente del nivel del pozo de succión.
- **Modo Remoto Automático:** Las bombas funcionan automáticamente de acuerdo a los niveles del pozo de succión y de forma alternante cada semana. El nivel del pozo se lo obtiene a través de un sensor tipo ultrasónico.
- **Modo Controlador de Nivel:** Las bombas arrancan y paran de acuerdo a los niveles prefijados en el controlador del sensor de nivel tipo ultrasónico. Este modo de operación entra automáticamente en funcionamiento cuando el PLC sale de funcionamiento.
- **Modo Local Manual:** Este modo de operación se lo realiza desde los pulsadores de arranque y parada de las bombas ubicadas en el cuadro general de baja tensión de 440 V. Las bombas funcionan de acuerdo al criterio del operador.

### 4.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

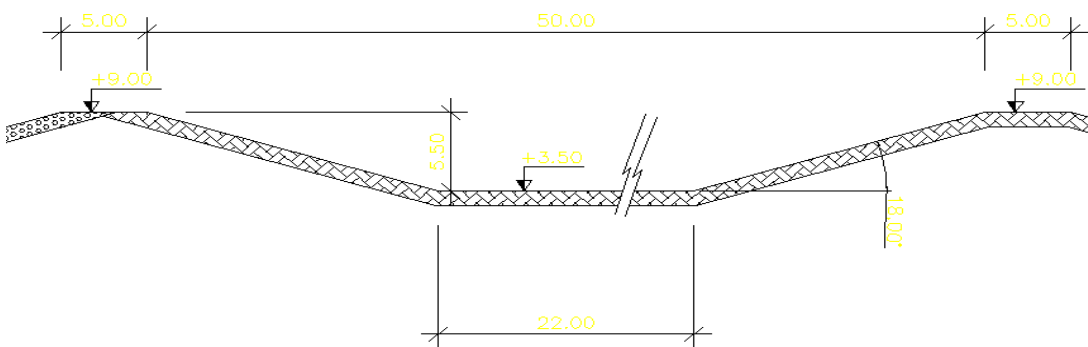
El sistema de tratamiento de las lagunas de estabilización empieza una vez que recibe el efluente desde la estación de bombeo a través de 2 líneas de tuberías de PVC de 400mm de diámetro. Estos depositan el efluente en la estructura de entrada, donde inicia el tratamiento de las mismas. Este sistema de tratamiento fue proyectado hasta el año 2030 AGUAPEN S.A. Actualmente existen tres lagunas anaerobias y tres facultativas que abastecen a la población actual

Las dos primeras lagunas anaerobias están colocadas en paralelo para de esa forma poder dar mantenimiento a una de ellas y no parar el proceso, estas lagunas están conectadas entre si por medio de tuberías de PVC de 400mm de diámetro por medio de arquetas (*Foto 13*) para evitar el rebose por encima de la laguna, luego de estas lagunas vienen las otras 4 lagunas conectadas en serie.



**Figura 13.- Implantación de las Lagunas de Estabilización**

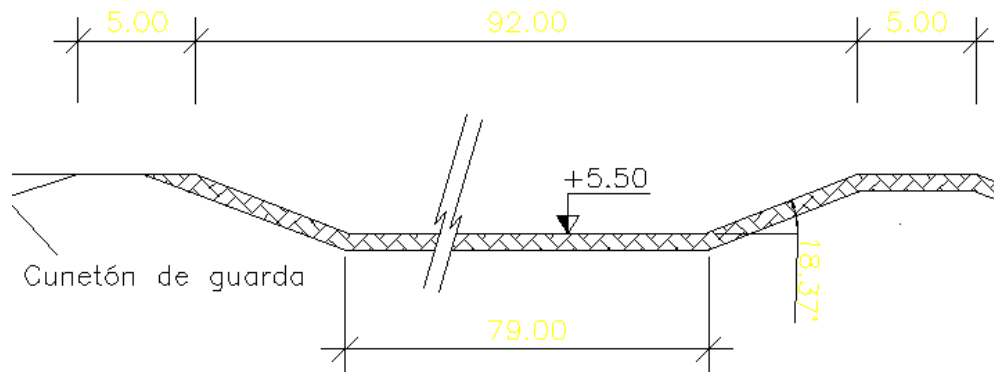
Las lagunas anaerobias tienen un largo de 122m, de ancho 50m, el ancho del fondo es de 22m y la profundidad es de 5.5m estas lagunas tienen ancho vía de 5m, en el fondo de la laguna encontramos un capa de material impermeable de 0.80m



**Figura 14.- Perfil de la Laguna Anaerobia**



Las 3 lagunas Facultativas tienen formas diferentes, la primera tiene un largo de 270m, de ancho 92m, el ancho del fondo es de 79m y la profundidad es de 2.5m estas lagunas tienen ancho vía de 5m, en el fondo de la laguna encontramos una capa de material impermeable de 0.50m, las dos lagunas restantes tienen forma irregular.



**Figura 15.- Perfil de la Laguna Facultativa**

La parte final del tren de tratamiento es el proceso de desinfección (Foto 15 ), que es la etapa donde se inyecta cloro cuando el efluente circula en una estructura de hormigón armado que es el tanque de contacto, aquí encontramos el cuarto de cloración que posee un almacenamiento de cilindros de gas cloro de 700 kilos cada uno, y una estructura de anillos que se prevé en caso de alguna fuga de cloro, luego del tanque de contacto se forma una espuma debido a los detergentes presentes en las aguas residuales, luego de esto el efluente es descargado hacia el estero de Punta Carnero por gravedad, antes de eso pasa por una cámara que registra el caudal conectado al sistema SCADA .

Dentro de esta planta de tratamiento también encontramos una estación de bombeo que fue diseñada para enviar el efluente por bombeo hacia el sector agrícola de la represa Velasco Ibarra donde es reutilizada para riego. A inicios de

la construcción de la planta el efluente era reutilizado para riego pero estudios comprobaron que por la falta de percoladores del sistema, al momento no es apto para reutilizar el efluente, debido a que no se cumple con la eficiencia de remoción de coliformes fecales.

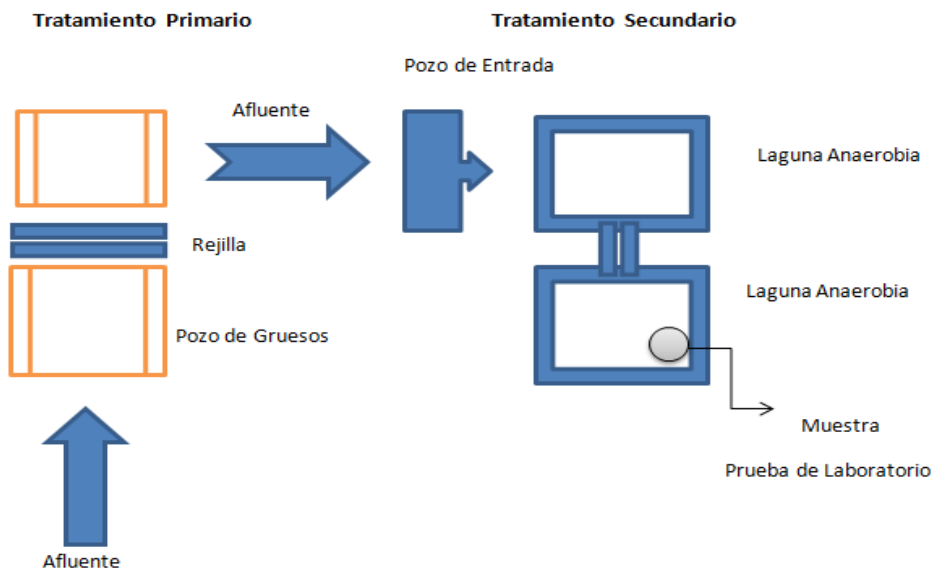
También existe un laboratorio de calidad de agua dentro de las plantas de tratamiento, la cual permite llevar un control periódicamente de las pruebas de cálida del efluente

#### **4.4 TOMA DE MUESTRAS DE LABORATORIOS Y EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE INTERÉS DE CALIDAD DE AGUAS RESIDUALES**

##### **4.4.1 Parámetros de Calidad del Agua Residual en Laguna Anaerobia**

Los análisis de interés de calidad de agua residual dentro de las diferentes lagunas de oxidación, son realizadas por profesionales a cargo de la empresa Aguapen. S. A.; como se manifestó anteriormente dentro del sistema de tratamiento existe un laboratorio de calidad de agua a cargo del Blgo. Guido Ortiz Castillo del Laboratorio de Microbiología, los análisis son resultados de pruebas tomadas una vez por mes, en horarios que varían de 12:00 a 16:00.

Se han tomado los parámetros más representativos en las lagunas anaerobias:

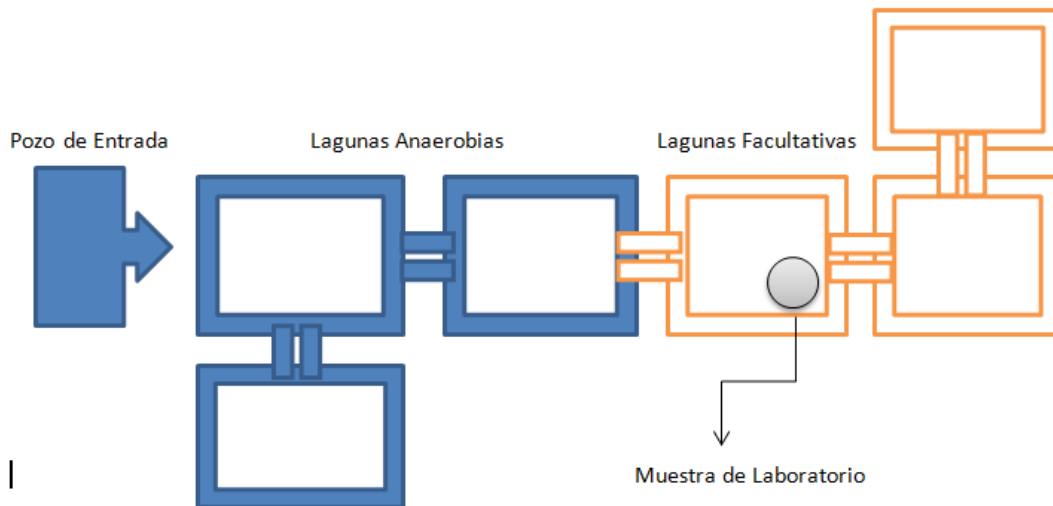


**Grafico 1.- Esquema del Proceso de Muestreo para Pruebas de Laboratorio en la Laguna Anaerobia**

#### 4.4.2 Parámetros de Calidad del Agua Residual en Lagunas Facultativas

De la misma manera los datos obtenidos de las pruebas de laboratorio de los parámetros de interés de calidad del agua en las lagunas facultativas, se han tomado una vez por mes y aprobados por el encargado del laboratorio en horarios que varían de 12:00 a 16:00 y son los siguientes:

## Tratamiento Secundario

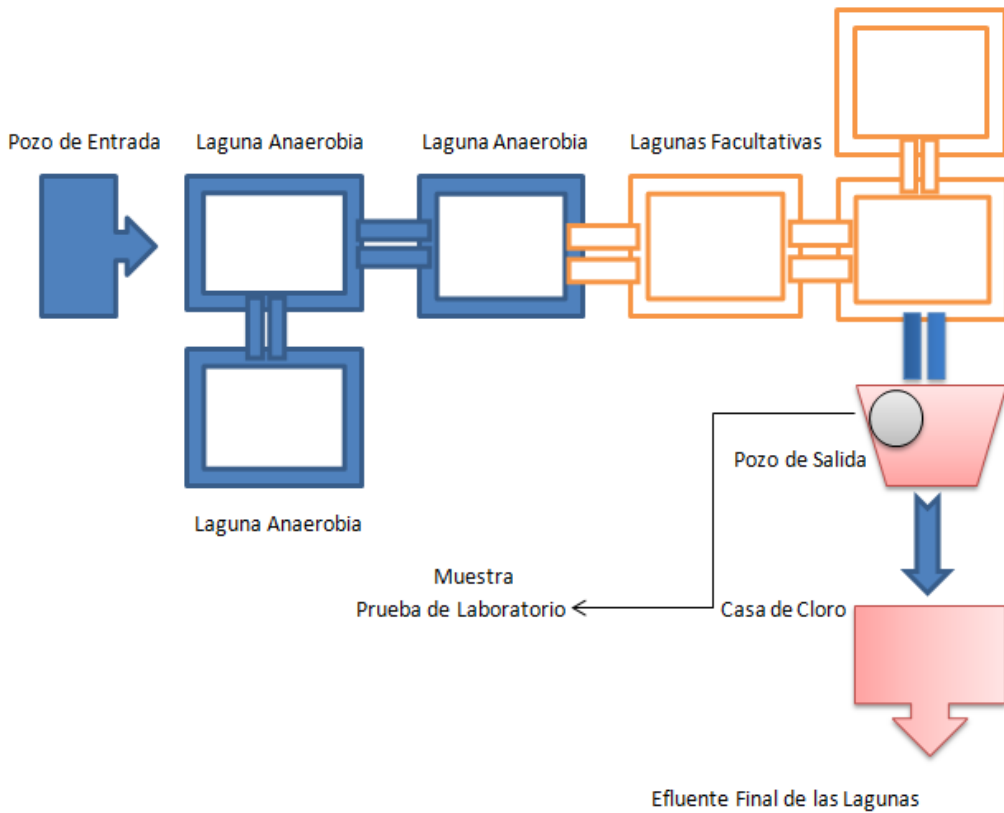


**Gráfico 2.- Esquema del Proceso de Muestreo para Pruebas de Laboratorio en la Laguna Facultativa**

### 4.4.3 Parámetros de Calidad del Agua Residual en el Efluente de las Lagunas

Los siguientes resultados son tomados en el efluente final del sistema de lagunas antes de ingresar a la casa de cloración, las pruebas de laboratorio son tomadas una vez por mes en horarios de 12:00 a 16:00 horas

Tratamiento Secundario

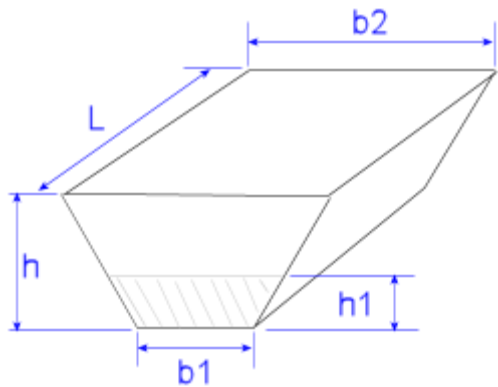


**Grafico 3.- Esquema del Proceso de Muestreo para Pruebas de Laboratorio en el efluente de las Lagunas**

## 4.5 DETERMINACIÓN DE TIEMPOS DE RETENCIÓN HIDRÁULICOS REALES

### 4.5.1 Volumen de las Lagunas

#### 4.5.1.1 Área y Volumen de Laguna Anaerobia



$$B = b2$$

$$b = b1$$

$$h = h$$

$$h1 = \% \text{ sedimentos}$$

- *Área de la Laguna*

$$A = \frac{(B+b)}{2} \times h$$

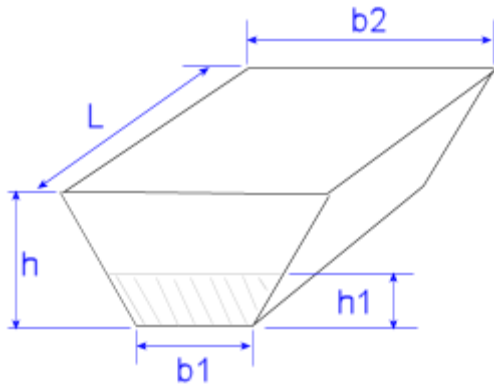
**Ec. 40**

- *Volumen de la Laguna*

$$V = AxL$$

**Ec. 41**

#### 4.5.1.2 Área y Volumen de Laguna Facultativa



**h1 = % sedimentos**

**B = b2**

**b = b1**

**h = h**

- **Área de la Laguna**

$$A = \frac{(B+b)}{2} \times h \quad \text{Ec. 40}$$

- **Volumen de la Laguna**

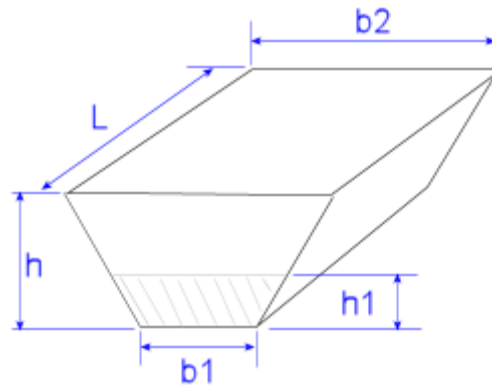
$$V = AxL \quad \text{Ec. 41}$$

Conociendo porcentajes de sedimentación de las lagunas (Aguapen S.A.)

Laguna Anaerobia % de Sedimentación

Laguna Facultativa % de Sedimentación

### 4.5.1.3 Volumen Efectivo de las Lagunas



#### **Laguna Anaerobia**

h ---- 100 %

h1 ----- X %

$$h1 = \frac{h1 \times X \%}{100\%} \quad h1 = \frac{h1 \times X \%}{100\%}$$

#### **Laguna Facultativa**

h ----- 100 %

h1 ----- X %

## 4.5.2 Tiempos de Retención Hidráulicos

### 4.5.2.1 **Laguna Anaerobia – Volumen Diseño**

$$T = \frac{V}{Q} \quad \text{Ec. 20}$$



#### **4.5.2.1.1. Laguna Anaerobia – Volumen Real**

$$T = \frac{V_e}{Q} \quad \text{Ec. 21}$$

#### **4.5.2.2 Laguna Facultativa – Volumen Diseño**

$$T = \frac{V}{Q} \quad \text{Ec. 20}$$

#### **4.5.2.2.1 Laguna Facultativa – Volumen Real**

$$T = \frac{V_e}{Q} \quad \text{Ec. 21}$$

### **4.5.3 Carga Orgánica Volumétrica**

#### **4.5.3.1 Carga Orgánica de la Laguna Anaerobia**

$$\hat{L}v = \frac{S_i \times Q}{V_e} \quad \text{Ec. 24}$$

Si = Concentración de DBO

De la tabla 18 de Factores de Diseños para una Laguna Anaerobia, encontramos la **Eficiencia de Remoción de DBO en %**, con la Carga Orgánica, Profundidad y Tiempos de Retención.

Carga Orgánica g DBO/m <sup>3</sup> .d	Tiempo de Retención D	Profundidad M	Temperatura *C	Eficiencia Remoción %	Carga Orgánica Superficial Kg.DBO/ha.d
320	≥4	4,5	≥25	75	-
100-400	≥2	>2,5	12 20 25	45 62 70	4000 16000
<300	5	2,5-5	>22	50	-
<400	1	2—4	20	50	-
<400	2,5	2—4	20	60	-
<400	5	2—4	20	70	-
125	-	-	-	-	-
-	5	-	10	10	-
-	4--5	-	10--15	30--40	-
-	2--3	-	15--20	40--50	-
-	1--2	-	20--25	50--60	-
-	1--2	-	25--30	60--80	-
100	2--5	3—4	≤10	40	-
200	2--5	3—4	11--19	50	-
300	2--5	3—4	≥20	60	-
132—311	0,8--2	-	26	76--81	-
190—240	2--5	3—5	-	-	1000-6000
100	-	2—4	<10	40	-
20T-100	-	2—4	10--20	2T + 20	-
300	-	2—4	>20	60	-
-	1,25	-	-	45--80	1120—2240

**Tabla 18 (Romero Rojas 1999).- Factores de Diseño de una laguna Anaerobia**

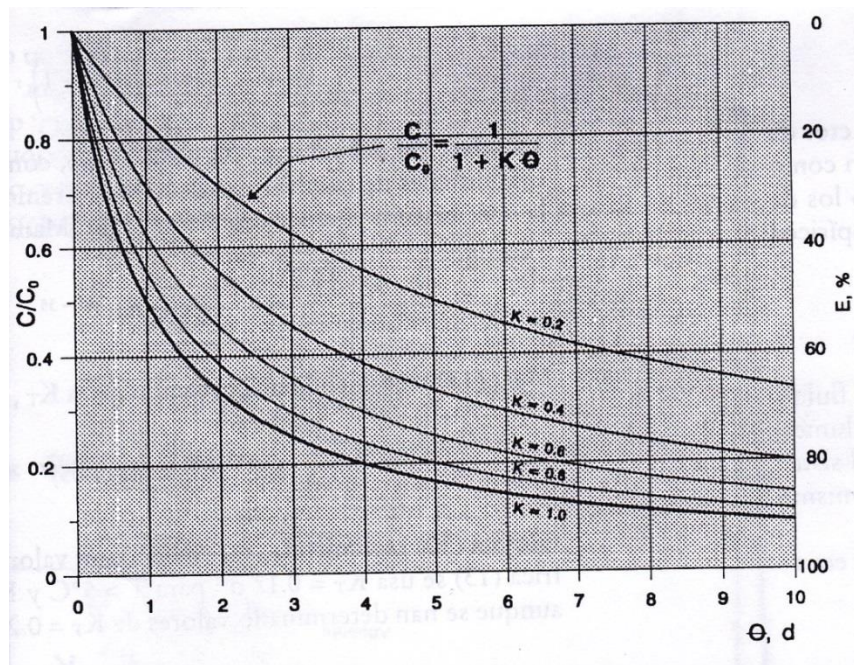
#### 4.5.4 Modelo de Mezcla Completa

C = Concentraciones de DBO del Efluente

C<sub>0</sub> = Concentraciones de DBO en el Afluente

$$\frac{C}{C_0}$$

Ec. 42



La figura 6 muestra la eficiencia de remoción de DBO según el modelo de mezcla completa (Romero Rojas 1999)

## **4.6 EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DEL SISTEMA ACTUAL DE TRATAMIENTO**

### **Situación sin Proyecto (Evaluación Técnica y Ambiental de las Lagunas)**

Dentro de este contexto, la situación sin el proyecto de la evaluación técnica de las lagunas de estabilización, de acuerdo a los antecedentes históricos de la provincia, mantiene un nivel de afectación negativo, que actúa de manera directa sobre el medio social y económico de los habitantes, la falta de un tratamiento adecuado a las aguas residuales domiciliarias en las lagunas de oxidación, aumenta las condiciones de insalubridad, no permitiendo mejorar las condiciones de vida de las personas que habitan en la comunidad.

### **Situación con Proyecto (Evaluación Técnica y Ambiental de las Lagunas)**

Esta evaluación técnica de las lagunas de estabilización permitirá un mejoramiento del funcionamiento de las mismas, lo que generará mejoras en la calidad de vida de los habitantes.

Se identifican los siguientes beneficios de la obra:

- Eliminación de pozos sépticos y pozos ciegos, con la consiguiente eliminación de: malos olores, enfermedades hídricas, contaminación de aguas subterráneas y del suelo.
- Eliminación de gastos económicos en los presupuestos familiares por conceptos de pagos de médicos y compras de medicinas, situación que se da por la proliferación de enfermedades hídricas.
- Se le dará un mejor tratamiento a las aguas residuales sanitarias de la provincia que serán descargadas al mar y se evitará una proliferación de

enfermedades en la población y así se evitará también el cierre de ciertas playas por contaminación.

Según los criterios del Banco del Estado, el Banco Interamericano de Desarrollo, desde el punto de vista ambiental, los proyectos de desarrollo pueden clasificarse en 4 categorías de acuerdo a lo que se resume en el siguiente cuadro:

CATEGORÍA	TIPO DE PROYECTO	TIPOS DE IMPACTOS AMBIENTALES	ESTUDIOS REQUERIDOS
1	Proyecto de gran magnitud (presas, aeropuertos, vías principales, etc.).	Importantes y diversos	Evaluación ambiental completa
2	Proyecto de mediana magnitud (desarrollo urbano)	Moderados y específicos	Análisis ambientales limitados
3	Proyectos de asistencia técnica para desarrollo social	Mínimos	No se requiere estudios
4	Proyectos de mejoramiento ambiental	Positivos	No se requiere estudios

**Tabla 19.- Clasificación de los Proyectos Ambientales**

Considerando el tipo de magnitud del presente estudio, este se encuentra comprendido en la categoría No. 2, por lo que a continuación se presenta un análisis ambiental básico.

- **Asignación Numérica para la Calificación y Evaluación de los Impactos Ambientales**

Conociendo e identificados los impactos, es necesario clasificarlos y evaluarlos, de tal forma que esta evaluación técnica y ambiental de las lagunas defina características que modificaran o impactaran al medio natural.

Para ello, es indispensable establecer una forma de comparación, la misma que en base de una asignación numérica recoge los siguientes criterios:

Identificando los impactos, se genera la matriz de calificación de impactos ambientales.

De acuerdo a la valoración matemática de esta matriz, se nos permite evaluar los impactos en base de los promedios aritméticos de filas y columnas, de tal forma que se definen las acciones que causan mayores impactos y los elementos ambientales mayormente afectados.

Así mismo, se logra establecer un orden jerárquico de las acciones a implementar. **(Tabla 24).**

- **Análisis de los resultados**

El diseño de las matrices ambientales mencionadas, nos permite analizar los resultados obtenidos, como un paso previo fundamental para establecer los criterios de mitigación ambiental y las acciones que deben tomarse según su magnitud, importancia, duración y tipo **(Tabla 25)**

De los análisis de las matrices se desprende también que la mayoría de los impactos pueden ser mitigados en base de medidas preventivas, ya que son temporales y de magnitud e importancia bajas.

Por lo que se consideran los resultados de los análisis ambientales de los procesos constructivos **(Tabla 26)**

Y para culminar se analizan los resultados de impacto ambiental de los aspectos físicos y socioeconómicos (**Tabla 27**)

- **Viabilidad Ambiental**

Haciendo el análisis respectivo y considerando que esta evaluación técnica y ambiental de las Lagunas de Estabilización permitirá mejoras a la salud, ya que esta evaluación ambiental definirá los impactos negativos del proyecto a mitigarse.

Los impactos generados son impactos puntuales, temporales, de magnitud media y de una importancia baja, se justifica la aplicación de las medidas correspondientes de control, mitigación y minimización de los impactos identificados.

Se debe reorganizar a la población asentada alrededor de estos perímetros y plantear la reubicación de las mismas, para proteger su integridad física, de algún factor ambiental contaminante que se pueda presentar.

Con el aporte de este proyecto de evaluación técnica y ambiental de las lagunas de estabilización de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el cantón Salinas, se está cumpliendo el derecho de la comunidad para habitar en un ambiente sano y dentro de la norma del buen vivir.

## **5 RESULTADOS**

### **5.1 Recopilación y Análisis de la Información existente en el Sistema de Lagunas de Oxidación**

#### **5.1.1 Cálculo de la Población Futura**

- Población Total (Salinas + La Libertad + José Luis Tamayo) = 152014 hab.

#### **5.1.2 Cálculo del Caudal Máximo Diario**

$$\text{Caudal} = 152014\text{hab} \times 0.80 \times 180\text{lt/hab/día}$$

$$\text{Caudal} = 218990016 \text{ lt/hab/día}$$

$$\text{Caudal } 218990016/100$$

$$\text{Caudal} = 2189,03 \text{ m}^3/\text{día}$$

### **5.2 Descripción del Sistema de Alcantarillado del cantón Salinas**

### **5.3 Descripción del Sistema de Tratamiento**

### **5.4 Toma de muestras de Laboratorio de Parámetros de Interés de Calidad de Aguas Residuales**

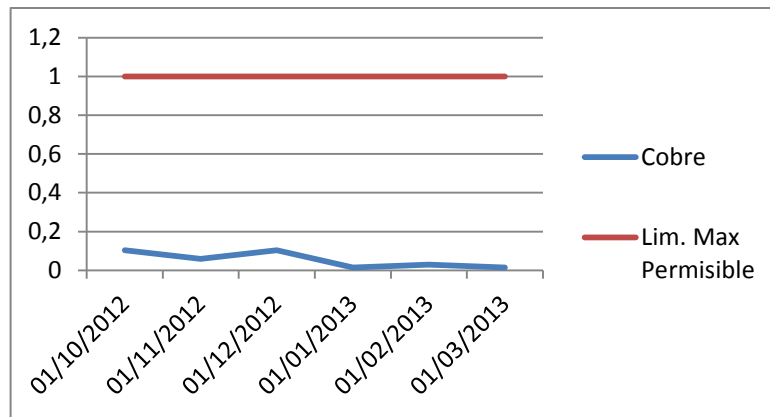
#### **5.4.1 Parámetros de Calidad del Agua Residual en Laguna Anaerobia**



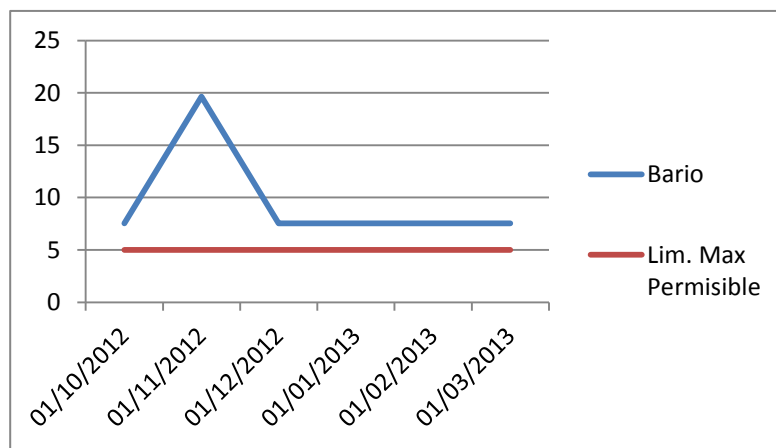
## LAGUNAS ANAEROBIAS

PARAMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	22/10/2012	21/11/2012	26/12/2012	23/01/2013	22/02/2013	25/03/2013
			14:45	10:35	13:00	12:10	15:30	12:00
Bario	Ba	mg/l	7,55	19,630	7,550	7,55	7,55	7,55
Lim. Max Permissible			5	5	5	5	5	5
Cobre	Cu	mg/l	0,103	0,059	0,103	0,015	0,029	0,015
Lim. Max Permissible			1	1	1	1	1	1
Cromo Hexavalente	Cr+6	mg/l	0,248	0,257	0,086	0,08	0,104	0,081
Lim. Max Permissible			0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
DQO	D.Q.O	mg/l	299,2	270,600	223,000	53	102	108,8
Lim. Max Permissible			250	250	250	250	250	250
Fosforo total	P	mg/l	2,812	2,960	0,880	1,48	7,54	6,21
Lim. Max Permissible			10	10	10	10	10	10
Potencial Hidrogeno	pH		9,55	9,400	8,400	8,27	8,6	8,3
Lim. Max Permissible			8	8	8	8	8	8
Solidos suspendidos	SST	mg/l						
Totales			429	467	464	667	404	296
Lim. Max Permissible			100	100	100	100	100	100
Temperatura	°T		31,5	31,800	36,1	37,17	41,3	39,5
Lim. Max Permissible			35	35	35	35	35	35
Material Flotante	MF		visible	visible	visible	visible	visible	visible
Lim. Max Permissible								
Salinidad	0/00		2,11	2,168	1,72	1,66	2,168	2,918
Lim. Max Permissible								
Conductividad electrica		uS/cm	3143					
Lim. Max Permissible								
Solidos disueltos	SDT	mg/l	1669	476,000				
totales								
Lim. Max Permissible								
DBO	DBO5	mg/l	156,4	156,4	156,4	140	65	101
Lim. Max Permissible			100	100	100	100	100	100
Coliformes fecales		NMP/100ml	141,9	200,400	11356,000	121,9	133,6	15030
Lim. Max Permissible			3000	3000	3000	3000	3000	3000
Tensoactivos	Detergentes	mg/lt	1,64	0,82	1,9	2,29	4,7	1,4
Lim. Max Permissible			0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

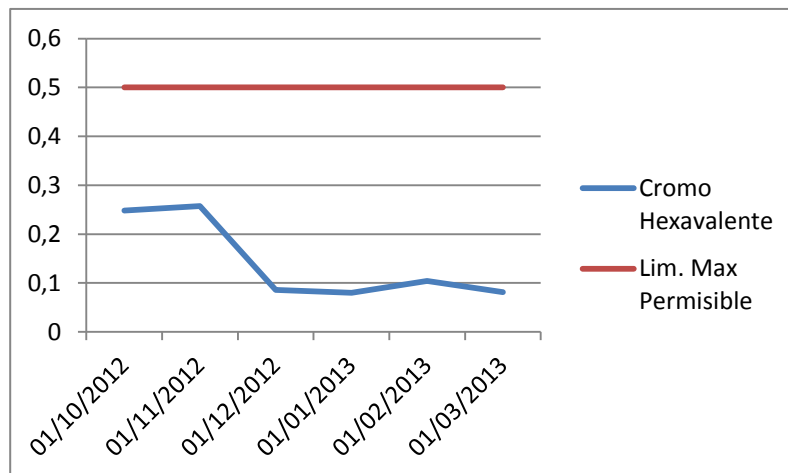
Tabla 20.- Parámetros de Calidad del Agua de las Lagunas Anaerobia



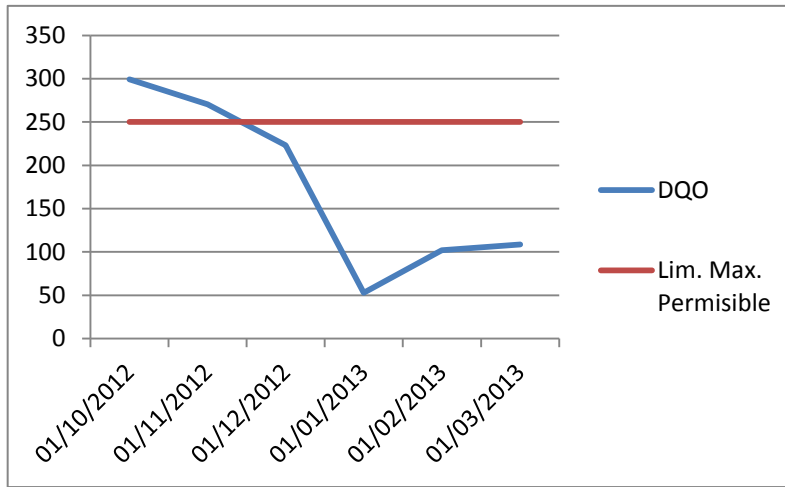
**Gráfico 3.- Resultados Actuales y Límite Máximo del Cobre (mg/l)**



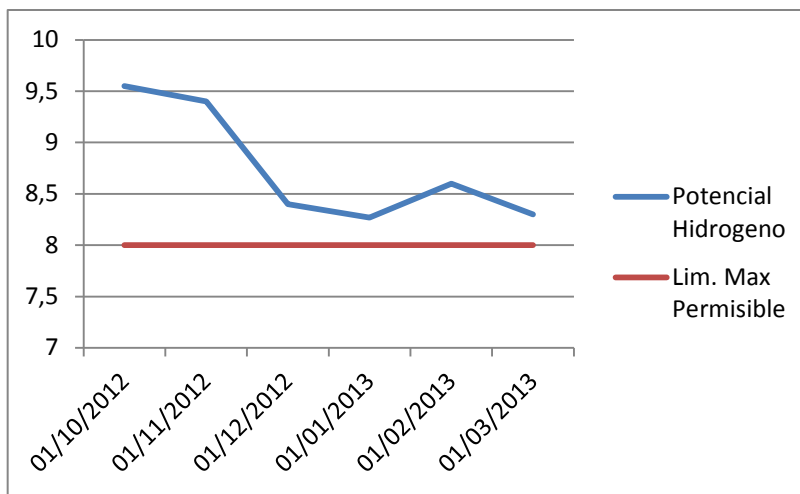
**Gráfico 4.- Resultados Actuales y Limite Máximo del Bario (mg/l)**



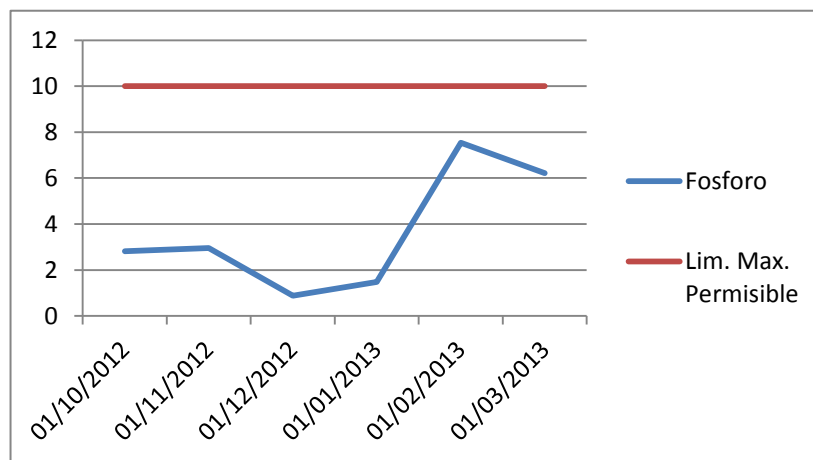
**Gráfico 5.- Resultados y Límite Máximo del Cromo Hexavalente (mg/l)**



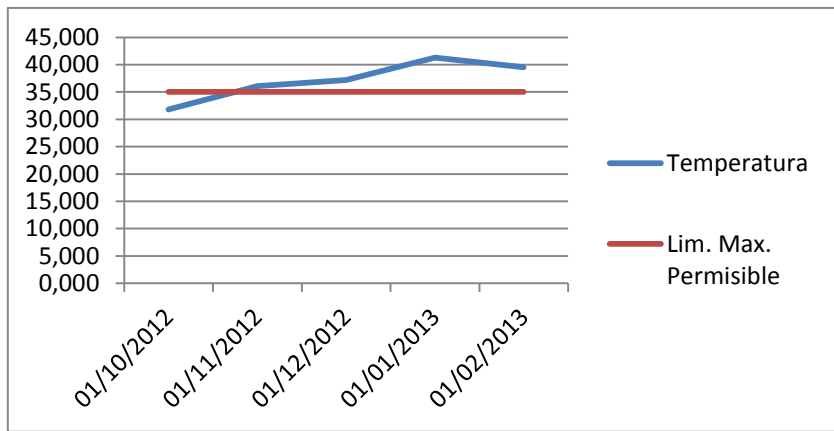
**Gráfico 6.- Resultados y Límite Máximo de D.Q.O. (mg/l)**



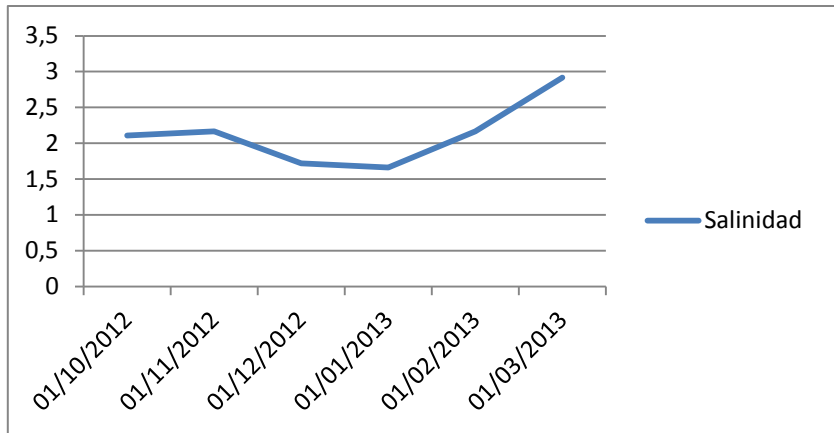
**Gráfico 7.- Resultados y Límite Máximo del Potencial de Hidrógeno**



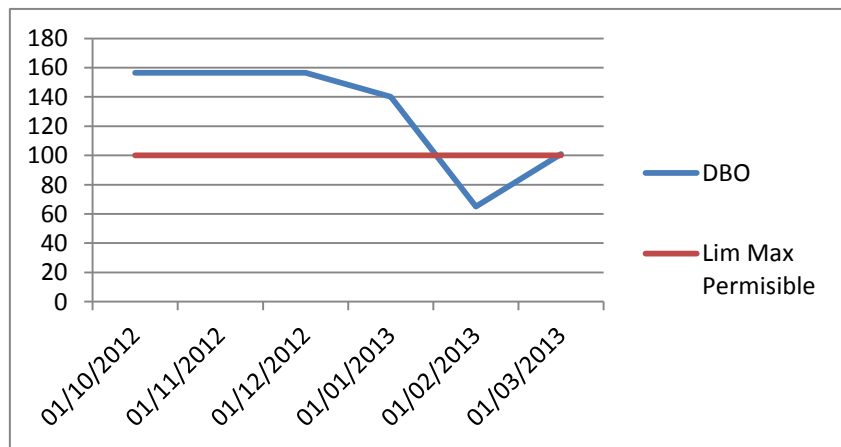
**Gráfico 8.- Resultados y Límite Máximo del Fósforo**



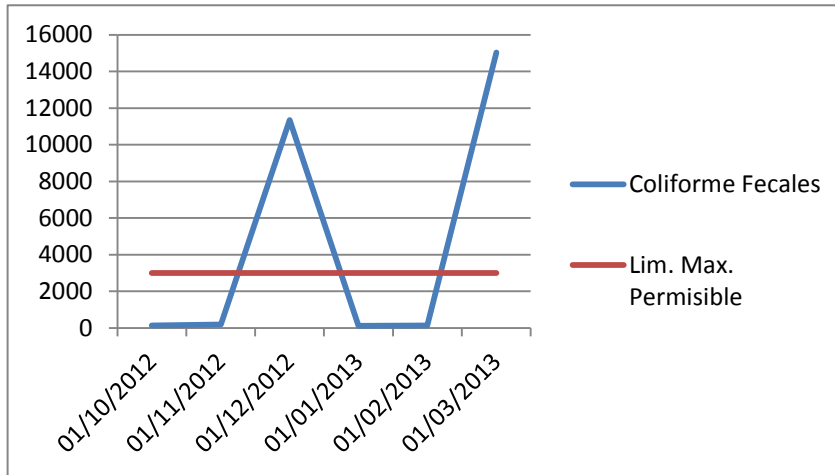
**Gráfico 9.- Resultados y Límite Máximo de la Temperatura (°T)**



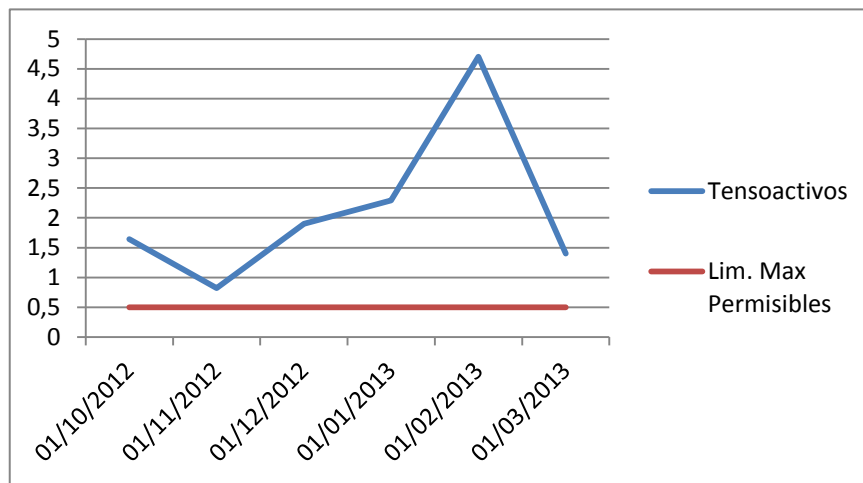
**Gráfico 10.- Resultados y Límite Máximo de la Salinidad**



**Gráfico 11.- Resultados y Límite Máximo de D.B.O. (mg/l)**



**Gráfico 12.- Resultados y Límite Máximo de Coliformes Fecales (NMP/100ml)**



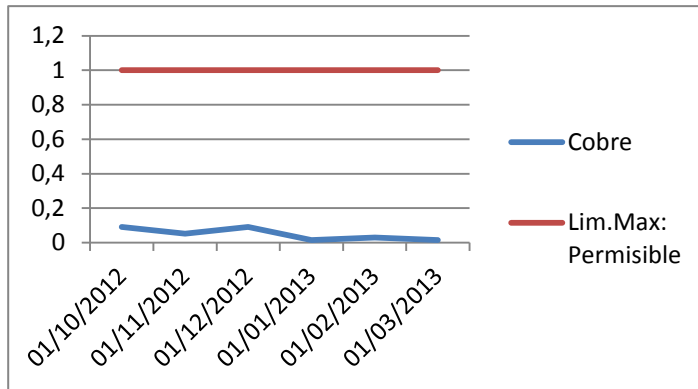
**Gráfico 13.- Resultados y Límite Máximo de los Tensoactivos (mg/l)**

#### 5.4.2 Parámetros de Calidad del Agua Residual en Laguna Facultativa

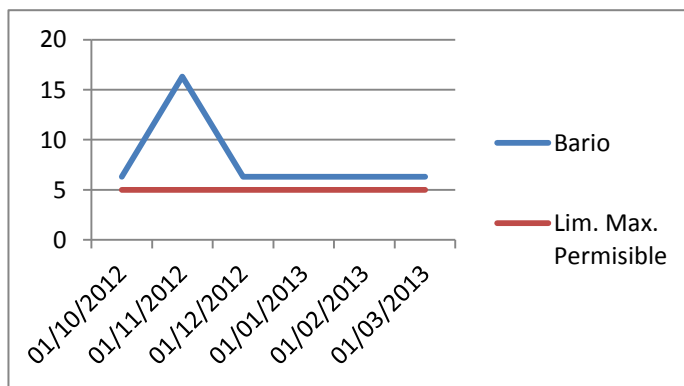
### LAGUNA FACULTATIVA

PARÁMETROS	EXPRE. COMO	UNIDAD	22/10/12	21/11/12	26/12/12	23/01/13	22/02/13	25/03/13
			14:45	10:35	13:00	12:10	15:30	12:00
Bario	Ba	mg/l	6,3	16,300	6,300	6,3	6,3	6,3
<b>Lim. Max Permisible</b>			<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
Cobre	Cu	mg/l	0,091	0,052	0,091	0,015	0,029	0,015
<b>Lim. Max Permisible</b>			<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Cromo Hexavalente	Cr+6	mg/l	0,227	0,235	0,078	0,073	0,095	0,074
<b>Lim. Max Permisible</b>			<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>
DQO	D.Q.O	mg/l	281,6	254,700	209,900	49,9	96	102,4
<b>Lim. Max Permisible</b>			<b>250</b>	<b>250</b>	<b>250</b>	<b>250</b>	<b>250</b>	<b>250</b>
Fosforo total	P	mg/l	2,58	2,700	0,810	1,36	6,9	5,7
<b>Lim. Max Permisible</b>			<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
Potencial Hidrogeno	pH		9,37	9,240	8,240	8,11	8,47	8,22
<b>Lim. Max Permisible</b>			<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>
Solidos suspendidos	SST	mg/l	361,62	393,600	391,140	562,11	340,7	249,69
<b>Lim. Max Permisible</b>			<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Temperatura	°T		26,7	27,000	30,7	31,5	35	33,5
<b>Lim. Max Permisible</b>			<b>35</b>	<b>35</b>	<b>35</b>	<b>35</b>	<b>35</b>	<b>35</b>
Material Flotante	MF		Visible	visible	visible	Visible	visible	visible
<b>Lim. Max Permisible</b>								
Salinidad	0/00		1,58	1,860	1,48	1,42	1,86	2,5
<b>Lim. Max Permisible</b>								
Conductividad eléctrica		uS/cm	3035,2					
<b>Lim. Max Permisible</b>								
Solidos disueltos	SDT	mg/l	1380	393,000				
<b>Lim. Max Permisible</b>								
DBO	DBO5	mg/l	130,5	130,5	130,5	116,9	54,4	84,3
<b>Lim. Max Permisible</b>			<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Coliformes fecales		NMP/100ml	104,55	147,600	8364,000	89,79	98,4	11070
<b>Lim. Max Permisible</b>			<b>3000</b>	<b>3000</b>	<b>3000</b>	<b>3000</b>	<b>3000</b>	<b>3000</b>
Tensoactivos	Deterg.	mg/lit	1,32	0,66	1,58	1,84	3,82	1,18
<b>Lim. Max Permisible</b>			<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>

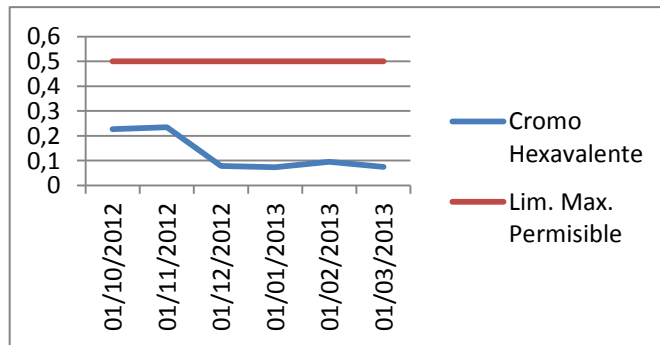
**Tabla 21.- Parámetros de Calidad del Agua de las Lagunas Facultativas**



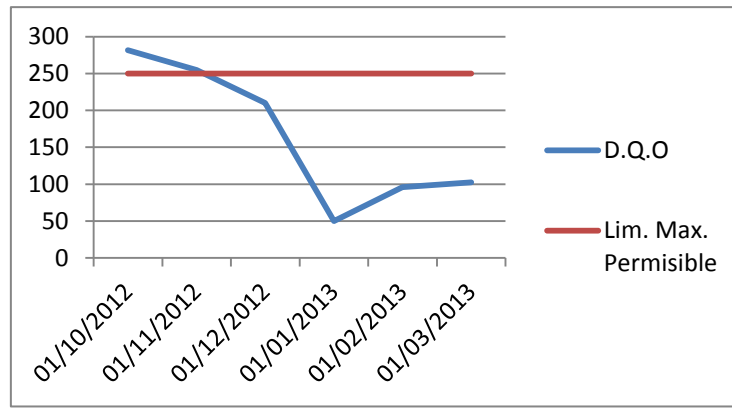
**Gráfico 14.- Resultados y Límite Máximo Permissible del Cobre (mg/l)**



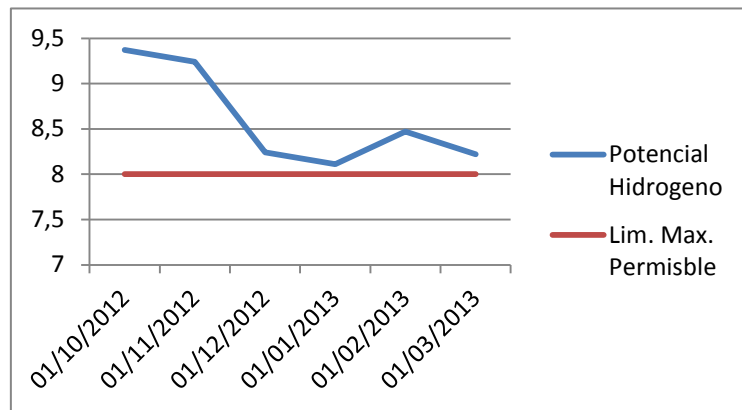
**Gráfico 15.- Resultados y Límite Máximo Permissible del Bario (mg/l)**



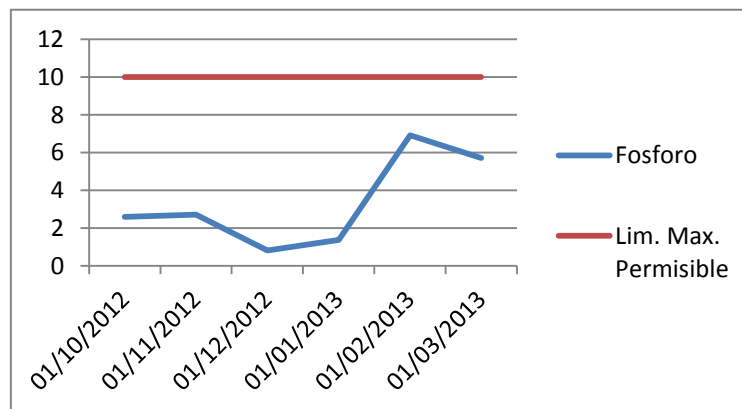
**Gráfico 16.- Resultados y Límite Máximo Permissible del Cromo Hexavalente (mg/l)**



**Gráfico 17.- Resultados y Límite Máximo del D.Q.O. (mg/l)**

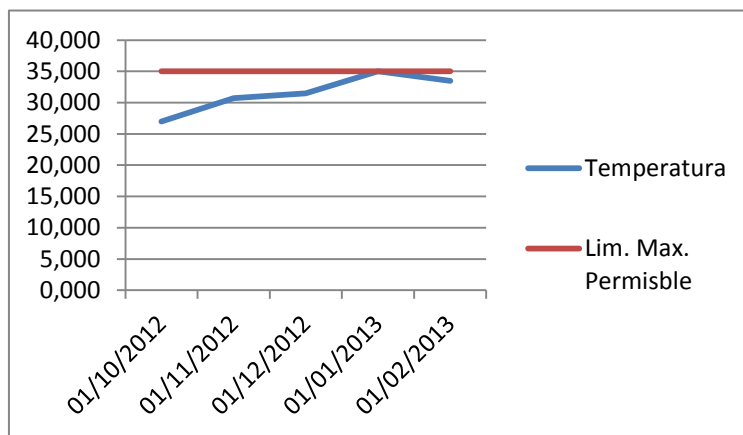


**Gráfico 18.- Resultados y Límite Máximo del Potencial de Hidrógeno (mg/l)**

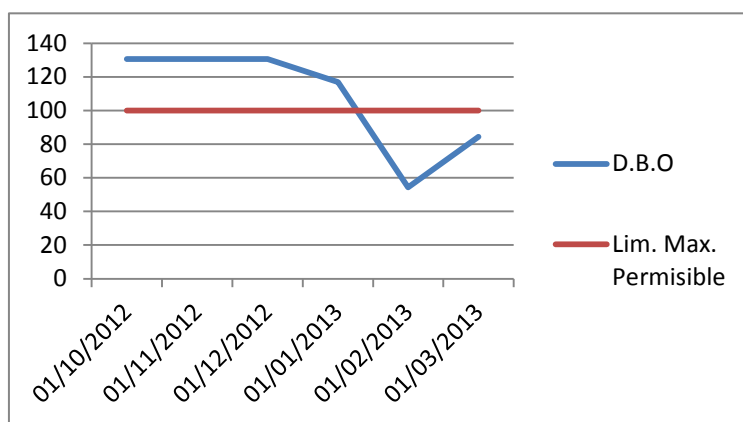


**Gráfico 19.- Resultados y Límite Máximo Permissible del Fósforo (mg/l)**

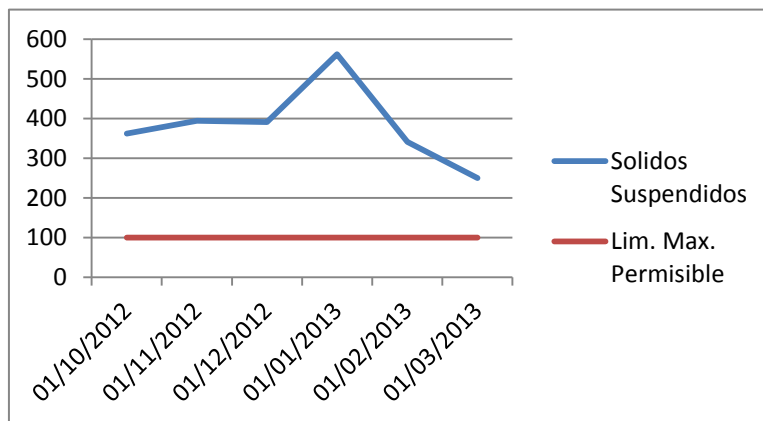




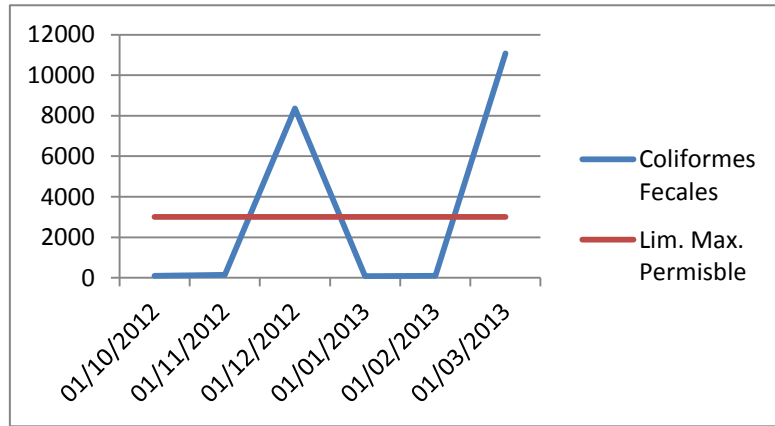
**Gráfico 20.- Resultados y Límite Máximo Permissible de la Temperatura (°T)**



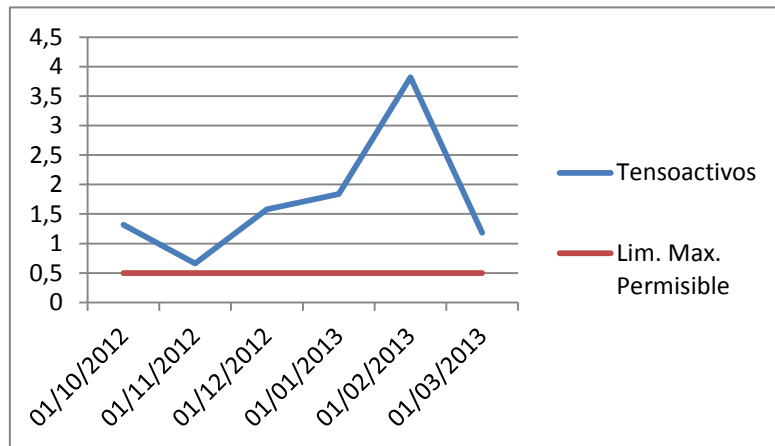
**Gráfico 21.- Resultados y Límite Máximo Permissible del D.B.O. (mg/l)**



**Gráfico 22.- Resultados y Límite Máximo de los Solidos Suspendidos**



**Gráfico 23.- Resultados y Límite Máximo Permissible de los Coliformes Fecales (NMP/100ml)**



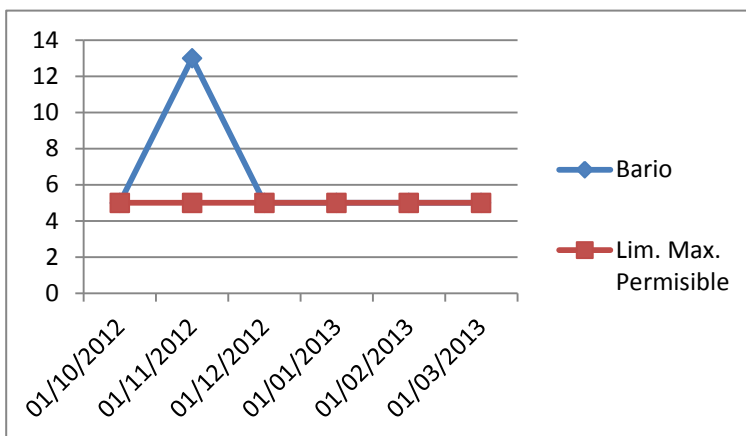
**Gráfico 24.- Resultados y Límite Máximo Permissible de los Tensoactivos (mg/l)**

#### 5.4.3 Parámetros de Calidad del Agua Residual en el Efluente de las Lagunas

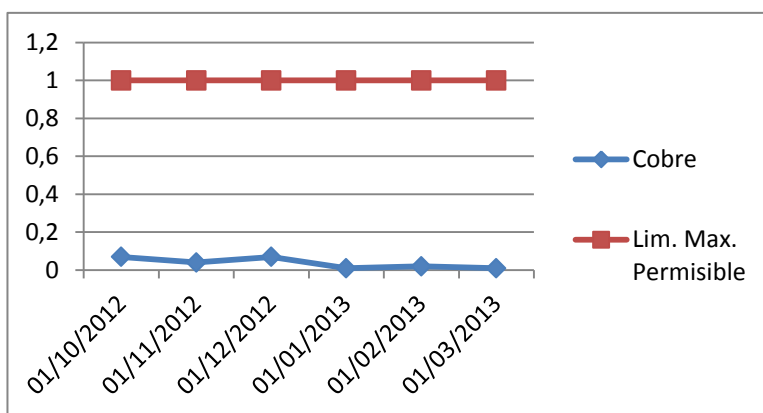
### EFLUENTES DE LAS LAGUNAS

PARÁMETROS	EXPRES, COMO	UNIDAD	22/10/12	21/11/12	26/12/12	23/01/13	22/02/13	25/03/13
			14:45	10:35	13:00	12:10	15:30	12:00
Bario	Ba	mg/l	5	13,000	5,000	5	5	5
<b>Lim. Max Permisible</b>			5	5	5	5	5	5
Cobre	Cu	mg/l	0,07	0,040	0,070	0,01	0,02	0,01
<b>Lim. Max Permisible</b>			1	1	1	1	1	1
Cromo Hexavalente	Cr+6	mg/l	0,162	0,168	0,056	0,052	0,068	0,053
<b>Lim. Max Permisible</b>			0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
DQO	D.Q.O	mg/l	220	199,000	164,000	39	75	80
<b>Lim. Max Permisible</b>			250	250	250	250	250	250
Fosforo total	P	mg/l	1,9	2,000	0,600	1	5,1	4,2
<b>Lim. Max Permisible</b>			10	10	10	10	10	10
Potencial Hidrogeno	pH		8,93	8,800	7,850	7,73	8,07	7,83
<b>Lim. Max Permisible</b>			8	8	8	8	8	8
Solidos suspendidos	SST	mg/l	294	320,00	318,00	457	277	
<b>Lim. Max Permisible</b>			100	100	100	100	100	100
Temperatura	°T		25	25,300	28,700	29,5	32,8	31,4
<b>Lim. Max Permisible</b>			35	35	35	35	35	35
Material Flotante	MF		ausencia	ausencia	ausencia	Ausencia	ausencia	ausencia
<b>Lim. Max Permisible</b>								
Salinidad	0/00		1,13	1,330	1,060	1,02	1,33	1,79
<b>Lim. Max Permisible</b>								
Conductividad eléctrica		uS/cm	2168					
<b>Lim. Max Permisible</b>								
Solidos disueltos	SDT	mg/l	1122	320,000				
<b>Lim. Max Permisible</b>								
DBO	DBO5	mg/l	96	96,000	96,000	86	40	62
<b>Lim. Max Permisible</b>			100	100	100	100	100	100
Coliformes fecales		NMP/100ml	85	120,000	6800,000	73	80	9000
<b>Lim. Max Permisible</b>			3000	3000	3000	3000	3000	3000
Tensoactivos	Deter.	mg/lit	1	0,500	1,200	1,4	2,9	0,9
<b>Lim. Max Permisible</b>			0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

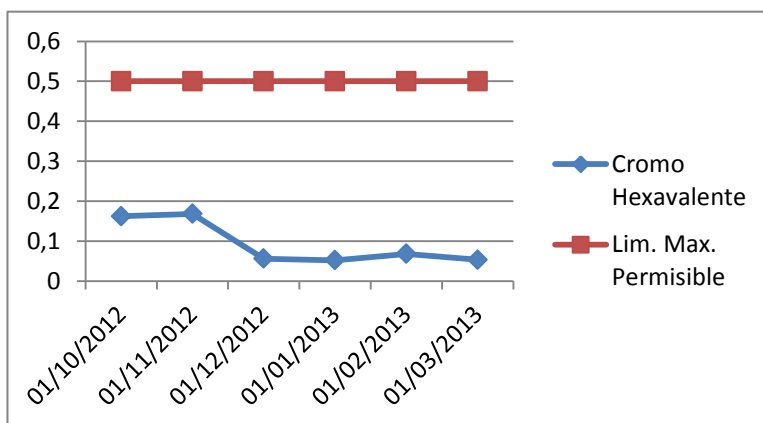
**Tabla 22.- Parámetros de Calidad del Agua de los Efluentes del Sistema**



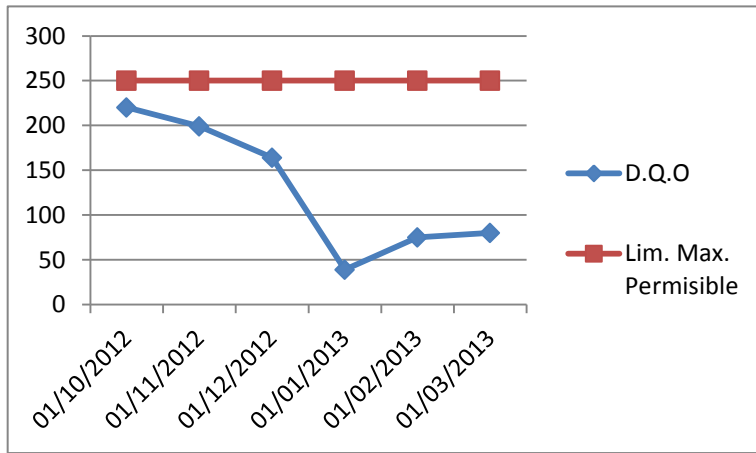
**Gráfico 25.- Resultados y Límite Máximo Permissible del Bario (mg/l)**



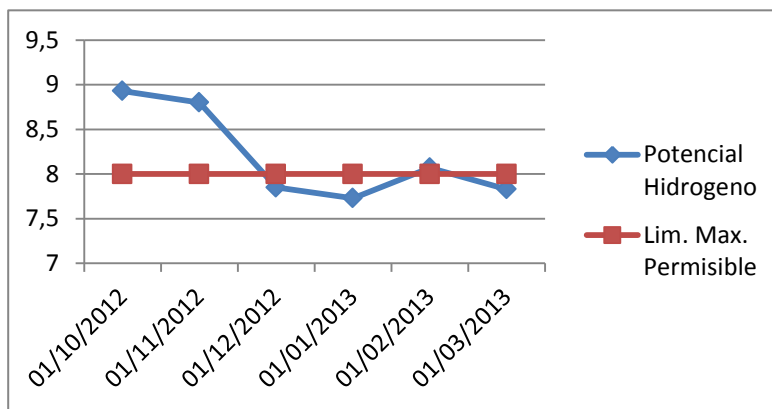
**Gráfico 26.- Resultados y Límite Máximo Permissible del Cobre (mg/l)**



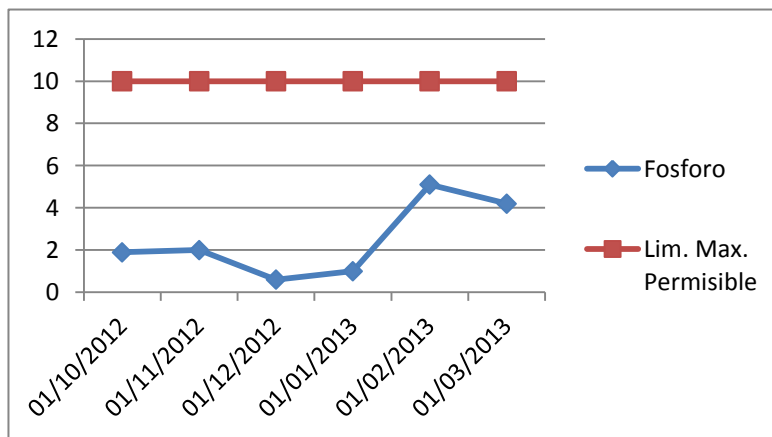
**Gráfico 27.- Resultados y Límite Máximo del Cromo Hexavalente**



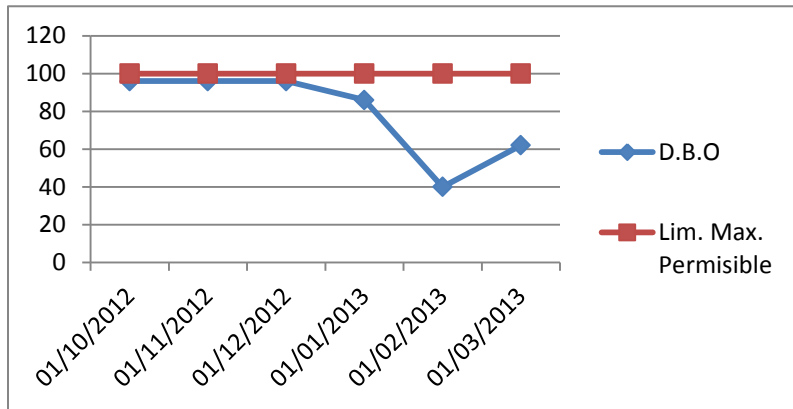
**Gráfico 28.-Resultados y Límite Máximo Permissible del D.Q.O. (mg/l)**



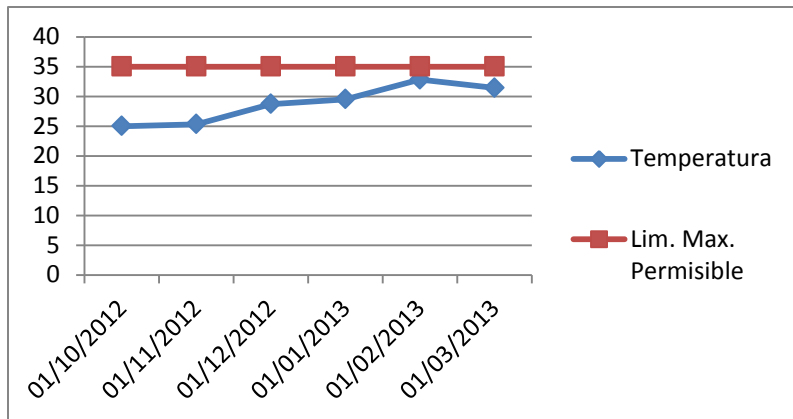
**Gráfico 29.- Resultados y Límite Máximo del Potencial de Hidrógeno (mg/l)**



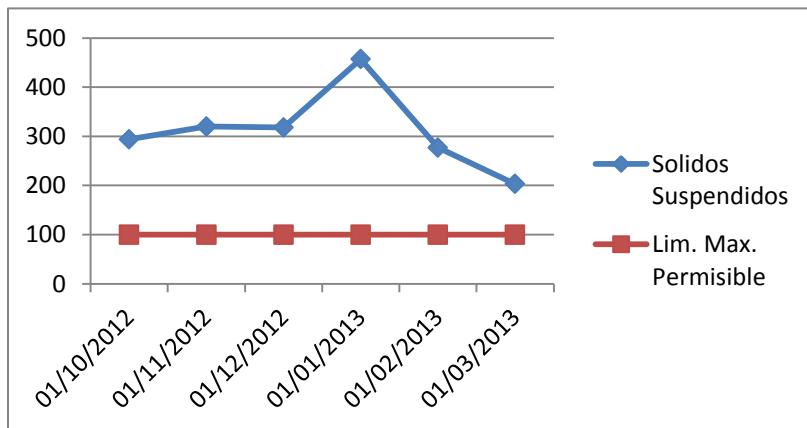
**Gráfico 30.- Resultados y Límite Máximo Permissible del Fósforo**



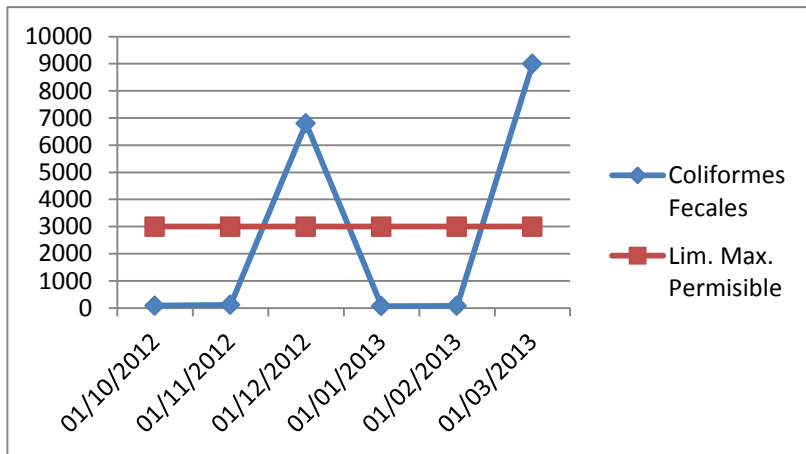
**Gráfico 31.- Resultados y Límite Máximo Permissible del D.B.O. (mg/l)**



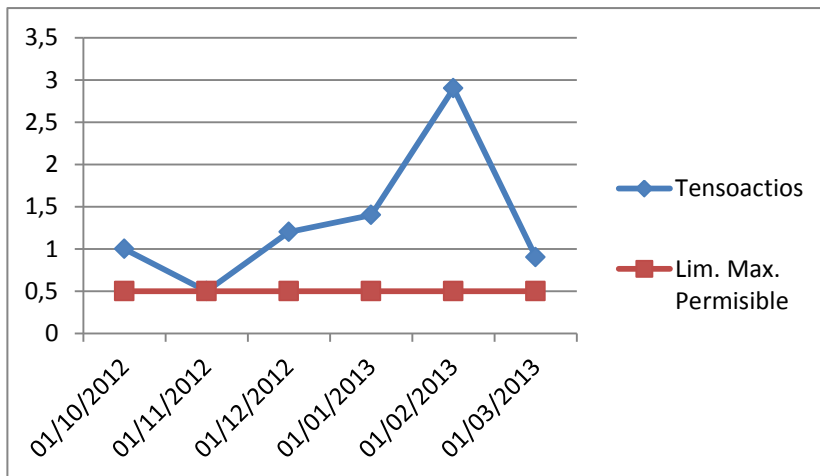
**Gráfico 32.- Resultados y Límite Máximo Permissible de la Temperatura (°T)**



**Gráfico 33.- Resultados y Límite Máximo de los Solidos Suspendidos (mg/l)**



**Gráfico 34.- Resultados y Límite Máximo Permissible de los Coliformes Fecales (NMP/100ml)**

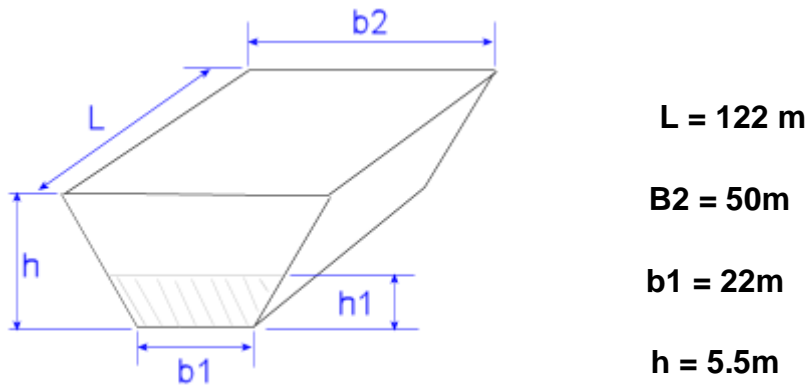


**Gráfico 35.- Resultados y Límite Máximo Permissible de los Tensoactivos (mg/l)**

## 5.5 Determinación de Tiempos de Retención Hidráulicos Reales

### 5.5.1 Dimensiones de las Lagunas

#### 5.5.1.1 Área y Volumen de la Laguna Anaerobia



- *Área de la Laguna*

$$A = \frac{(50m + 22m)}{2} \times 5.5 m$$

$$A = 198 m^2$$

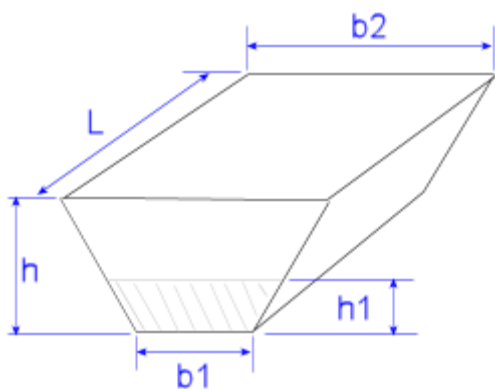
- *Volumen de la Laguna*

$$V = (198 m^2) \times (122m)$$

$$V = 24156 m^3$$



### 5.5.1.2 Área y Volumen de la Laguna Facultativa



$$L = 270 \text{ m}$$

$$B2 = 92 \text{ m}$$

$$b1 = 79 \text{ m}$$

$$h = 2,5 \text{ m}$$

- **Área de la Laguna**

$$A = \frac{(92\text{m} + 79\text{m})}{2} \times 2,5 \text{ m}$$

$$A = 213,75 \text{ m}^2$$

- **Volumen de la Laguna**

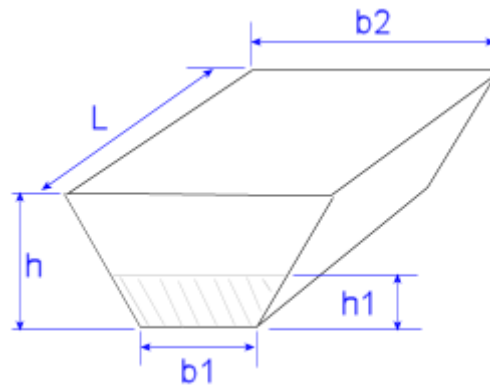
$$V = (213,75 \text{ m}^2) \times (270\text{m})$$

$$V = 57712,5 \text{ m}^3$$

De acuerdo a datos obtenidos de la empresa **Aguapen S. A.**, tenemos que el porcentaje de sedimentación de las lagunas es el siguiente:

Laguna Anaerobia 53 %

Laguna Facultativa 17 %



**Laguna Anaerobia**

5.5 m ---- 100 %

h1 ----- 53 %

$$h1 = \frac{5.5 \text{ m} \times 53 \%}{100 \%}$$

$$h1 = 2.915 \text{ m}$$

$$H \text{ efectiva} = 5.5 - 2.915 \text{ m}$$

$$H \text{ efectiva} = 2.585 \text{ m}$$

**Laguna Facultativa**

2.5 m ----- 100 %

h1 ----- 17 %

$$h1 = \frac{2.5 \text{ m} \times 17 \%}{100 \%}$$

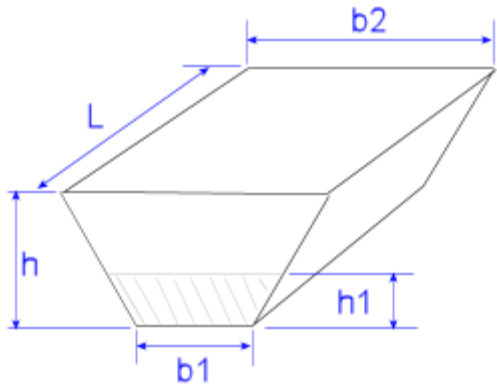
$$h1 = 0.425 \text{ m}$$

$$H \text{ efectiva} = 2.5 \text{ m} - 0.425 \text{ m}$$

$$H \text{ efectiva} = 2.075 \text{ m}$$

### 5.5.1.3 Volumen Efectivo de las Lagunas

- **Laguna Anaerobia**



$$L = 122 \text{ m} \quad h_1 = 2.915 \text{ m}$$

$$B_2 = 50 \text{ m} \quad H = 2.585 \text{ m}$$

$$b_1 = 22 \text{ m}$$

$$h = 5.5 \text{ m}$$

- **Área de la Laguna**

$$A = \frac{(50 \text{ m} + 22 \text{ m})}{2} \times 2.585 \text{ m}$$

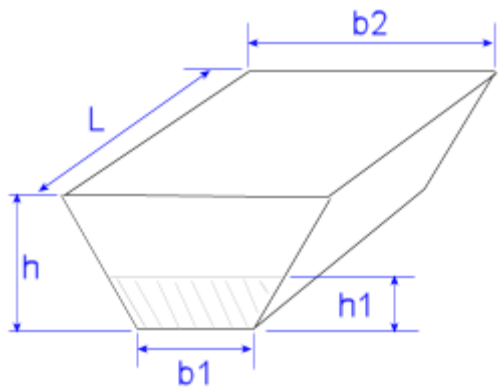
$$A = 93.06 \text{ m}^2$$

- **Volumen de la Laguna**

$$V = (93.06 \text{ m}^2) \times (122 \text{ m})$$

$$V = 11353.32 \text{ m}^3$$

- **Laguna Facultativa**



$$L = 270 \text{ m}$$

$$h1 = 0.425 \text{ m}$$

$$B2 = 92 \text{ m}$$

$$H = 2.075 \text{ m}$$

$$b1 = 79 \text{ m}$$

$$h = 2.5 \text{ m}$$

- **Área de la Laguna**

$$A = \frac{(92 \text{ m} + 79 \text{ m})}{2} \times 2.075 \text{ m}$$

$$A = 177.41 \text{ m}^2$$

- **Volumen de la Laguna**

$$V = (177.41 \text{ m}^2) \times (270 \text{ m})$$

$$V = 47901.38 \text{ m}^3$$

## 5.5.2 Tiempos de Retención Hidráulicos

### 5.5.2.1 Laguna Anaerobia – Volumen Diseño

$$T = \frac{24156 \text{ m}^3}{21890.03 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}}$$

$$T = 1.10 \text{ días}$$

### 5.5.2.2 Laguna Anaerobia – Volumen Real

$$T = \frac{11353,32 \text{ m}^3}{21890.03 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}}$$

$$T = 0.52 \text{ días}$$

### 5.5.2.2 Laguna Facultativa – Volumen Diseño

$$T = \frac{57712.5 \text{ m}^3}{21890.03 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}}$$

$$T = 2.6 \text{ días}$$

### 5.5.2.2.1 Laguna Facultativa – Volumen Real

$$T = \frac{47901.38 \text{ m}^3}{21890.03 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}}$$

$$T = 2.2 \text{ días}$$

### 5.5.3 Carga Orgánica Volumétrica

#### 5.5.3.1 Carga Orgánica de Laguna Anaerobia

$$\lambda v = \frac{\left(\frac{129,2 \text{ mg}}{\text{l}}\right) \times (21890.03 \text{ m}^3 \cdot \text{d})}{11353.32 \text{ m}^3}$$

$$129.2 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \times \frac{1 \text{ lt}}{0.001 \text{ m}^3} \times 21890.08 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \times \frac{0.001 \text{ g}}{1 \text{ mg}} = 2828191.9 \text{ g DBO} / \text{d}$$

$$\lambda v = \frac{2828191.9 \text{ g DBO} / \text{d}}{11353.32 \text{ m}^3}$$

$$\lambda v = 249.107 \frac{\text{g DBO}}{\text{d} \cdot \text{m}^3}$$

De la tabla 18 de Factores de Diseños para una Laguna Anaerobia, encontramos la **Eficiencia de Remoción de DBO en %**, con la Carga Orgánica, Profundidad y Tiempos de Retención.

**Eficiencia Remoción = 76 – 81 %**

#### **5.5.4 Modelo de Mezcla Completa**

**C = 107.85mg/l; Co = 270 mg/l**

$$\frac{C}{C_o} = \frac{107.85mg/l}{270 mg/l}$$

$$\frac{C}{C_o} = 0.39 \quad ; \quad T = 2.2 \text{ días}$$

De la figura 6, con la relación de concentraciones del efluente/afluente y con el tiempo de retención hidráulico obtenemos:

**Eficiencia de remoción de DBO. = 63 %**

## 5.6 EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DEL SISTEMA ACTUAL DE TRATAMIENTO

Identificando los impactos, se genera la matriz de calificación de impactos que se detalla a continuación:

Efectos ambientales Efectos ambientales	Aspectos físicos		Aspectos socio económicos			Aspecto Paisaje
	Suelo	Agua	Aire	Empleo	Seguridad	
Excavación	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Relleno compactado a máquina	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Obras de hormigón simple	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Obras de hormigón armado	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Instalaciones eléctricas	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Limpieza y desalojo general		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Tabla 23.- Matriz de Calificación de los Impactos Ambientales



De acuerdo a la valoración matemática de esta matriz, se nos permite evaluar los impactos en base de los promedios aritméticos de filas columnas, de tal forma que se definen las acciones que causa mayores impactos y los elementos ambientales mayormente afectados.

Así mismo, se logra establecer un orden jerárquico de las acciones a implementar.

Efectos ambientales	Aspectos físicos		Aspectos socio económicos			Aspecto Paisaje	Promedio aritmético
	Suelo	Agua	Aire	Empleo	Seguridad		
Excavación	-3.00		-1.00	1.00	2.00		<b>-1.00</b>
Relleno compactado a máquina	-3.00	-3.00	-1.00	1.00	1.00		<b>-5.00</b>
Obras de hormigón simple	-3.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-3.00	<b>-6.00</b>
Obras de hormigón armado	-3.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-3.00	<b>-6.00</b>
Instalaciones eléctricas	-3.00		-1.00	1.00	1.00	-3.00	<b>-5.00</b>
Limpieza y desalojo							

<b>general</b>		-1.00	-1.00	1.00	1.00	-3.00	<b>-3.00</b>
<b>PROMEDIOS ARITMÉTICOS</b>	<b>-15.00</b>	<b>-6.00</b>	<b>-6.00</b>	<b>6.00</b>	<b>7.00</b>	<b>-12.00</b>	

**Tabla 24.- Resultados de la Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales**

- **Análisis de los resultados**

El diseño de las matrices ambientales mencionadas, nos permite analizar los resultados obtenidos, como un paso previo fundamental para establecer los criterios de mitigación ambiental y las acciones que deben tomarse.

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>
Magnitud	6 impactos de magnitud alta 1 impactos de magnitud media 9 impactos de magnitud baja
Importancia	1 impacto de importancia alta 1 impactos de importancia media 20 impactos de importancia baja
Duración	6 impactos permanentes 11 impactos temporales
Tipo	15 impactos negativos 12 impactos positivos

**Tabla 25.- Resultados de los Análisis de Impactos Ambientales**

Se desprende que la mayoría de los impactos pueden ser mitigados en base de medidas preventivas, ya que son temporales y de magnitud e importancia bajas.

# ORDEN	PROCESO CONSTRUCTIVO	VALORACIÓN MATEMÁTICA
01	Excavación	- 1.00
02	Relleno compactado	- 5.00
03	Obras de hormigón simple	- 6.00
04	Obras de hormigón armado	- 6.00
05	Instalaciones sanitarias	- 5.00
06	Limpieza y desalojo general	- 3.00

**Tabla 26.- Resultados de los Análisis de Impacto Ambiental de Procesos Constructivos**

# ORDEN	PROCESO CONSTRUCTIVO	VALORACIÓN MATEMÁTICA
01	Agua	- 6.00
02	Suelo	- 15.00
03	Aire	- 6.00
04	Empleo	- 6.00
05	Seguridad	- 7.00

**Tabla 27.- Resultados de los Análisis de Impacto Ambiental de los Aspectos Físicos y Socioeconómico**

## 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

- De acuerdo a los análisis de calidad del agua residual tratada obtuvimos, que la calidad del efluente sí cumple con las normas en términos de materia orgánica (DBO5 y DQO), y Fosforo.

Los coliformes fecales no cumplen con el requerimiento de los límites permisibles a un cuerpo de agua marina (TULSMA) que se debe de remover el 99.9%, los tensoactivos también se encuentran por encima de los límites permisibles debido a la alta concentración de jabones y detergentes en el agua residual

- Los sólidos suspendidos se encuentran por encima del nivel máximo permisible de las normas vigentes.
- Los tiempos de retención hidráulica en el sistema de lagunas de oxidación no cumplen, debido a que los sedimentos en cada laguna reducen el volumen, esto se debe a la falta periódica de mantenimiento.
- El recurso aire no muestra signos perceptibles de contaminación por la existencia de las lagunas de oxidación; por lo que su calidad ambiental es óptima.

De los análisis ambientales realizados se desprende que los impactos pueden ser mitigados en base a medidas preventivas, ya que dichos impactos son temporales y de magnitud e importancia bajas.

- De las pruebas de laboratorio obtenidas el análisis realizado demuestra que ciertos parámetros están por encima de los valores permitidos en lo que respecta al uso del agua residual en el campo agrícola (TULSMA), por lo que se concluye que el agua residual producto del Sistema de las Lagunas de Tratamiento del cantón Salinas, no es apta para ser reutilizada porque afectaría directamente la salud de sus habitantes.

## **6.2 Recomendaciones**

- Debido a que no cumplen los tiempos de retención hidráulica se recomienda realizar pruebas de laboratorio de interés de calidad de agua residual en la entrada y en la salida de cada una de las lagunas para poder determinar qué parte del proceso está fallando.
- Con los datos obtenidos se llega a la conclusión de que dentro del sistema de lagunas de oxidación del cantón Salinas se recomienda implementar la construcción de más lagunas o de hacer más grandes las lagunas existentes; también ayudaría una limpieza periódica de los sedimentos de las lagunas.  
Los taludes de las lagunas deben de ser recuperados mediante la remoción de maleza, control de roedores, se recomienda revestir los taludes para evitar la erosión.
- Se debe efectuar un procedimiento de operación y mantenimiento que consista en la limpieza de los desarenadores y estructuras de entrada y salida. Estas deben ser revisadas diariamente para asegurar de que no exista ningún tipo de atascamiento, como son estructuras de operación manual. Se debe programar limpiezas periódicas de acuerdo a la cantidad de material retenido.

- Se recomienda para el afluente que ingresa al sistema de lagunas de oxidación implementar un programa de monitoreo mínimo de 12 muestras al año y de preferencia en la salida de cada laguna.
- Se recomienda a la entidad reguladora, esto es Aguapen S.A., desarrolle un manual de operaciones y mantenimiento del sistema, de esta manera los operadores tendrán claras sus labores a desarrollar. En estos manuales se debe definir formatos para asentar observaciones de cada actividad a realizarse.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Dr. Luis Augusto Cassanha, (1990), Organización Panamericana de Salud. [www.bvsde.ops.oms.org](http://www.bvsde.ops.oms.org)
- Gloyna E.F., (1973) Estanques de Estabilización de aguas Residuales, Ginebra
- Hammer M., Hammer M. Jr. (2008) Water and Wastewater Technology, 6th Edition, Pearson Education Inc.
- Marad D. Pearson H, (1983) Stabilization Research, World Water.
- Marais (1974), Aplicaciones de Modelos Matemáticos para Remoción de Bacterias
- Metcalf y Eddy (2003) Wastewater Engineering Treatment and reuse, 4th edition, editorial McGraw-Hill, USA.
- Ministerio del Ambiente, República del Ecuador, Texto Unificado de Legislación Secundaria Ambiental, Libro VI Anexo 1: Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes: recurso agua.
- Oswald W.J., Gotaas H.B. (1957) Photosynthesis in Sewage Treatment
- Rolim Mendoca (2000), Asociación, Sistemas de Lagunas de Estabilización de Ingeniería Sanitaria.
- Romero Rojas J. (1999) Tratamiento de aguas residuales por lagunas de estabilización, 3ra. Edición, Alfaomega – Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Romero Rojas J. (2004) Tratamiento de aguas residuales: Teoría y Principios de Diseño, 3ra. Edición, Alfaomega – Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Vesilind. P.A. (2003), Introduction to Environmental Engineering.
- Wang et al (2009), Procesos Biológicos Convencionales en el tratamiento de Aguas Residuales
- Yáñez F. (1982), Avances en el Tratamiento de Aguas Residuales por Lagunas de Estabilización.

# **ANEXOS**

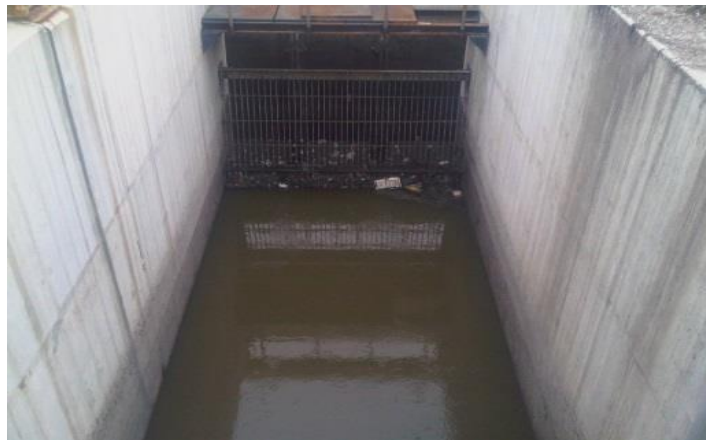




**Foto 2.- Estación de Bombeo de Salinas (EB#1)**



**Foto 3.- Puente de Grúa**



**Foto 4.- Pozo de Sólidos**



**Foto 5.- Cuchara Bivalva**



**Foto 6.- Disipador de Energía**



**Foto 7.- Cámara de Válvulas**



**Foto 8.- Bombas Sumergibles**



**Foto 9.- Cuarto de Control**



**Foto 10.- Pozo de Entrada**



**Foto 11.- Laguna Anaerobia**



**Foto 12.- Laguna Facultativa**



**Foto 13.- Arqueta de Reboce**



**Foto 14.- Cuarto de Cloro**



**Foto 15.- Cilindros de Gas Cloro**



**Foto 16.- Laberinto de Cloración**



**Foto 17.- Espuma causada por Detergentes**




**Foto 18.- Canaleta Parshall**



**Foto 19.- Sistema SCADA**




**Foto 20.- Laboratorio de Calidad de Aguas**

ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO DE LOS EFLUENTES EN LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES							
JEFE (E) DE PLANTA ATAHUALPA: Ing. Gustavo Herbozo Alvarado				RESPONSABLE: Blgo. Guido Ortiz Castillo			
OCTUBRE 2012							
PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	SISTEMA ANCON	SISTEMA STA. ELENA 1	SISTEMA STA. ELENA 2	SISTEMA SAINAS, STA ROSA, LIBERTAD Y MUEY	NORMA AMBIENTAL ECUADOR LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
FECHA DE MUESTREO:			15-10-12	19-10-12	19-10-12	22-10-12	
HORA DE MUESTREO:			15:30	11:35	11:50	14:45	
ALUMINIO	Al	mg/l	0.032	0.010	0.000	0.007	5.00
ARSENICO	As	mg/l	0.001	0.000	0.000	0.001	0.50
BARIO	Ba	mg/l	2.00	4.00	2.00	5.00	5.00
CIANURO TOTAL	CN <sup>-</sup>	mg/l	0.007	0.011	0.006	0.008	0.20
COBRE	Cu	mg/l	0.36	0.06	0.09	0.07	1.00
COBALTO	Co	mg/l	0.075	0.068	0.214	0.615	0.50
COLOR REAL (Dilución 1/20)	Color	U. Co/Pl	22	55	64	130	Inapreciable
CROMO HEXAVALENTE	Cr+6	mg/l	0.068	0.012	0.029	0.162	0.5
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	DQO	mg/l	216	219	222	220	250
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	DBO5	mg/l	-	-	-	-	100
FOSFORO TOTAL	P	mg/l	7.80	4.80	3.20	1.90	10
FLUORUROS	F <sup>-</sup>	mg/l	0.98	0.50	0.07	0.43	5
GRASAS Y ACEITES		mg/l	1.2	0.4	0.2	0.8	0.3
NIQUEL	Ni	mg/l	0.01	0.011	0.031	0.088	2
PLATA	Ag	mg/l	0.00	0.01	0.00	0.01	0.1
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	pH		8.46	9.14	9.13	8.93	6 a 9
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	SST	mg/l	155	371	182	294	100
SULFUROS	S <sup>-</sup>	mg/l	1.157	0.423	0.229	0.517	0.5
TEMPERATURA	T°C	°C	23.3	23.6	24	25	<35
TENSOACTIVOS	Detergentes	mg/l	0.30	0.20	0.10	1.00	0.5
ZINC	Zn	mg/l	0.08	0.11	0.14	0.13	10
SALINIDAD		‰	1.10	0.76	0.78	1.13	
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA		µS/cm	2,140	1,503	1,532	2,168	
SÓLIDOS DISUELTOS	SDT	mg/l	1,086	761	775	1,122	
CÓLIFORMES FECALES		NMP/100ml	25000	3000	1200	85	3,000
MATERIAL FLOTANTE	Presencia		Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
OBSERVACIONES:							
TIPO DE MUESTREO: SIMPLE							
 Blgo. Guido Ortiz Castillo <b>RESPONSABLE LABORATORIO MICROBIOLOGÍA</b>							




**ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO DE LOS EFLUENTES  
EN LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

JEFE (E) DE PLANTA ATAHUALPA: Ing. Gustavo Herbozo Alvarado				RESPONSABLE: Blgo. Guido Ortiz Castillo				
NOVIEMBRE 2012								
PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	SISTEMA COLONCHE	SISTEMA ANCONCITO 1	SISTEMA ANCONCITO 2	SISTEMA SALINAS, STA. ROSA, LIBERTAD Y MUEY	NORMA AMBIENTAL ECUADOR LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	NORMA AMBIENTAL ECUADOR LÍMITE MÁXIMO
FECHA DE MUESTREO:			14-11-12	19-11-12	19-11-12	21/11/2012	Tabla 12	Tabla 13
HORA DE MUESTREO:			12:05	11:25	11:35	10:35	Agua dulce	Agua marina
BARIO	Ba	mg/l	2.00	5.00	4.00	13.00	2.00	5.00
CADMIO	Cd	mg/l	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.20
COBRE	Cu	mg/l	0.01	0.13	0.15	0.04	1.00	1.00
COBALTO	Co	mg/l	1.16	1.41	1.61	0.63	0.50	0.50
COLOR REAL (Dilución 1/20)	Color	U. Co/Pt	193	262	275	113	Inapreciable	Inapreciable
CROMO HEXAVALENTE	Cr+6	mg/l	0.013	0.09	0.118	0.168	0.5	0.5
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	DQO	mg/l	304	529	470	199	250	250
FOSFORO TOTAL	P	mg/l	4.00	0.30	0.40	2.00	10	10
FLUORUROS	F <sup>-</sup>	mg/l	1.42	3.42	5.77	0.47	5	5
GRASAS Y ACEITES		mg/l	0.10	0.80	1.60	0.60	0.3	0.3
HIERRO	Fe	mg/l	0.27	0.12	0.06	0.01	10	
MATERIAL FLOTANTE	Presencia		Ausencia	Ausencia	Presencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
MANGANESO	Mn	mg/l	0.00	0.10	0.50	1.10	2	
NITRÓGENO TOTAL	N	mg/l	7	12	71	52	15	40
PLOMO	Pb	mg/l	0.00	0.15	0.10	0.09	0.2	0.5
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	pH		10.68	9.13	9.32	8.80	5 a 9	6 a 9
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	SST	mg/l	384	716	867	320	100	100
SULFUROS	S <sup>-</sup>	mg/l	0.657	0.967	1.15	0.498	0.5	0.5
TEMPERATURA	°C		26.8	28.8	28.6	25.3	<35	<35
TENSOACTIVOS		mg/l	0.2	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5
SALINIDAD		°/oo	0.52	0.97	0.78	1.33		
COLIFORMES FECALES	NMP/100ml	UFC	70	15,000	3,000	120	3,000	3,000
OBSERVACIONES:								
TIPO DE MUESTREO: SIMPLE								
 Blgo. Guido Ortiz Castillo <b>RESPONSABLE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA</b>								

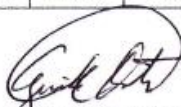
ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO DE LOS EFLUENTES EN LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES							
JEFE (E) DE PLANTA ATAHUALPA: Ing. Gustavo Herbozo Alvarado				RESPONSABLE: Blgo. Guido Ortiz Castillo			
DICIEMBRE 2012							
PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	SISTEMA ATAHUALPA	SISTEMA SAN PABLO	SISTEMA SALINAS, STA. ROSA, LIBERTAD Y MUEY	NORMA AMBIENTAL ECUADOR LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	NORMA AMBIENTAL ECUADOR LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
FECHA DE MUESTREO:			26-12-12	26-12-12	26/12/2012	Tabla 12	Tabla 13
HORA DE MUESTREO:			12:00	14:50	13:00	Agua dulce	Agua marina
BARIO	Ba	mg/l	2.00	2.00	5.00	2.00	5.00
COBALTO	Co	mg/l	0.02	0.29	0.52	0.50	0.50
COBRE	Cu	mg/l	0.50	3.57	0.07	1.00	1.00
COLOR REAL (Dilución 1/20)	Color	U. Co/Pl	16	24	134	Inapreciable	Inapreciable
CROMO HEXAVALENTE	Cr+6	mg/l	0.042	0.093	0.056	0.5	0.5
DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO	DBO5	mg/l	86	58	96	100	100
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	DQO	mg/l	61	1693	164	250	250
FLUORUROS	F <sup>-</sup>	mg/l	0.95	0.70	0.98	5	5
FOSFORO	P	mg/l	3.00	4.40	0.60	10	10
GRASAS Y ACEITES		mg/l	0.20	0.40	0.50	0.3	0.3
HIERRO	Fe	mg/l	0.11	0.01	0.02	10	
MATERIAL FLOTANTE	Presencia		Presencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
MANGANESO	Mn	mg/l	0.30	0.30	0.00	2	
PLOMO	Pb	mg/l	0.03	0.1	0.136	0.2	0.5
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	pH		8.80	8.76	7.85	5 a 9	6 a 9
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	SST	mg/l	106	54	318	100	100
SULFUROS	S <sup>-</sup>	mg/l	0.152	0.093	0.454	0.5	0.5
SULFATOS	SO <sub>4</sub>	mg/l	7.00	217.5	48	1000	
TEMPERATURA	°C		33	30.2	28.7	<35	<35
TENSOACTIVOS		mg/l	0.1	0.1	1.2	0.5	0.5
SALINIDAD		°/oo	0.55	20.31	1.06		
COLIFORMES FECALES	NMP/100ml	UFC	7,400	500	6,800	3,000	3,000
HIDROCARBUROS TOTALES		mg/l	0.2	0.9	1.4	20	20


TIPO DE MUESTREO: SIMPLE



Blgo. Guido Ortiz Castillo

RESPONSABLE LABORATORIO DE AGUAS RESIDUALES

ANÁLISIS FÍSICO- QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO DE LAS FUENTES EN LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES								
JEFE ( E ) DE PLANTA ATAHUALPA: Ing. Gustavo Herbozo Alvarado					RESPONSABLE: Blgo. Guido Ortiz Castillo			
ENERO 2013								
PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	SISTEMA ANCON	SISTEMA STA. ELENA 1	SISTEMA STA. ELENA 2	SISTEMA SALINAS, STA. ROSA, LIBERTAD Y MUEY	NORMA AMBIENTAL ECUADOR LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	NORMA AMBIENTAL ECUADOR LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
FECHA DE MUESTREO:			21-01-13	28-01-13	28/01/2013	23/01/2013	Tabla 12	Tabla 13
HORA DE MUESTREO:			15:00	14:20	14:10	12:10	Agua dulce	Agua marina
BARIO	Ba	mg/l	9.00	3.00	1.00	5.00	2.00	5.00
CADMIO	Cd	mg/l	0.032	0.028	0.012	0.015	0.02	0.2
COBALTO	Co	mg/l	0.071	0.073	0.19	0.50	0.5	0.5
COBRE	Cu	mg/l	0.11	0.13	0.00	0.01	1.0	1.0
COLOR REAL (Dilución 1/20)	Color	U. Co/Pt	89	130	44	109	Inapreciable	Inapreciable
CROMO HEXAVALENTE	Cr+6	mg/l	0.041	0.023	0.027	0.052	0.5	0.5
DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGENO	DBO5	mg/l	56	72	40	86	100	100
DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO	DQO	mg/l	186	187	154	39	250	250
FLUORUROS	F-	mg/l	1.02	0.60	0.09	1.12	5.0	5.0
FOSFORO	P	mg/l	0.80	5.60	4.40	1.00	10	10
GRASAS Y ACEITES		mg/l	0.9	0.8	0.4	0.2	0,3	0,3
HIERRO	Fe	mg/l	0.27	0.13	0.01	0.08	10	
MATERIAL FLOTANTE	Presencia		Presencia	Presencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
MANGANESO	Mn	mg/l	0.50	0.1	0.0	0.0	2.0	
NITROGENO TOTAL	N		47	48	34	45	15	40
PLOMO	Pb	mg/l	0.11	0.09	0.02	0.15	0.2	0.5
POTENCIAL DE HIDROGENO	pH		8.49	8.00	8.13	7.73	5 a 9	6 a 9
SOLIDOS SUSPENDIDOS	SST	mg/l	286	552	80	457	100	100
SULFUROS	S-	mg/l	0.43	1.49	0.09	0.61	0.5	0.5
SULFATOS	SO4	mg/l	61	21	86	26	1000	
TEMPERATURA	°C		32.6	30.0	28.5	29.5	<35	<35
TENSOACTIVOS		mg/l	0.4	0.2	0.3	1.4	0.5	0.5
SALINIDAD		°/oo	0.89	0.71	0.76	1.02		
COLIFORMES FECALES	NMP/100ml	UFC	35000	80000	9000	73	3,000	3,000
OBSERVACIONES: TIPO DE MUESTREO: SIMPLE								
 Blgo. Guido Ortiz Castillo LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA								

ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO DE LOS EFLUENTES EN LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES								
JEFE (E) DE PLANTA ATAHUALPA: Ing. Gustavo Herboas Alvarado					RESPONSABLE: Bgo. Guido Ortiz Castillo			
FEBRERO 2013								
PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	SISTEMA ANCONCITO 1	SISTEMA ANCONCITO 2	SISTEMA BALLEINITA	SISTEMA SALINAS, STA. ROSA, LIBERTAD Y MUEY	NORMA AMBIENTAL ECUADOR LÍMITE MÁXIMO	NORMA AMBIENTAL ECUADOR LÍMITE MÁXIMO
FECHA DE MUESTREO:			20-02-13	20-02-13	22/02/2013	22/02/2013	Tabla 12	Tabla 13
HORA DE MUESTREO:			11:35	11:45	14:00	16:30	Agua dulce	Agua marina
BARIO	Ba	mg/l	5.00	6.00	1.00	5.00	2.00	5.00
CADMIO	Cd	mg/l	0.090	0.070	0.020	0.130	0.02	0.2
COBALTO	Co	mg/l	0.000	0.04	0.02	0.03	0.5	0.5
COBRE	Cu	mg/l	0.18	0.18	0.01	0.02	1.0	1.0
COLOR REAL (Dilución 1/20)	Color	U. CoPt	99	86	35	58	Inapreciable	Inapreciable
CROMO HEXAVALENTE	Cr+6	mg/l	0.049	0.152	0.014	0.068	0.5	0.5
DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO	DBO5	mg/l	66	74	86	40	100	100
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	DQO	mg/l	203	193	163	75	250	250
FLUORUROS	F-	mg/l	0.73	1.19	0.21	0.78	5.0	5.0
FOSFORO	P	mg/l	1.20	1.60	1.40	5.10	10	10
GRASAS Y ACEITES		mg/l	0.3	0.4	0.3	0.5	0.3	0.3
HIERRO	Fe	mg/l	0.1	0.04	0.07	0.12	10	
MATERIAL FLOTANTE	Presencia		Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
MANGANESO	Mn	mg/l	0.10	0.3	0.0	0.0	2.0	
PLOMO	Pb	mg/l	0.15	0.12	0.23	0.31	0.2	0.5
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	pH		7.89	7.80	9.76	8.07	5 a 9	6 a 9
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	SST	mg/l	294	352	174	277	100	100
SULFUROS	S-	mg/l	0.45	0.53	0.18	0.41	0.5	0.5
SULFATOS	SO4	mg/l	64	49	102	61	1000	
TEMPERATURA	°C		29.9	29.3	33.7	32.8	<35	<35
TENSOACTIVOS		mg/l	0.4	0.4	0.25	2.9	0.5	0.5
SALINIDAD		‰	0.84	0.81	3.15	1.33		
COLIFORMES FECALES	NMP/100ml	UFC	75000	49000	70	80	3,000	3,000
SÓLIDOS SEDIMENTABLES		ml/l	0.9	0.5	0.4	0.1	1.0	
TIPO DE MUESTREO: SIMPLE								
 Bgo. Guido Ortiz Castillo Responsable de Laboratorio de Microbiología								

**ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO DE LOS EFLUENTES  
EN LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

JEFE ( E ) DE PLANTA ATAHUALPA: Ing. Gustavo Herbozo Alvarado				RESPONSABLE: Bigo. Guido Ortiz Castillo			
MARZO 2013							
PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	SISTEMA ATAHUALPA	SISTEMA SAN PABLO	SISTEMA DE STA. ROSA MUEY LIBERTAD Y SALINAS	NORMA AMBIENTAL ECUADOR LÍMITE MÁXIMO	NORMA AMBIENTAL ECUADOR LÍMITE MÁXIMO
FECHA DE MUESTREO:			22-03-13	22-03-13	25/03/2013	Tabla 12	Tabla 13
HORA DE MUESTREO:			11:40	14:15	12:00	Agua dulce	Agua marina
BARIO	Ba	mg/l	1.00	3.00	5.00	2.00	5.00
COBALTO	Co	mg/l	0.01	0.25	0.04	0.5	0.5
COBRE	Cu	mg/l	0.40	0.75	0.01	1.0	1.0
COLOR REAL (Dilución 1/20)	Color	U. Co/Pt	17	104	72	Inapreciable	Inapreciable
CROMO HEXAVALENTE	Cr+6	mg/l	0.039	0.062	0.053	0.5	0.5
DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO	DBO5	mg/l	36	78	62	100	100
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	DQO	mg/l	38	1480	80	250	250
FLUORUROS	F-	mg/l	0.82	0.53	0.67	5.0	5.0
FOSFORO	P	mg/l	2.70	2.30	4.20	10	10
GRASAS Y ACEITES		mg/l	0.3	0.7	0.6	0.3	0.3
HIERRO	Fe	mg/l	0.09	0.01	0.1	10	
MATERIAL FLOTANTE	Presencia		Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
MANGANESO	Mn	mg/l	0.10	0.10	0.0	2.0	
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	pH		8.02	7.63	7.83	5 a 9	6 a 9
SÓLIDOS SEDIMENTABLES		ml/l	0.1	0.5	0.1	1.0	
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	SST	mg/l	34	317	203	100	100
SULFUROS	S-	mg/l	0.12	0.085	0.42	0.5	0.5
SULFATOS	SO4	mg/l	9	230	70	1000	
TEMPERATURA	°C		34.0	33.3	31.4	<35	<35
TENSOACTIVOS		mg/l	0.1	0.1	0.9	0.5	0.5
SALINIDAD		‰	0.41	13.69	1.79		
COLIFORMES FECALES	NMP/100ml	UFC	100	1500	9000	3,000	3,000

TIPO DE MUESTREO: SIMPLE

  
 Bigo. Guido Ortiz Castillo  
 LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA



Ministerio  
del Ambiente

Acuerdo No. 112

LA MINISTRA DEL AMBIENTE

CONSIDERANDO:

Que el artículo 88 de la Constitución Política del Ecuador establece que toda decisión estatal que pueda afectar al ambiente deberá contar previamente con los criterios de la comunidad para lo cual ésta será debidamente informada y garantizará su participación;

Que el artículo 28 de la Ley de Gestión Ambiental consagra el derecho de toda persona natural o jurídica a participar en la gestión ambiental a través de los diversos mecanismos de participación social que se establezcan para el efecto, y el artículo 29 prescribe el derecho que tiene toda persona natural o jurídica a ser informada oportuna y suficientemente sobre cualquier actividad que pueda producir impactos ambientales;

Que el artículo 17-A de la Ley de Modernización del Estado determina que las instituciones del Estado podrán establecer el pago por los servicios de control, inspecciones, autorizaciones, permisos, licencias u otros de similar naturaleza, a fin de recuperar los costos en los que incurrieren para este propósito;

Que el artículo 20 del Libro VI de Calidad Ambiental del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS) establece como finalidad de la participación ciudadana en la gestión ambiental la considerar e incorporar los criterios y las observaciones de la ciudadanía, especialmente la población directamente afectada de una obra o proyecto, sobre las variables ambientales relevantes de los estudios de impacto ambiental y planes de manejo ambiental, siempre y cuando sea técnica y económicamente viable, para que las actividades o proyectos que puedan causar impactos ambientales se desarrollen de manera adecuada, minimizando y/o compensando estos impactos a fin de mejorar la condiciones ambientales para la realización de la actividad o proyecto propuesto en todas sus fases;

Que mediante Decreto Ejecutivo No. 1040 publicado en el Registro Oficial No. 332 del 8 de mayo se expidió el Reglamento de aplicación de los mecanismos de Participación Social establecidos en la Ley de Gestión Ambiental;



**Ministerio  
del Ambiente**

Que el artículo 13 del Reglamento antes mencionado establece que los costos del desarrollo de los mecanismos de participación social serán retribuidos por el promotor del proyecto o actividad, en la forma prevista en la Ley de Modernización;

En ejercicio de las atribuciones constantes en el artículo 179 numeral 6 de la Constitución Política del Estado y en el artículo 17 del Estatuto del Régimen Jurídico Administrativo de la Función Ejecutiva;

**Acuerda:**

**Expedir el siguiente Instructivo al Reglamento de aplicación de los mecanismos de Participación Social establecidos en la Ley de Gestión Ambiental.**

**Art. 1.-** La participación social a través de los diversos mecanismos establecidos en el Reglamento se realizará de manera obligatoria en todos los proyectos o actividades que requieran de licenciamiento ambiental.

**Art. 2.-** El Ministerio del Ambiente se encargará de la organización, desarrollo y aplicación de los mecanismos de participación social de aquellos proyectos o actividades en los que interviene como autoridad competente. De existir autoridades ambientales de aplicación responsable debidamente acreditadas, serán estas las encargadas de aplicar el presente instructivo.

**Art. 3.-** El procedimiento para la aplicación de la participación social será el siguiente:

- a) Conforme lo dispuesto en el artículo 18 del Reglamento, las convocatorias a los mecanismos de participación social se realizarán por uno o varios medios de amplia difusión pública. En dicha convocatoria se precisarán las fechas en que estará disponible el borrador del EsIA y PMA; direcciones de los lugares donde se puede consultar el documento; dirección electrónica de recepción de comentarios; página web donde estará disponible la versión digital del borrador del EsIA; la fecha en que se realizará el mecanismo de participación social seleccionado y la fecha límite de recepción de criterios. El texto de la convocatoria deberá contar con la aprobación previa de la respectiva autoridad competente, la cual proveerá el formato final de publicación, la misma que correrá a cuenta del promotor o ejecutor del proyecto o actividad que requiera licenciamiento ambiental.

*Handwritten signature and initials in blue ink.*

*Handwritten signature and initials in blue ink.*



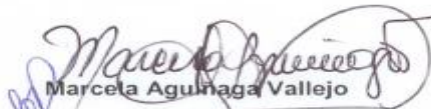
**Ministerio  
del Ambiente**

requieren licenciamiento ambiental, pago que deberá realizar el promotor de manera previa al inicio del proceso de participación social del proyecto.

**Art. 7.-** El presente Acuerdo entrará en vigencia a partir de la presente fecha, sin perjuicio de su publicación en el Registro Oficial y de su ejecución encárguese a la Subsecretaría de Calidad Ambiental, Subsecretaría de Gestión Ambiental Costera y a las autoridades ambientales de aplicación responsable, según el ámbito de sus competencias.

Comuníquese y publíquese.

Dado en Quito, a 17 de julio de 2008.

  
Marcela Aguirre Vallejo  
Ministra del Ambiente

  
ROP/CVZ/YIWT/SU



# LEY DE GESTION AMBIENTAL, CODIFICACION

Codificación 19, Registro Oficial Suplemento 418 de 10 de Septiembre del 2004.

## H. CONGRESO NACIONAL

### LA COMISION DE LEGISLACION Y CODIFICACION

Resuelve:

EXPEDIR LA SIGUIENTE CODIFICACION DE LA LEY DE GESTION AMBIENTAL

#### TITULO I

#### AMBITO Y PRINCIPIOS DE LA GESTION AMBIENTAL

Art. 1.- La presente Ley establece los principios y directrices de política ambiental; determina las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia.

Art. 2.- La gestión ambiental se sujeta a los principios de solidaridad, corresponsabilidad, cooperación, coordinación, reciclaje y reutilización de desechos, utilización de tecnologías alternativas ambientalmente sustentables y respecto a las culturas y prácticas tradicionales.

Art. 3.- El proceso de Gestión Ambiental, se orientará según los principios universales del Desarrollo Sustentable, contenidos en la Declaración de Río de Janeiro de 1992, sobre Medio Ambiente y Desarrollo.

Art. 4.- Los reglamentos, instructivos, regulaciones y ordenanzas que, dentro del ámbito de su competencia, expidan las instituciones del Estado en materia ambiental, deberán observar las siguientes etapas, según corresponda: desarrollo de estudios técnicos sectoriales, económicos, de relaciones comunitarias, de capacidad institucional y consultas a organismos competentes e información a los sectores ciudadanos.

Art. 5.- Se establece el Sistema Descentralizado de Gestión Ambiental como un mecanismo de coordinación transectorial, interacción y cooperación entre los distintos ámbitos, sistemas y subsistemas de manejo ambiental y de gestión de recursos naturales.

En el sistema participará la sociedad civil de conformidad con esta Ley.

Art. 6.- El aprovechamiento racional de los recursos naturales no renovables en función de los intereses nacionales dentro del patrimonio de áreas naturales protegidas del Estado y en ecosistemas frágiles, tendrán lugar por excepción previo un estudio de factibilidad económico y de evaluación de impactos ambientales.

**TITULO II**  
**DEL REGIMEN INSTITUCIONAL DE LA GESTION AMBIENTAL**

**CAPITULO I**  
**DEL DESARROLLO SUSTENTABLE**

Art. 7.- La gestión ambiental se enmarca en las políticas generales de desarrollo sustentable para la conservación del patrimonio natural y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales que establezca el Presidente de la República al aprobar el Plan Ambiental Ecuatoriano. Las políticas y el Plan mencionados formarán parte de los objetivos nacionales permanentes y las metas de desarrollo. El Plan Ambiental Ecuatoriano contendrá las estrategias, planes, programas y proyectos para la gestión ambiental nacional y será preparado por el Ministerio del ramo.

Para la preparación de las políticas y el plan a los que se refiere el inciso anterior, el Presidente de la República contará, como órgano asesor, con un Consejo Nacional de Desarrollo Sustentable, que se constituirá conforme las normas del Reglamento de esta Ley y en el que deberán participar, obligatoriamente, representantes de la sociedad civil y de los sectores productivos.

**CAPITULO II**  
**DE LA AUTORIDAD AMBIENTAL**

Art. 8.- La autoridad ambiental nacional será ejercida por el Ministerio del ramo, que actuará como instancia rectora, coordinadora y reguladora del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental, sin perjuicio de las atribuciones que dentro del ámbito de sus competencias y conforme las leyes que las regulan, ejerzan otras instituciones del Estado.

El Ministerio del ramo, contará con los organismos técnico - administrativos de apoyo, asesoría y ejecución, necesarios para la aplicación de las políticas ambientales, dictadas por el Presidente de la República.

Art. 9.- Le corresponde al Ministerio del ramo:

- a) Elaborar la Estrategia Nacional de Ordenamiento Territorial y los planes seccionales;
- b) Proponer, para su posterior expedición por parte del Presidente de la República, las normas de manejo ambiental y evaluación de impactos ambientales y los respectivos procedimientos generales de aprobación de estudios y planes, por parte de las entidades competentes en esta materia;
- c) Aprobar anualmente la lista de planes, proyectos y actividades prioritarios, para la gestión ambiental nacional;
- d) Coordinar con los organismos competentes para expedir y aplicar normas técnicas, manuales y parámetros generales de protección ambiental, aplicables en el ámbito nacional; el régimen normativo general aplicable al sistema de permisos y licencias de actividades potencialmente contaminantes, normas aplicables a planes nacionales y normas técnicas relacionadas con el ordenamiento territorial;
- e) Determinar las obras, proyectos e inversiones que requieran someterse al proceso de aprobación de estudios de impacto ambiental;
- f) Establecer las estrategias de coordinación administrativa y de cooperación con los distintos organismos públicos y privados;
- g) Dirimir los conflictos de competencia que se susciten entre los organismos integrantes del Sistema Descentralizado de Gestión Ambiental; la resolución que se dicte al respecto



## PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

# NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES : RECURSO AGUA

### LIBRO VI ANEXO 1

### 0 INTRODUCCIÓN

La presente norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

La presente norma técnica determina o establece:

- a) Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado;
- b) Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y,
- c) Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

### 1 OBJETO

La norma tiene como objetivo la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en lo relativo al recurso agua.

El objetivo principal de la presente norma es proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general.

Las acciones tendientes a preservar, conservar o recuperar la calidad del recurso agua deberán realizarse en los términos de la presente Norma.

### 2 DEFINICIONES

Para el propósito de esta norma se consideran las definiciones establecidas en el Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, y las que a continuación se indican:

#### 2.1 Agua costera

Es el agua adyacente a la tierra firme, cuyas propiedades físicas están directamente influenciadas por las condiciones continentales.

#### 2.2 Agua marina

Es el agua de los mares y se distingue por su elevada salinidad, también conocida como agua salada. Las aguas marinas corresponden a las aguas territoriales en la extensión y términos que fijen el derecho internacional, las aguas marinas interiores y las de lagunas y esteros que se comuniquen permanentemente.

**TABLA 6. Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola**

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico (total)	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro (total)	B	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Carbamatos totales	Concentración total de carbamatos	mg/l	0,1
Cianuro (total)	CN <sup>-</sup>	mg/l	0,2
Cobalto	Co	mg/l	0,05
Cobre	Cu	mg/l	2,0
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,1
Fluor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Litio	Li	mg/l	2,5
Materia flotante	visible		<b>Ausencia</b>
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Níquel	Ni	mg/l	0,2
Organofosforados (totales)	Concentración de organofosforados totales.	mg/l	0,1
Organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,2
Plata	Ag	mg/l	0,05
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/l	0,05
Selenio	Se	mg/l	0,02
Sólidos disueltos totales		mg/l	3 000,0
Transparencia de las aguas medidas con el disco secchi.			mínimo 2,0 m
Vanadio	V	mg/l	0,1
Aceites y grasa	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Coniformes Totales	nmp/100 ml		1 000
Huevos de parásitos		Huevos por litro	cero
Zinc	Zn	mg/l	2,0

Además de los criterios indicados, la Entidad Ambiental de Control utilizará también las siguientes guías para la interpretación de la calidad del agua para riego y deberá autorizar o no el uso de agua con grado de restricción severo o moderado (ver tabla 7):

Continuación...

TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

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
Cloroforno	Extracto carbón cloroforno (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

Continúa...

Continuación...

TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Temperatura	°C		< 40
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Sulfuro de carbono	Sulfuro de carbono	mg/l	1,0
Compuestos organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,05
Organofosforados y carbamatos (totales)	Concentración de organofosforados y carbamatos totales.	mg/l	0,1
Vanadio	V	mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	10

4.2.2.4 Toda área de desarrollo urbanístico, turístico o industrial que no contribuya al sistema de alcantarillado público, deberá contar con instalaciones de recolección y tratamiento convencional de residuos líquidos. El efluente tratado descargará a un cuerpo receptor o cuerpo de agua, debiendo cumplir con los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, marina y de estuarios.

4.2.2.5 Se prohíbe la descarga de residuos líquidos sin tratar hacia el sistema de alcantarillado, provenientes del lavado y/o mantenimiento de vehículos aéreos y terrestres, así como el de aplicadores manuales y aéreos, recipientes, empaques y envases que contengan o hayan contenido agroquímicos u otras sustancias tóxicas.

4.2.2.6 Se prohíbe la descarga hacia el sistema de alcantarillado de residuos líquidos no tratados, que contengan restos de aceite lubricante, grasas, etc, provenientes de los talleres mecánicos, vulcanizadoras, restaurantes y hoteles.

4.2.2.7 Los responsables (propietario y operador) de todo sistema de alcantarillado deberán dar cumplimiento a las normas de descarga contenidas en esta Norma. Si el propietario (parcial o total) o el operador del sistema de alcantarillado es un municipio, éste no podrá ser sin excepción, la Entidad Ambiental de Control para sus instalaciones. Se evitará el conflicto de interés.

#### 4.2.3 Normas de descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor: Agua dulce y agua marina

4.2.3.1 Los puertos deberán contar con un sistema de recolección y manejo para los residuos sólidos y líquidos provenientes de embarcaciones, buques, naves y otros medios de transporte, aprobados por la Dirección General de la Marina Mercante y la Entidad Ambiental de Control. Dichos sistemas deberán ajustarse a lo establecido en la presente Norma, sin embargo los municipios podrán establecer regulaciones más restrictivas de existir las justificaciones técnicas.

4.2.3.2 Se prohíbe todo tipo de descarga en:

- Las cabeceras de las fuentes de agua.
- Aguas arriba de la captación para agua potable de empresas o juntas administradoras, en la extensión que determinará el CNRH, Consejo Provincial o Municipio Local y,
- Todos aquellos cuerpos de agua que el Municipio Local, Ministerio del Ambiente, CNRH o Consejo Provincial declaren total o parcialmente protegidos.

4.2.3.8 Toda descarga a un cuerpo de agua marina, deberá cumplir, por lo menos con los siguientes parámetros (ver tabla 13).

TABLA 13. Límites de descarga a un cuerpo de agua marina

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas		mg/l	0,3
Arsénico total	As	mg/l	0,5
Alkil mercurio		mg/l	<b>No detectable</b>
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Bario	Ba	mg/l	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,2
Cianuro total	CN <sup>-</sup>	mg/l	0,2
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		<sup>9</sup> Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20
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	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250
Fósforo Total	P	mg/l	10
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo.	TPH	mg/l	20,0
Materia flotante	Visibles		<b>Ausencia</b>
Mercurio total	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total kjedahl	N	mg/l	40
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,2
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	100
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,05

Continua...

Continuación...

TABLA 13. Límites de descarga a un cuerpo de agua marina

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales	mg/l	0,1
Carbamatos totales	Concentración de carbamatos totales	mg/l	0,25
Temperatura	°C		< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Zinc	Zn	mg/l	10

\* La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida.

4.2.3.9 Se prohíbe la descarga de efluentes hacia cuerpos de agua severamente contaminados, es decir aquellos cuerpos de agua que presentan una capacidad de dilución o capacidad de carga nula o cercana a cero. La Entidad Ambiental de Control decidirá la aplicación de uno de los siguientes criterios:

- Se descarga en otro cuerpo de agua
- Se exigirá tratamiento hasta que la carga contaminante sea menor o igual a 1,5 del factor de contaminación de la tabla 14 (Factores Indicativos de Contaminación)

4.2.3.10 Ante la inaplicabilidad para un caso específico de algún parámetro establecido en la presente norma o ante la ausencia de un parámetro relevante para la descarga bajo estudio, la Entidad Ambiental de Control tomará el siguiente criterio de evaluación. El regulado deberá establecer la línea de fondo o de referencia del parámetro de interés en el cuerpo receptor. El regulado determinará la concentración presente o actual del parámetro bajo estudio en el área afectada por sus descargas. Así, se procede a comparar los resultados obtenidos para la concentración presente contra los valores de fondo o de referencia. Se considera en general que una concentración presente mayor tres veces que el valor de fondo para el agua es una contaminación que requiere atención inmediata por parte de la Entidad Ambiental de Control. (ver tabla 14).

Si la concentración presente es menor a tres veces que el valor de fondo, la Entidad Ambiental de Control dará atención mediata a esta situación y deberá obligar al regulado a que la concentración presente sea menor o igual a 1,5 que el valor de fondo.

TABLA 14. Factores indicativos de contaminación

Factor de contaminación (Concentración presente/ valor de fondo)	Grado de perturbación.	Denominación
< 1,5	0	Cero o perturbación insignificante
1,5 – 3,0	1	Perturbación evidente.
3,0 – 10,0	2	Perturbación severa.
> 10,0	3	Perturbación muy severa.

Los valores de fondo de mayor confiabilidad serán aquellos derivados de muestras a tomarse en aquellas partes inmediatas fuera del área bajo estudio, que se considere como no afectada por contaminación local. En el caso de ausencia total de valores de fondo de las áreas inmediatas fuera del área bajo estudio, se podrá obtener estos valores de estudios de áreas regionales o nacionales aplicables.

Para determinar el valor de fondo o de referencia, al menos 5 muestras deben ser tomadas, si se toman entre 5 a 20 muestras, el valor más alto o el segundo más alto deben ser seleccionados como valor de fondo. Si se toman más de 20 muestras, se podrán utilizar los valores medidos que correspondan con el 90vo. o 95vo. Percentil. Los valores