



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES

CARRERA DE GESTIÓN AMBIENTAL

DIAGNOSTICO AMBIENTAL BACTERIOLÓGICO DEL EFLUENTE  
PROVENIENTE DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DEL CANTÓN  
SANTA ROSA Y PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS PREVENTIVAS

GONZALEZ JIMENEZ KARINA ELIZABETH  
LICENCIADA EN GESTIÓN AMBIENTAL

LEON WONG VITE AMY MAYTE  
LICENCIADA EN GESTIÓN AMBIENTAL

MACHALA  
2019



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES

CARRERA DE GESTIÓN AMBIENTAL

DIAGNOSTICO AMBIENTAL BACTERIOLÓGICO DEL  
EFLUENTE PROVENIENTE DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO  
DEL CANTÓN SANTA ROSA Y PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS  
PREVENTIVAS

GONZALEZ JIMENEZ KARINA ELIZABETH  
LICENCIADA EN GESTIÓN AMBIENTAL

LEON WONG VITE AMY MAYTE  
LICENCIADA EN GESTIÓN AMBIENTAL

MACHALA  
2019



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES

CARRERA DE GESTIÓN AMBIENTAL

TRABAJO TITULACIÓN  
PROYECTO INTEGRADOR

DIAGNOSTICO AMBIENTAL BACTERIOLÓGICO DEL EFLUENTE PROVENIENTE  
DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DEL CANTÓN SANTA ROSA Y  
PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS PREVENTIVAS

GONZALEZ JIMENEZ KARINA ELIZABETH  
LICENCIADA EN GESTIÓN AMBIENTAL

LEON WONG VITE AMY MAYTE  
LICENCIADA EN GESTIÓN AMBIENTAL

POMA LUNA DARWIN AMABLE

MACHALA, 19 DE SEPTIEMBRE DE 2019

MACHALA  
2019

**Nota de aceptación:**

Quienes suscriben, en nuestra condición de evaluadores del trabajo de titulación denominado DIAGNOSTICO AMBIENTAL BACTERIOLÓGICO DEL EFLUENTE PROVENIENTE DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DEL CANTÓN SANTA ROSA Y PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS PREVENTIVAS, hacemos constar que luego de haber revisado el manuscrito del precitado trabajo, consideramos que reúne las condiciones académicas para continuar con la fase de evaluación correspondiente.



---

POMA LUNA DARWIN AMABLE  
0703047977  
TUTOR - ESPECIALISTA 1



---

LUNA FLORIN ALEX DUMANY  
0703439125  
ESPECIALISTA 2



---

GUERRERO AZANZA MARIUXI YAMILET  
0703954156  
ESPECIALISTA 3

Machala, 19 de septiembre de 2019

# DIAGNÓSTICO AMBIENTAL BACTERIOLÓGICO DEL EFLUENTE PROVENIENTE DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DEL CANTÓN SANTA ROSA Y PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS PREVENTIVAS

---

## INFORME DE ORIGINALIDAD

---

0%

INDICE DE SIMILITUD

0%

FUENTES DE  
INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

---

## FUENTES PRIMARIAS

---

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

< 2%

Excluir bibliografía

Apagado

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

Las que suscriben, GONZALEZ JIMENEZ KARINA ELIZABETH y LEON WONG VITE AMY MAYTE, en calidad de autoras del siguiente trabajo escrito titulado DIAGNOSTICO AMBIENTAL BACTERIOLÓGICO DEL EFLUENTE PROVENIENTE DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DEL CANTÓN SANTA ROSA Y PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS PREVENTIVAS, otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Las autoras declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

Las autoras como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 19 de septiembre de 2019

  
GONZALEZ JIMENEZ KARINA ELIZABETH  
0706429859

  
LEON WONG VITE AMY MAYTE  
0706754686

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios por haber puesto a las personas exactas en mi camino para poder llegar a culminar una de muchas metas en mi vida.

*Karina González*

Este trabajo investigativo es dedicado a Dios, por otorgarme la perseverancia y el impulso necesario para cumplir esta meta y subir un escalón más para llegar hacia el éxito, y a todas las personas que se han cruzado en este trayecto de la vida, mi familia, amigos y compañeros.

*Amy León Wong*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por haberme dado la fortaleza para nunca darme por vencida ante las adversidades, a mi madre y hermana por ser mi apoyo fundamental, a mi padre, hermanos, compañeros y docentes que gracias a su guía y enseñanza me llenaron de conocimientos.

*Karina González*

A mis padres, mis hermanas y hermano sin ellos, nada de lo que soy, lo que hago y hacia dónde me dirijo, fuera posible.

*Amy León Wong*

## RESUMEN

La contaminación hídrica a causa de la descarga de aguas residuales sin tratamiento, es un problema inminente y se da en todo el mundo, llegando a cauces de ríos y luego al mar, provocando un sin número de inconvenientes en los ciclos naturales y en la sociedad. Las lagunas de oxidación del cantón Santa Rosa están administradas por la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado del mismo cantón, la estructura tiene 47 años de funcionamiento junto al alcantarillado, los usuarios son aproximadamente 61,205 personas, lo que comprende el casco urbano.

Para la depuración de agua, EMAPASR-EP aplica un tratamiento biológico.

La infraestructura de tratamiento está compuesta por: Dos estaciones de bombeo y lagunas de oxidación.

- La primera estación de bombeo tiene una capacidad de 80m<sup>3</sup>, tiene una profundidad de 15m, está ubicada en las calles Avenida Sixto Durán Vallen y José María Ollague y se encarga del almacenamiento de la parte Sur y Centro de la ciudad.
- La segunda estación de bombeo tiene una capacidad de 530 m<sup>3</sup>, su profundidad es de 18m, se encuentra ubicada en el sitio 5 esquinas a las afueras del cantón, se encarga de recolectar el agua residual proveniente de la primera estación de bombeo más las aguas de la parte Norte del casco urbano del cantón.
- Las lagunas de oxidación ocupan un territorio de 4ha cada una, contienen una capacidad de 38 mil m<sup>3</sup> cúbicos y 1.30 m de altura, diariamente entran 110 litros/segundo.

Para la aplicación del tratamiento biológico, se mezcla la bacteria benéfica Bacter C-W con melaza y agua, es necesario la maduración de las bacterias que se da en 8 días. En cada estación de bombeo se administra, 10 litros diarios de tratamiento biológico.

Para el Diagnóstico Ambiental Bacteriológico, se utilizó un enfoque “cuali-cuantitativo”, investigación de campo, aplicada, documental y correlacional, además de un Check list y análisis de laboratorio de los parámetros “Coliformes totales, Coliformes fecales y Escherichia Coli” para determinar el estado microbiológico en el que se encuentran las lagunas de oxidación del cantón Santa Rosa. Mediante la observación, entrevistas a diferentes autoridades de EMAPASR-EP, se pudo mejorar el diagnóstico, y con ayuda de análisis de agua de Julio del 2018, último análisis empleado a la laguna de oxidación por

parte de la empresa, se pudo realizar una comparación de datos con los parámetros microbiológicos estudiados.

Como Diagnóstico, se determinó que la estructura conformada por dos lagunas de oxidación que dan paso al tratamiento de las aguas residuales del cantón Santa Rosa se encuentra en un estado crítico, su vida útil culminó; según las normativas, la capacidad no abastece a la población actual, el tratamiento no está funcionando para los parámetros microbiológicos, sobrepasando a Coliformes fecales con 1,2 veces, Coliformes totales con 19,86 veces y Escherichia Coli con 1,986 veces según las normativas: TULSMA de Ecuador, Norma De Calidad Del Agua Y Control De Descargas AG-CC-01 de República Dominicana y Régimen Jurídico de la Reutilización de las Aguas Depuradas de España tomadas respectivamente. Además, mediante observación, se evidenció espumas en la descarga al cuerpo de agua “estero 3 bocas”, que es fuerte indicador de presencia de tensoactivos.

Como propuesta integradora, se planteó un posible Diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales para el casco urbano del cantón Santa Rosa. Se propuso procesos que vayan acorde a los resultados de los análisis de agua y también que cumpla con las normativas como el Código Ecuatoriano de la Construcción parte IX Obras Sanitarias, para descargar sin contaminantes el agua residual del cantón Santa Rosa y prevenir problemas ambientales.

**Palabras claves:**

Diagnóstico Ambiental Bacteriológico, Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, Diseño de PTAR

## ABSTRACT

Water pollution due to the discharge of wastewater without treatment, is an imminent problem and occurs worldwide, reaching river channels and then to the sea, causing a number of problems in natural cycles and in society.

The oxidation lagoons of the Santa Rosa canton are managed by the Municipal Company of Potable Water and Sewerage of the same canton, the structure has 47 years of operation next to the sewer, the users are approximately 61,205 people, which includes the urban center. For water purification, EMAPASR-EP applies a biological treatment.

The plant is composed by: Two pumping stations and oxidation lagoons.

- The first pumping station has a capacity of 80m<sup>3</sup>, has a depth of 15m, is located in the streets Avenida Sixto Durán Vallen and José María Ollague and is responsible for the storage of the southern and central part of the city.

- The second pumping station has a capacity of 530 m<sup>3</sup>, its depth is 18m, is located in the site 5 corners outside the canton, is responsible for collecting wastewater from the first pumping station plus the waters of the northern part of the urban area of the canton.

- The oxidation lagoons occupy a territory of 4ha each, contain a capacity of 243 liters/second and 1.30 m high, daily enter 110 liters/second.

For the application of the biological treatment, the beneficial bacterium Bacter C-W is mixed with molasses and water, it is necessary the maturation of the bacteria that is given in 8 days. In each pumping station, 10 liters of biological treatment are administered daily.

For the Bacteriological Environmental Diagnosis, a "quali-quantitative" approach, field, applied, documentary and correlational research was used, in addition to a check list and laboratory analysis of the parameters "Total coliforms, fecal coliforms and Escherichia Coli" to determine the microbiological state in which the oxidation lagoons of the Santa Rosa canton are located. Through observation, interviews with different authorities of EMAPASR-EP, it was possible to improve the diagnosis, and with the help of water analysis of July 2018, the last analysis used to the oxidation lagoon by the company, it was possible to make a comparison of data with the microbiological parameters studied.

As a diagnosis, it was determined that the structure formed by two oxidation lagoons that give way to the treatment of the wastewater of the Santa Rosa canton is in a critical state, its useful life culminated; according to regulations, the capacity does not supply the current population, the treatment is not working for microbiological parameters,

surpassing fecal coliforms with 1.2 times, total coliforms with 19.86 times and Escherichia Coli with 1.986 times according to the regulations: TULSMA of Ecuador, Water Quality Standard and Control of Discharges AG-CC-01 of the Dominican Republic and Legal Regime of the Reuse of the Depurated Waters of Spain taken respectively. In addition, through observation, foams were evidenced in the discharge to the body of water "estero 3 bocas", which is a strong indicator of the presence of surfactants.

As an integrative proposal, a possible design of the wastewater treatment system for the urban area of Santa Rosa canton was proposed. It was proposed processes that are consistent with the results of water analysis and also comply with regulations such as the Ecuadorian Construction Code part IX Sanitary Works, to discharge without pollutants the wastewater of the canton of Santa Rosa and prevent environmental problems.

**Key words:**

Bacteriological Environmental Diagnosis, Wastewater Treatment Plant, PTAR Design

## INDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA</b>	<b>6</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>7</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>8</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>10</b>
<b>INDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>15</b>
<b>INDICE DE MAPAS</b>	<b>16</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>18</b>
<b>CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO DEL OBJETO DE ESTUDIO</b>	<b>20</b>
Concepciones, Normas o Enfoques Diagnósticos	20
<i>Concepciones</i>	20
Normativa	30
Enfoques diagnósticos	37
Descripción del Proceso de Diagnóstico	39
<i>Metodología</i>	40
Análisis del contexto	62
Matriz de Requerimientos.	64
Selección de Requerimientos a Intervenir: Justificación	65
<b>CAPÍTULO II. PROPUESTA INTEGRADORA</b>	<b>66</b>
Descripción de la Propuesta	66
Objetivos de la Propuesta	67
<i>Objetivo General:</i>	67
<i>Objetivos Específicos</i>	67
Fases de Implementación	75
Recursos Logísticos	77

<b>CAPÍTULO III. VALORACIÓN DE FACTIBILIDAD</b>	<b>81</b>
Análisis de la Implementación Técnica de la Propuesta	81
Análisis de la Implementación Económica de la Propuesta	82
Análisis de la Implementación Social de la Propuesta	84
Análisis de la Implementación Ambiental de la Propuesta	85
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>86</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>88</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>93</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Normativa legal .....	30
<b>Tabla 2.</b> Toma de muestras del agua residual del cantón Santa Rosa .....	44
<b>Tabla 3.</b> Criterios de Evaluación: Normativas.....	50
<b>Tabla 4.</b> Resultados de análisis de las muestras de aguas de ambos puntos de muestreo .....	52
<b>Tabla 5.</b> Resultados de análisis de las muestras de aguas de Julio de 2018 realizados por EMAPASR-EP .....	58
<b>Tabla 6.</b> Cuadro comparativo Entrada de Agua Residual.....	60
<b>Tabla 7.</b> Cuadro comparativo Salida Agua Tratada.....	61
<b>Tabla 8.</b> Matriz de requerimientos.....	64
<b>Tabla 9.</b> Población Futura.....	70
<b>Tabla 10.</b> Tiempo de retención hidráulica .....	73
<b>Tabla 11.</b> Ventajas y Desventajas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales... 74	
<b>Tabla 12.</b> Fases de Implementación.....	75
<b>Tabla 13.</b> Recursos logísticos .....	77
<b>Tabla 14.</b> Costo de mantenimiento anual .....	80
<b>Tabla 15.</b> Valor Actual Neto de la Propuesta .....	83
<b>Tabla 16.</b> Check list de las lagunas de oxidación .....	99
<b>Tabla 17.</b> Rejillas gruesas .....	113
<b>Tabla 18.</b> Rejillas finas .....	113
<b>Tabla 19.</b> Dimensiones del desarenador .....	114
<b>Tabla 20.</b> Medidor Parshall.....	115
<b>Tabla 21.</b> Dimensiones Lagunas Anaerobias.....	117
<b>Tabla 22.</b> Dimensión de Lagunas Facultativas .....	118
<b>Tabla 23.</b> Dimensión de Lagunas de Maduración .....	119

## INDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1.</b> Diseño preliminar de la planta de tratamiento de aguas residuales en el cantón Santa Rosa.....	69
<b>Ilustración 2.</b> Resultados de análisis de entrada de las lagunas de oxidación del cantón Santa Rosa .....	101
<b>Ilustración 3.</b> Detalles del análisis de agua .....	102
<b>Ilustración 4.</b> Resultados de análisis de salida de las lagunas de oxidación del cantón Santa Rosa .....	103
<b>Ilustración 5 .</b> Resultados de análisis de salida de las lagunas de oxidación del cantón Santa Rosa .....	104
<b>Ilustración 6.</b> Entrada Agua Residual Julio 2018 EMAPASR-EP.....	105
<b>Ilustración 7.</b> Continuación análisis Julio 2018 .....	106
<b>Ilustración 8.</b> Análisis salida Julio 2018 EMAPASR-EP .....	107
<b>Ilustración 9.</b> Continuación Análisis Salida EMAPASR-EP Julio 2018 .....	108
<b>Ilustración 10.</b> Corte transversal de las rejillas del pretratamiento .....	113
<b>Ilustración 11.</b> Vista frontal del desarenador .....	114
<b>Ilustración 12.</b> Medidor Parshall .....	115
<b>Ilustración 13.</b> Trampa grasa.....	116

## INDICE DE MAPAS

<b>Mapa 1.</b> Sectores beneficiados por las lagunas de oxidación, casco urbano, cantón Santa Rosa .....	43
<b>Mapa 2.</b> Ubicación del punto de muestreo de agua residual ENTRADA en el área de estudio.....	45
<b>Mapa 3.</b> Ubicación del punto de muestreo SALIDA de agua residual en el área de estudio .....	46
<b>Mapa 4.</b> Estaciones de Bombeo del Tratamiento de Aguas Residuales del Cantón Santa Rosa .....	47

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo A.</b> Primera estación de bombeo de las lagunas de oxidación del cantón Santa Rosa .....	93
<b>Anexo B.</b> Segunda Estación de Bombeo de las lagunas de oxidación del cantón Santa Rosa .....	94
<b>Anexo C.</b> Control Biológico .....	95
<b>Anexo D.</b> Lagunas de oxidación .....	96
<b>Anexo E.</b> Cuerpo receptor “Estero 3 bocas” .....	97
<b>Anexo F.</b> Toma de muestras de aguas residual .....	98
<b>Anexo G.</b> Check List.....	99
<b>Anexo H.</b> Análisis de laboratorio: Entrada agua Residual.....	101
<b>Anexo I.</b> Análisis laboratorio: Salida a cuerpo receptor .....	103
<b>Anexo J.</b> Análisis otorgados por EMAPASR-EP de Julio de 2018.....	105
<b>Anexo K.</b> Análisis Salida Cuerpo Receptor EMAPASR-EP Julio 2018 .....	107
<b>Anexo L.</b> Envío de muestras al Laboratorio Grupo Químico Marcos .....	109
<b>Anexo M.</b> Entrevista a autoridades y trabajadores de EMAPASR-EP .....	110
<b>Anexo N.</b> Visitas a la empresa EMAPASR-EP .....	111
<b>Anexo O.</b> GPS.....	112
<b>Anexo P.</b> Rejillas de la PTAR.....	113
<b>Anexo Q.</b> Desarenador .....	114
<b>Anexo R.</b> Medidor Parshall.....	115
<b>Anexo S.</b> Trampa grasa .....	116
<b>Anexo T.</b> Lagunas Anaerobias .....	117
<b>Anexo U.</b> Lagunas Facultativas.....	118
<b>Anexo V.</b> Lagunas de Maduración.....	119

## INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales son provenientes de las distintas actividades antropogénicas, alterando la composición y características del agua. Las aguas residuales urbanas comprenden los desechos líquidos domésticos de las municipalidades, necesariamente deben ser tratadas para su descarga, la falta de depuración de agua contamina el recurso hídrico, tornándolo no disponible para otros usos. (América, 2008)

En la antigüedad, las comunidades no realizaban ningún tratamiento en las aguas residuales, sin embargo, siempre fueron una de las mayores molestias en el entorno, buscando la manera de resolver este problema fueron encontrando alternativas que ayudarían a la depuración de las aguas. A finales del siglo XX procesos para el tratamiento de aguas residuales tuvieron acogida en las urbanizaciones, no obstante, se cree que los orígenes de estos procesos vienen de la antigua Grecia, donde utilizaban un sistema de letrinas para depositar las aguas residuales fuera de las poblaciones y así utilizarlas como fertilizante para sus cultivos. (Lopez, Buitrón, García, & Cervantes, 2017)

Se especula que el 80% de las aguas residuales del mundo son vertidas directamente a cauces receptores que terminan en el mar sin recibir un tratamiento. La falta de planificación de los gobiernos en la toma de decisiones sobre protección y conservación de cuerpos de agua ha producido un aumento en la contaminación hacia ellos (OMS & Unicef, 2015).

En Ecuador, existe información alarmante sobre las aguas residuales, cumpliendo solo el 12% de las aguas utilizadas en este territorio reciben un tratamiento previo a su descarga, la demás población incluyendo industrias, no incluyen un tratamiento en sus aguas residuales, ocasionando un impacto a la calidad ambiental y perjudicando la salud poblacional. (SENAGUA, 2016)

La Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado del cantón Santa Rosa, es responsable del tratamiento de las aguas residuales del mismo cantón, beneficiando al casco urbano, con aproximadamente 61,205 personas que hacen uso de este servicio. Para determinar el Diagnóstico Ambiental Biológico de esta planta, se realizaron análisis de tres parámetros esenciales para comprobar la calidad microbiológica de el agua;

Coliformes fecales, Coliformes totales y Escherichia Coli, que fueron realizados en el Laboratorio Grupo Químico Marcos de la ciudad de Guayaquil. Así mismo, se utilizaron diferentes herramientas e instrumentos metodológicos como la entrevista, la observación, el Check list para comprender las falencias por las que atraviesa la Planta.

El proyecto tiene como finalidad determinar el índice bacteriológico en las descargas de aguas residuales mediante análisis de laboratorio, el cumplimiento de normativa ambiental concerniente a los límites máximos permisibles y proponer un sistema de tratamiento de los efluentes adecuados previo a la descarga de aguas residuales.

Para la comprensión del presente Proyecto Integrador se desglosó la información por 3 importantes capítulos:

En el Capítulo I se realizó un Análisis del trabajo realizado, se establecieron concepciones y normas del objeto estudiado, se realizó un enfoque diagnóstico para determinar el enfoque investigativo y tipo de investigación que tuvo lugar todo el proyecto, además del proceso donde se llevó a cabo el estudio y los resultados que se obtuvieron mediante análisis de agua de los parámetros anteriormente mencionados, como siguiente punto del capítulo “Diagnóstico del objeto de Estudio” se realizó el análisis de contexto y matriz de requerimiento, que dan apertura a los problemas y posibles soluciones dentro de las lagunas de oxidación del cantón Santa Rosa y para finalizar se realizó la justificación del proyecto presentado.

Para el Capítulo II denominado “Propuesta Integradora”, se detalla el posible diseño para solucionar el problema estudiado y que surgió de acuerdo al Diagnóstico Ambiental Bacteriológico en el sistema de tratamiento de aguas residuales, los objetivos de dicha propuesta y para fundamentarla se realizaron también los componentes estructurales, las fases de implementación y recursos logísticos necesarios para la ejecución de la propuesta planteada.

Como III y último capítulo tenemos la “Valoración de la Factibilidad” el que comprende el análisis técnico, económico, social y ambiental de la implementación de la propuesta.

## **CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO DEL OBJETO DE ESTUDIO**

### **Concepciones, Normas o Enfoques Diagnósticos**

#### ***Concepciones***

##### ***Sistema de alcantarillado***

Entendemos por sistema de alcantarillado a una serie de redes de tuberías hidráulicas y complementarias necesarias para recibir, conducir y evacuar las aguas residuales y los escurrimientos superficiales producidos por las lluvias. (Sánchez, Segura, & Araceli, 2005).

##### ***Planta de Tratamiento de Aguas Residuales***

En el libro Fundamentos del Medio Ambiente de (Encinas, 2009), una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales es un sistema que transforma las aguas residuales a un agua con características apropiadas para descargarlas a un cuerpo receptor. También se le denomina Estación Depuradora de Aguas Residuales y tiene como objetivo reducir la contaminación del origen al que fue creada.

El tratamiento de aguas residuales es un proceso de aguas contaminadas, que a su vez incorpora procesos físicos, químicos y biológicos presentes en el agua efluente, cuyo objetivo es producir agua limpia o efluente tratado, que puede ser reutilizado según sus parámetros de calidad un residuo para futuros propósitos o recursos (Chavez lizet, 2011).

##### ***Aguas residuales***

Las aguas residuales como lo menciona (Baron, 2009) son materiales derivados de residuos domésticos o de procesos industriales, por razones de higiene, salud y recreación no pueden usarse y desecharse una vez utilizadas si no darles un previo tratamiento antes de su vertido a la fuente natural de donde fue tomada. Los materiales inorgánicos, sedimentos y otros residuos se pueden eliminar por métodos mecánicos y químicos; sin embargo, si el material que debe ser eliminado es de naturaleza orgánica, el tratamiento implica a microorganismos que pueden oxidar la materia.

El estilo de vida de la población, actualmente es demandante en todos los aspectos, las industrias son la que mayor vertido de aguas residuales sin tratar descarga a los cuerpos de agua, por ello, es necesario la protección del medio ambiente mediante un tratamiento adecuado. (Qarani & Mohammed, 2017)

### ***Aguas residuales domésticas***

Son provenientes de los domicilios de los habitantes, principalmente contiene heces fecales, y orina, desechos líquidos y sólidos de los seres humanos. Además de sustancias usadas para la limpieza y alimentación, de las actividades diarias de la comunidad (López & Martín, 2015). La distribución de agua doméstica y la gestión de aguas residuales representan desafíos importantes en los países en desarrollo. (Liefländer, Fremery, & Bogner, 2016)

### ***Lagunas aireadas***

Según (Ferrer, Seco, & Robles, 2018) las lagunas aireadas son estanques entre 1 o 4 metros de profundidad, con una base impermeable naturalmente o se ha impermeabilizado con arcillas o láminas de polietileno que contienen agitadores superficiales que suministran oxígeno en los cuales el agua residual circula constantemente.

La aireación es un componente fundamental del tratamiento biológico aeróbico de las aguas residuales, ya que permite a los microorganismos poblar las aguas residuales y consumir contaminantes no deseados. (Therrien, PeterVanrolleghem, & Dorea, 2019)

### ***Lagunas de oxidación***

La clasificación más frecuente de las lagunas de estabilización se basa en el dominio relativo de uno de los dos procesos (anaerobio y aerobio) de eliminación de la materia orgánica, así lo indica (Ferrer, Seco, & Robles, 2018)

### ***Calidad de agua***

La calidad de agua nos permite valorar varios índices y parámetros ya sean físicos, químicos o microbiológicos, todo dependerá del uso que se le dé a ese cuerpo sea industrial, agrícola o doméstica.

(Sierra, 2011) define a la calidad de un ambiente acuático como:

- i) Una lista de concentraciones, especificaciones y aspectos físicos de sustancias orgánicas e inorgánicas, y
- ii) La composición y el estado de la biota acuática presente en el cuerpo de agua. La calidad presenta variaciones espaciales y temporales debido a factores externos e internos al cuerpo de agua.

### ***Microorganismos***

Los microorganismos son organismos unicelulares tales como bacterias, protozoos, hongos, virus y priones. Algunos de los microorganismos beneficiosos que viven en un

cuerpo de agua o sobre las rocas, metabolizan ciertos cuerpos contaminantes y purifican el agua como lo indica (Reutelshöfer, 2015).

### ***Coliformes***

Son bacterias que generalmente están en los seres vivos, y en el suelo, estas indican contaminación en el agua por aguas servidas o algún elemento en descomposición.

Comúnmente los coliformes se encuentran en la superficie del agua, o se depositan por acción de la decantación en el fondo formando lodos. Son nocivos a la salud humana ya que pueden contraer enfermedades, perjudicando la salud de los pobladores (Ramos, Ortega, Vilarly, & Saavedra, 2008).

Para la evaluación de las condiciones sanitarias del agua, se utilizan bacterias del grupo de coliformes, cuya presencia en el medio acuático configura un potencial indicador de contaminación, así como el riesgo de la presencia de organismos patógenos. (Silveria, Branco, Godefroid, & Silva, 2018)

Los coliformes termotolerantes son un grupo pequeño de organismos que se ven representados por *E. coli*, *Citrobacter freundii* y *Klebsiella pneumoniae*, siendo estas dos últimas menos frecuentes pues su origen usualmente es ambiental. Los coliformes termotolerantes integran el grupo de coliformes fecales, pero se diferencian de estos ya que son de índole positivo y su temperatura óptima de crecimiento puede llegar hasta 45 °C, la presencia de estos microorganismos nos indica contaminación fecal sea de origen humana o animal, encontrándose en sus heces. (Murrell & Adina, 2016)

En el Ecuador, muchas comunidades dependen del agua superficial no tratada como la principal fuente de agua potable y estas se encuentran contaminadas con *coliformes fecales* y *Escherichia coli*.

La ingestión de agua contaminada representa uno de los principales causantes de enfermedades gastrointestinales en humanos y se ha descrito que en los países en desarrollo *E. coli* causa el 40% de las diarreas en niños menores de 5 años. Se calcula que anualmente mueren 2.5 millones de niños por diarreas a nivel mundial. En el Noreste de Ecuador la prevalencia de *E. coli* es de 8 personas infectadas por cada mil personas. (León, Pernía, Sigüencia, Franco, & Noboa, 2018)

#### **- *Coliformes totales (CT)***

Los coliformes totales sé cómo bacterias Gram negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa a temperatura de 35 a 37 °C, producen ácido y gas (CO) en 24 h, son aerobias

o anaerobias facultativas, oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática  $\beta$ -D-galactosidasa. Entre ellas se encuentran *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella*. (Murrell & Adina, 2016)

Según la Normativa para realizar la comparación del parámetro coliformes totales y determinar la calidad microbiológica de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del cantón Santa Rosa, Tomada de la República Dominicana en “Descargas de agua residual municipal en aguas superficiales y subsuelo” señala como Límite Máximo Permisible 1000 NMP/100ml (MAE, 2012).

#### - *Coliformes fecales (CF)*

Los coliformes fecales son indicadores de presencia de heces fecales producidas por los organismos vivos, la acumulación excesiva del mismo se presenta como impacto ambiental negativo en cuerpos de agua, es necesario la realización de un tratamiento para minorar sus niveles y que su descarga cumpla con las normas establecidas en la ley.

(Mora & Calvo, 2010) mencionan la importancia de los análisis sobre coliformes fecales en aguas que son destinadas a cuerpos de agua, indicando que niveles elevados a los límites máximo permisibles señalan contaminación y alto contenido de patógenos y virus nocivos para los organismos vivos.

Según La Legislación Ecuatoriana el Límite de descarga a un cuerpo de Agua dulce es de 2000 NMP/100ml, además esta norma indica la prohibición de la descarga a un cuerpo de agua dulce por parte de un efluente que no ha tenido un previo tratamiento para su desinfección. (MAE, 2015).

#### *Escherichia coli*

La bacteria *Escherichia coli* ha sido muy estudiada, y aún no se conoce exactamente su comportamiento en diversos hábitats, se lo considera como uno de los parámetros para determinar la calidad microbiológica del agua ya que es un indicador de contaminación fecal.

Su existencia en las aguas residuales se debe a que vive en el intestino de la mayoría de los seres vivos, por lo tanto, al ser descargada por el ser humano mediante las heces fecales, llega hacia las aguas residuales. La temperatura en la que se desenvuelve es esencial para su supervivencia y adaptación, en el agua, situaciones como la luz solar y la cantidad de nutrientes que tenga son fundamentales para determinar el estado en que la bacteria puede sobrevivir, si cuenta con las herramientas necesarias establecerá su estado “activo” que es denominado morfogenético, sino se encuentra en las condiciones óptimas

pasara a su estado “dormido” o de latencia que funciona hasta encontrar un hábitat favorable. (Benítez, 2013)

Actualmente existen 6 cepas enteropatógenas de esta clase y las mencionan (Ríos, Agudelo, & Gutiérrez, 2017) :

- E. Coli Enterohemorrágica
- E. Coli Enterotoxígena
- E. Coli Enteroinvasiva
- E. Coli Enteroagregativa
- E. Coli de adherencia difusa
- E. Coli Enteropatógena

### ***Bacterias***

Las bacterias son microorganismos unicelulares que tienen la propiedad de poder multiplicarse con enorme rapidez. (Kuczynski, 2017)

Algunas de las bacterias responsables de causar enfermedades en los humanos son difíciles de identificar en las muestras de agua, ya sea por su presencia en pequeñas cantidades o por el costo y el tiempo necesarios para obtener resultados. (Thiago, Augusto, Rosado, Junior, & Marcos, 2018)

### ***Bacterias Benéficas***

Son bacterias que resultan una gran opción para el tratamiento de aguas residuales, se utilizan para reducir la carga orgánica del agua, reduce el impacto ambiental y los malos olores, conforma ser un método económico y viable para la eficiencia del tratamiento. (Pimentel, Flores, Alfaro, & Villareal, 2017)

### ***Agentes Patógenos***

Según (Kuczynski, 2017) nos indica que agentes patógenos se refiere a todo agente u organismo que puede producir enfermedad o daño a la biología y al normal funcionamiento de un animal o vegetal.

### ***Calidad microbiológica del agua***

La calidad microbiológica del agua está determinada por diferentes organismos que establecen la presencia de patógenos en el agua y son provenientes de tracto intestinal, la flora saprófita intestinal de humanos o animales.

Las más importantes en esta sección microbiológica son las siguientes:

- Coliformes totales
- Coliformes fecales

- *Escherichia Coli*

Su presencia indica contaminación por materia orgánica fecal y precisa de tratamiento de desinfección para que el agua pueda ser utilizada en diferentes procesos que se requiera (Ríos, Agudelo, & Gutiérrez, 2017).

### ***Tratamiento Biológico***

El tratamiento Biológico es un proceso que se realiza al agua para tratar de mejorar las características microbiológicas en las que se encuentra.

Por lo general, el tratamiento biológico es un tratamiento secundario que, elimina la materia biodegradable mediante microorganismos vivos, se realiza mediante un proceso con reacciones de catabolismo y anabolismo denominado “bioquímico” y otro de decantación que se lo conoce como “físico-químico” (Orozco, 2011).

### ***Bacteria BACTHER C-W***

La Bacteria Bacter C-W corresponde a un cultivo microbiano mixto, es una bacteria benéfica que posee diferentes componentes como: Bacterias fotosintéticas, bacterias ácido lácticas, actinomicetos, levaduras, etc. La producción y consumo de productos libres de químicos, que con el tiempo pueden formarse contaminantes ha suscitado una gran demanda en el mercado general. Los productores buscan alternativas saludables y amigables con el medio ambiente, además que sea efectivas y económicas.

La función de Bacter C-W según (Cruz, s.f) es la degradación de la materia orgánica con rapidez, reduce la actividad de patógenos, descarta gases tóxicos y reduce la contaminación del agua ya que en sus funciones está la proteólisis, nitrificación y la fosforeducción.

Entre sus usos está la aplicación en:

- Camaroneras y piscicultura: que sirve para reducir los microorganismos patógenos que contribuyen a la afectación de la producción.
- En el manejo de desechos orgánicos sólidos en la que actúa evitando la oxidación en la descomposición de la materia orgánica, evitando así la emisión de gases y de malos olores
- Producción animal: Asimismo reduce los microorganismos que causan la emisión de gases y malos olores de las heces fecales y orina de los animales de corral

y potreros, además de ayudar con el aumento de peso a los animales al consumir la bacteria.

- Agricultura: Ayuda a proliferar la biodiversidad microbiana en el suelo benéfica para los cultivos y generando una agricultura sostenible.

- *Tratamiento de Aguas servidas:* La bacteria benéfica BACTHER C-W acelera el proceso de descomposición de la materia orgánica inmersa en las aguas residuales, el proceso consiste en aplicar la bacteria a través de los drenajes de alcantarillado, una vez que se encuentra en los pozos o lagunas sigue con sus funciones hasta la descarga, transformando la materia orgánica, reduciendo valores de DBO y DQO, reduciendo los malos olores y lodos generados por la sedimentación e incrementa el oxígeno disuelto en el agua.

### ***Límites Máximos Permisibles***

Según (Organismo de Evaluación y Fiscalización, 2014) manifiesta que:

Los Límites Máximos Permisibles (LMP) son niveles establecidos de parámetros físicos, químicos o biológicos en la concentración de una sustancia y que al sobrepasar estos límites puede causar daños severos al ambiente o a los seres humanos.

### ***Fuente de agua***

La (OMS, 2016) indica que las fuentes de agua o agua cruda conocida mundialmente incluyen; agua subterránea, agua de lluvia y varios tipos de fuentes de agua superficial, tales como ríos, lagos, estanques, arroyos, canales de riego, agua de mar y reservorios construidos. Para la compensación del agua, debe tomarse en cuenta la calidad, cantidad y precio de compensación del agua para las áreas de fuentes de agua en las cuencas hidrográficas para confirmar sus respectivos derechos y obligaciones. (Yanxiang, Shuyam, Feifei, & Lijuan, 2014)

El agua arrastra y concentra contaminantes, compuestos químicos y materia orgánica producida en los diferentes procesos; por esta razón, si el efluente no es tratado de una forma adecuada puede aportar un alto impacto ambiental al recurso agua (Merizalde & Cabrera, 2019)

### ***Diseño para sistema de tratamiento de aguas residuales***

El principio de PTAR es asemejarse al proceso de la naturaleza, el agua puede purificarse así mismo, no obstante, si la contaminación no supera los límites. Si se trata de pequeñas

contaminaciones los propios microorganismos mediante su metabolismo purifican el agua (Reutelshöfer, 2015).

### ***Pretratamiento***

El pretratamiento consiste en tres esenciales pasos:

- ***Rejilla***

Consiste en la retención de sólidos gruesos, textiles, rocas, plásticos, basura, etc. Que son causantes de la obstrucción de las alcantarillas. Mediante una rejilla permite el paso del agua sin ningún componente y continuar con los procesos de la PTAR (Reutelshöfer, 2015).

La (Comisión Nacional Del Agua, 2015) explica que las rejillas suelen tener de 25 a 50 mm de paso, una inclinación de entre 30 y 45 grados. Si la limpieza de las rejillas no se realiza constantemente, causará una acumulación y puede provocar un problema en el flujo del agua y minorar la eficiencia de retención de sólidos.

Existen también rejillas de limpieza automática y el espacio entre reja va entre 6 y 38 mm y de 0 a 30 grados de inclinación. Sirve para reducir costos de personal.

- ***Desarenador***

Se encuentra ubicado después de las rejillas. Debe tener gran profundidad para que el proceso de sedimentación sea eficiente, es necesario la limpieza continua para que la operación del desarenador no se vea afectada (Reutelshöfer, 2015).

Son generalmente partículas superiores a 0,2 mm. Su principal objetivo es aislar el agua cruda con la arena y las partículas gruesas en suspensión (Organización Panamericana de la Salud, 2005).

- ***Trampa de grasa***

(Reutelshöfer, 2015) expresa que es un proceso que consiste en la detección de objetos flotantes, el agua atraviesa por debajo del sistema mientras que en la superficie se retiene la grasa.

Previene el taponamiento de las tuberías, aceites y grasas incluyen derivados del petróleo, aceite vegetal y animal u otros materiales extraídos por el solvente (Hernández & Sánchez, 2015).

### ***Sistema de lagunas***

#### ***- Lagunas Anaerobias***

Las lagunas anaerobias prometen ser una alternativa viable para una fase de tratamiento de aguas residuales, los costos de inversión y operación de este proceso son más económicos que las aerobias y el sistema de lodos activados. Además, certifica el tratamiento en resultado de un agua tratada en disminución a la producción de lodos.

No necesita alto consumo de energía como las aerobias, tiene eficiencia y no requiere de equipo sofisticado.

Según estudios, este sistema es propicio para todo tipo de clima, amplía su eficiencia en climas tropicales y subtropicales, con temperaturas mayores a 20°C, aunque a menor temperatura, se ha determinado que el tratamiento sigue siendo seguro. (Torres, 2012)

#### ***- Laguna Facultativa***

Existen dos tipos de laguna facultativa, a las que ingresa el agua del pretratamiento y las que reciben el agua que ha sido sedimentada.

Contienen algas que proporcionan oxígeno, la presencia de estas es beneficiar el proceso, ayuda a la oxigenación porque por presencia de los rayos solares realizan fotosíntesis, por ésta razón, tienen un color verde. El objetivo principal de esta laguna es la eliminación de la carga orgánica.

Entre sus características están: Generalmente son rectangulares y tienen una altura de más o menos 2 metros (Reutelshöfer, 2015).

#### ***- Laguna de Maduración***

La última laguna del sistema de lagunas es la de maduración, ayuda a la eliminación de coliformes que causan enfermedades a los seres humanos. Para este proceso, es necesaria la radiación ultravioleta, por esta razón, la profundidad de estas lagunas es poca, máximo de 1 a 1,5 metros, para que los rayos puedan llegar hasta el fondo y completar la función de purificación de la carga orgánica, eliminando microorganismos y bacterias. Se calcula alrededor de 8 días en esta laguna para que el proceso de desinfección sea óptimo (Reutelshöfer, 2015).

### ***Caudal***

Es la cantidad de agua que fluye a través de un transepto. Para la medición del caudal se usa el término “Aforar” y se distingue en dos tipos:

- Aforos directos: Mediante un dispositivo se mide directamente
- Aforos indirectos o continuos: Se pide el nivel del cauce y a partir de ahí se estima el caudal. (Sánchez, 2013)

### ***Proceso de coagulación***

Es agregar al agua residual sustancias que permitan la sedimentación de la materia coloidal que no se precipita, o la aceleración de este proceso mediante la formación de flóculos. Se añaden aditivos químicos los cuales cumplen la función de darle estabilidad al sistema mediante las cargas eléctricas que poseen.

Según Schultze-Hardy citado por (Cabrera, Fleites, & Contreras, 2009) proyecta que los coagulantes deben contener carga positiva, lo contrario al ion que contiene el agua residual que, en su mayoría son negativas.

Los coagulantes más utilizados en el tratamiento de aguas son; coagulantes inorgánicos, polímeros sintéticos orgánicos y coagulantes biopolímeros naturales. (Litti, y otros, 2017)

Entre los más conocidos se encuentran: La alumina de fórmula  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  y el cloruro férrico  $Cl_3 Fe$ .

### ***Tensoactivos***

También llamados surfactantes, como los denomina (Orozco, 2011) en su libro “Contaminación Ambiental: Una visión desde la química” “los agentes tensoactivos son compuestos orgánicos que rebajan la tensión superficial del agua”.

Para determinar su presencia, realizan un análisis llamado “Agentes Tensoactivos al Azul de Metileno” por lo que algunas normativas lo han denominado así.

## Normativa

**Tabla 1.** Normativa legal

**CONSTITUCIÓN DE LA  
REPÚBLICA DEL  
ECUADOR**

---

Art. 72.- La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de Indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados

---

Capítulo noveno: Responsabilidades

Art. 83.- Son deberes y responsabilidades de las ecuatorianas y los ecuatorianos, sin perjuicio de otros previstos en la Constitución y la ley:

6. Respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible.

---

Art. 264.- Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley:

4. Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley.

---

---

Art. 397.- En caso de daños ambientales el Estado actuará de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas. Además de la sanción correspondiente, el Estado repetirá contra el operador de la actividad que produjera el daño las obligaciones que conlleve la reparación integral, en las condiciones y con los procedimientos que la ley establezca. La responsabilidad también recaerá sobre las servidoras o servidores responsables de realizar el control ambiental. Para garantizar el derecho individual y colectivo a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, el Estado se compromete a:

2. Establecer mecanismos efectivos de prevención y control de la contaminación ambiental, de recuperación de espacios naturales degradados y de manejo sustentable de los recursos naturales.

---

**CÓDIGO ORGÁNICO  
DEL AMBIENTE**

Artículo 196.- Tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales.

Cuando las aguas residuales no puedan llevarse al sistema de alcantarillado, su tratamiento deberá hacerse de modo que no perjudique las fuentes receptoras, los suelos o la vida silvestre.

---

---

## CAPÍTULO V

### CALIDAD DE LOS COMPONENTES ABIÓTICOS Y ESTADO DE LOS COMPONENTES BIÓTICOS

Artículo 191.- Del monitoreo de la calidad del aire, agua y suelo.

La Autoridad Ambiental Nacional o el Gobierno Autónomo Descentralizado competente, en coordinación con las demás autoridades competentes, según corresponda, realizarán el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, agua y suelo, de conformidad con las normas reglamentarias y técnicas que se expidan para el efecto.

---

## CAPÍTULO II INSTITUCIONALIDAD Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

Artículo 18.- Competencias y atribuciones de la Autoridad Única del Agua. Las competencias son:

1) Establecer mecanismos de coordinación y complementariedad con los Gobiernos Autónomos Descentralizados en lo referente a la prestación de servicios públicos de riego y drenaje, agua potable, alcantarillado, saneamiento, depuración de aguas residuales y otros que establezca la ley;

---

---

**LEY ORGÁNICA DE  
RECURSOS HÍDRICOS,  
USOS Y  
APROVECHAMIENTO  
DEL AGUA**

**CAPÍTULO II INSTITUCIONALIDAD Y GESTIÓN  
DE LOS RECURSOS HÍDRICOS**

Artículo 38.- Prohibición de autorización del uso o aprovechamiento de aguas residuales. La Autoridad Única del Agua no expedirá autorización de uso y aprovechamiento de aguas residuales en los casos que obstruyan, limiten o afecten la ejecución de proyectos de saneamiento público o cuando incumplan con los parámetros en la normativa para cada uso

---

**CAPÍTULO VI GARANTÍAS PREVENTIVAS**

Artículo 80.- Vertidos: prohibiciones y control. Se consideran como vertidos las descargas de aguas residuales que se realicen directa o indirectamente en el dominio hídrico público. Queda prohibido el vertido directo o indirecto de aguas o productos residuales, aguas servidas, sin tratamiento y lixiviados susceptibles de contaminar las aguas del dominio hídrico público.

---

**CAPÍTULO VI GARANTÍAS PREVENTIVAS**

Artículo 81.- Autorización administrativa de vertidos. La autorización para realizar descargas estará incluida en los permisos ambientales que se emitan para el efecto. Los parámetros de la calidad del agua por ser vertida y el procedimiento para el otorgamiento, suspensión y revisión de la autorización, serán regulados por la Autoridad Ambiental Nacional o acreditada, en coordinación con la Autoridad Única del Agua.

---

---

**PLAN NACIONAL DEL  
DESARROLLO 2017-  
2021**

Eje 1: Derechos para Todos Durante Toda la Vida  
Objetivo 3: Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones

---

**TEXTO UNIFICADO DE  
LEGISLACIÓN  
SECUNDARIA DEL  
MINISTERIO DEL  
AMBIENTE. ACUERDO  
097 A**

Anexo 1 Libro 6:  
Tabla 9 de limitaciones de descarga a cuerpos de agua dulce.  
Coliformes fecales 2000 NMP/100

---

NORMA CO 10.07 - 601 NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES

DÉCIMA PARTE (X)

SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El objetivo fundamental de estas normas es proporcionar al Ingeniero Civil relacionado con la Ingeniería Sanitaria un conjunto de criterios básicos de diseño para el desarrollo de proyectos de abastecimiento de agua potable y de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales en el Ecuador. En muchos casos y de acuerdo a lo indicado en cada uno de ellos, estos criterios son simples recomendaciones. En otros, sin embargo, se pide su cumplimiento para garantizar que un sistema funciones de acuerdo a lo diseñado.

**CÓDIGO  
ECUATORIANO DE LA  
CONSTRUCCIÓN DE**

---

---

**PARTE IX OBRAS  
SANITARIAS**

**NORMA CO 10.7 - 602 NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL**

El alcance de esta norma es de carácter nacional. Todas las instituciones públicas o privadas, concejos municipales, consejos provinciales, empresas o juntas de agua potable y alcantarillado y otras instituciones que tengan a su cargo, o que contraten el diseño o fiscalización de proyectos de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos, deberán cumplir obligatoriamente las DISPOSICIONES de esta norma. Los proyectos que no cumplan estas DISPOSICIONES no podrán ser aprobados por el Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias ni por las instituciones que otorgan créditos para la construcción de obras sanitarias, tanto a nivel nacional como a nivel internacional.

---

**NORMA AMBIENTAL  
SOBRE CONTROL DE  
DESCARGAS A AGUAS  
SUPERFICIALES,  
ALCANTARILLADO  
SANITARIO Y AGUAS  
COSTERAS**

Norma De Calidad Del Agua Y Control De Descargas  
AG-CC-01

Tabla 5.1 Descarga de agua residual municipal en aguas superficiales y el subsuelo

Coliformes Totales 1000 NMP/100ml

**REPÚBLICA  
DOMINICANA**

---

<p><b>RÉGIMEN JURÍDICO DE LA REUTILIZACIÓN DE LAS AGUAS DEPURADAS EN ESPAÑA</b></p>	<p>ANEXO I.A: CRITERIOS DE CALIDAD PARA LA REUTILIZACIÓN DE LAS AGUAS SEGÚN SUS USOS</p> <p>Calidad 4.2</p> <p>a) Estanques, masas de agua y caudales circulantes ornamentales, en los que está impedido el acceso del público al agua.</p> <p>Escherichia Coli 10,000 NMP/100ml</p>
<p><b>LÍNEA DE INVESTIGACIÓN  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA</b></p>	<p>Domino: Bioconocimiento y recursos naturales sostenibles</p> <p>1) Estudio, manejo y aprovechamiento de recursos naturales</p>

**Fuente:** Cuerpo legal de Ecuador, República Dominicana y España

**Elaboración:** Las autoras

## **Enfoques diagnósticos**

El proyecto investigativo tiene un enfoque mixto cuali-cuantitativo, relacionando ambos métodos para la construcción de los resultados, en primera instancia se entrevistó al técnico encargado de las lagunas de oxidación del Cantón Santa Rosa proporcionando información sobre el funcionamiento del tratamiento aerobio y brindando análisis de resultados de laboratorio hechos con anterioridad que sirvieron para realizar las comparaciones necesarias con las tablas que establece el organismo de control y los nuevos resultados donde se obtuvo cifras de los parámetros actualizados de la calidad microbiológica con la que es descargada el agua que llega a la laguna de tratamiento constatando si el método aplicado para la depuración del efluente está siendo efectiva.

Se realizó una lista de chequeo para verificar si el tratamiento actual cumple con las características necesarias que son requeridas por la autoridad nacional encargada de regular estos procesos.

Los tipos de investigación utilizados tenemos:

- ***Investigación aplicada:***

Dado que se realizaron muestreos de parámetros como coliformes fecales, coliformes totales y escherichia coli, nos permitió conocer si los métodos aplicados en las lagunas para el tratamiento de las aguas residuales están siendo correctos para su descarga al cuerpo de agua receptor como indica la normativa nacional e internacional.

- ***Investigación documental:***

Se recopilaron los datos requeridos mediante libros, revistas científicas indexadas, artículos científicos, para poder visibilizar la información que no se puede determinar en el campo.

- ***Investigación de campo:***

Mediante las visitas in situ a la planta de tratamiento de aguas residuales se verifico si cumple o no con lo requerido para que su funcionamiento sea eficiente, además utilizamos la metodología: Guía para la toma de muestras de agua residual de Bolivia, instructivo INT/SFA/12 instructivo para toma de muestras de aguas de (Agrocalidad, 2015).

***Investigación correlacional:*** Se busca la relación existente entre los parámetros establecidos por la autoridad ambiental y los resultados que nos determinen los análisis

realizados para descargas a un cuerpo de agua dulce ANEXO I LIBRO VI del TULSMA, como legislación nacional, además relacionamos los parámetros no establecidos con normativas internacionales; NORMA AMBIENTAL SOBRE CONTROL DE DESCARGAS A AGUAS SUPERFICIALES, ALCANTARILLADO SANITARIO Y AGUAS COSTERAS REPÚBLICA DOMINICANA y RÉGIMEN JURÍDICO DE LA REUTILIZACIÓN DE LAS AGUAS DEPURADAS DE ESPAÑA.

\* Se tomó la normativa española como indicador bibliográfico del parámetro *escherichia coli* para realizar el diagnóstico ambiental bacteriológico.

## **Descripción del Proceso de Diagnóstico**

Santa Rosa es un cantón de la provincia de El Oro, que limita al norte con el Océano Pacífico y los cantones Machala y Pasaje, al sur con los cantones Arenillas y Piñas, al Este con el Cantón Atahualpa y al Oeste con el cantón Arenillas y el Océano Pacífico. cuenta con una extensión de 825,04 Km<sup>2</sup> y una altura promedio de 13 msnm.

De relieve plano y un tipo de suelo arcilloso, pero de poco grosor, por lo que cuando las lluvias son intensas este se satura fácilmente, destacándose extensivamente el entisol, un tipo suelo con presencia de muchas sales, su temperatura oscila entre 24 y 26 C (PDyOT, 2014).

El Tratamiento de Aguas Residuales que beneficia a 61,205 habitantes cuenta con dos estaciones de bombeo que se encuentran ubicadas en el casco central del Cantón Santa Rosa, una en el centro de la ciudad que recolecta las aguas residuales del sur de la ciudad y centro para posteriormente recorrer hasta el norte uniéndose todos los puntos del casco urbano a ser tratados. **(Ver anexo A y B)**

El estudio de las aguas residuales es importante para determinar la calidad hídrica y ambiental de un sector. Santa Rosa cuenta con un Tratamiento biológico en donde se depositan las aguas negras y grises del casco urbano de la ciudad.

Para determinar este proceso, se utilizó la investigación de (Cedeño & León-Wong, 2018) en su proyecto “Eficiencia del Tratamiento de Aguas Residuales del casco urbano del cantón Santa Rosa para la conservación del agua” y una visita in situ para conocer el recorrido de las aguas, el tratamiento y su descarga.

El tratamiento de Aguas Residuales del cantón Santa Rosa es constituida de 3 partes fundamentales:

- Dos estaciones de bombeo **(Ver Anexo A Y B)**
- Las lagunas de oxidación **(Ver Anexo D)**

En la primera estación de bombeo, que se encuentra en la parte céntrica de la ciudad recoge las aguas residuales de la parte sur del cantón, contiene 80 m<sup>3</sup> de capacidad y 15m de profundidad.

Luego, mediante tuberías, éstas aguas son transportadas a la segunda estación de bombeo que se encuentra en la parte Norte de la ciudad donde se juntan las aguas de la primera estación de bombeo y del norte, que han sido utilizadas en el casco urbano del cantón Santa Rosa. La capacidad de la segunda estación de bombeo de Aguas Residuales del cantón Santa Rosa es de 530 m<sup>3</sup> de agua y tiene una profundidad de 18m

Para la degradación de la materia orgánica, se aplica bacterias benéficas con el nombre de Bacter C-W (**Ver Anexo C**) que son mezcladas con melaza y agua, esperan que se maduren y se inyecta a cada estación de bombeo 10 litros al día. El objetivo de estas bacterias es disminuir la carga orgánica en las aguas y reducir los malos olores. Una vez aplicada las bacterias, el agua recorre por tuberías hasta las lagunas de oxidación, donde reposa de 7 a 10 días para su descarga. Su ubicación es vía Puerto Jelí a 1,5 kilómetros del cantón, consta de dos lagunas de oxidación de 4 hectáreas cada una, 1,30 m de alto y 38 mil m<sup>3</sup> cúbicos de capacidad, entran 110 litros/segundo, en la actualidad una se encuentra en mantenimiento, por lo tanto, el tratamiento de las aguas es encargada por una sola laguna. Luego del tratamiento que se realiza mediante las bacterias ya mencionadas, el agua tratada se descarga al estero “3 bocas” ubicado al costado de las lagunas de oxidación.

### ***Metodología***

Las técnicas aplicadas para realizar el diagnóstico ambiental bacteriológico dentro de nuestra investigación fueron las siguientes:

- ***Observación:***

Se programaron visitas al sector para establecer los puntos de muestreo, además se recorrió el estero “Tres bocas” donde es descargado el efluente posterior a su tratamiento determinando que este cuerpo de agua sirve para descargas de aguas servidas y de alcantarillado de la ciudad de Santa Rosa (**Ver anexo E**).

- ***Entrevista:***

Mediante diálogos con las autoridades que laboran dentro de la EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE SANTA ROSA se despejaron algunas interrogantes acerca del tratamiento que recibe el agua residual en el Cantón. (**Ver anexo M**)

- ***Documental:***

La revisión bibliográfica exhaustiva en diversas fuentes como artículos científicos, revistas indexadas, libros digitales., permitió determinar los parámetros microbiológicos necesarios para verificar si es que se le está brindando un correcto manejo a las aguas residuales; Manuales de manejo, almacenamiento y transporte de las muestras, Guía

técnica de Agrocalidad, documentos y normativas ambientales (TULSMA), fueron una guía indispensable en el marco metodológico a llevarse a cabo.

- ***De laboratorio:***

Relacionamos esta técnica con las muestras que se enviaron para su análisis en el laboratorio con los parámetros microbiológicos: Coliformes fecales, coliformes totales y escherichia coli en la entrada a las estaciones de bombeo del cantón Santa Rosa y a su vez en la descarga al cuerpo receptor (Estero tres bocas). (**Ver Anexo H e I**)

El método que se utilizó para realizar el conteo de las unidades de cada parámetro fue:

- Para Coliformes Fecales: PEE- GQM- MB-69 (procedimiento específico del laboratorio acreditado Grupo Químico Marcos, para matriz de agua en el análisis microbiológico de coliformes fecales y coliformes totales).
- Para Coliformes Totales y Escherichia Coli: PEE- GQM- MB-38 (procedimiento específico del laboratorio acreditado Grupo Químico Marcos, para matriz de agua en el análisis microbiológico de coliformes fecales y coliformes totales).

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron los siguientes instrumentos:

- ***Observación de equipo:***

Se mantuvo diálogos con el personal que labora dentro de las lagunas de oxidación contribuyendo a ubicar los lugares estratégicos y dar exactamente con el lugar de entrada del agua residual para proceder con la recolección de muestras.

Se lograron determinar las falencias que tiene el tratamiento de agua residual mediante una lista de chequeo.

- ***Entrevista:***

No estructurada: se hicieron preguntas al personal que se encontró laborando durante el recorrido de las estaciones de bombeo con la finalidad de conocer más a fondo los procesos que se realizan. (Attia & Edge, 2017)

Se recopiló información que fue entregada de manera verbal por los diferentes técnicos encargados.

- ***Instrumento de medición***

*GPS GARMIN etrex 30:* con el cual se tomaron datos de referencia durante las visitas de campo y observación, capturando coordenadas para elaborar posteriormente los mapas. (**Ver Anexo O**)

- ***Software de SIG:***

*QGIS*, *ArcGis* y *Google earth*, teniendo las coordenadas que se obtuvieron mediante el GPS se procedió a verificar con google earth los lugares recorridos, se georreferenciaron ArcGis ubicando los puntos para mayor comprensión.

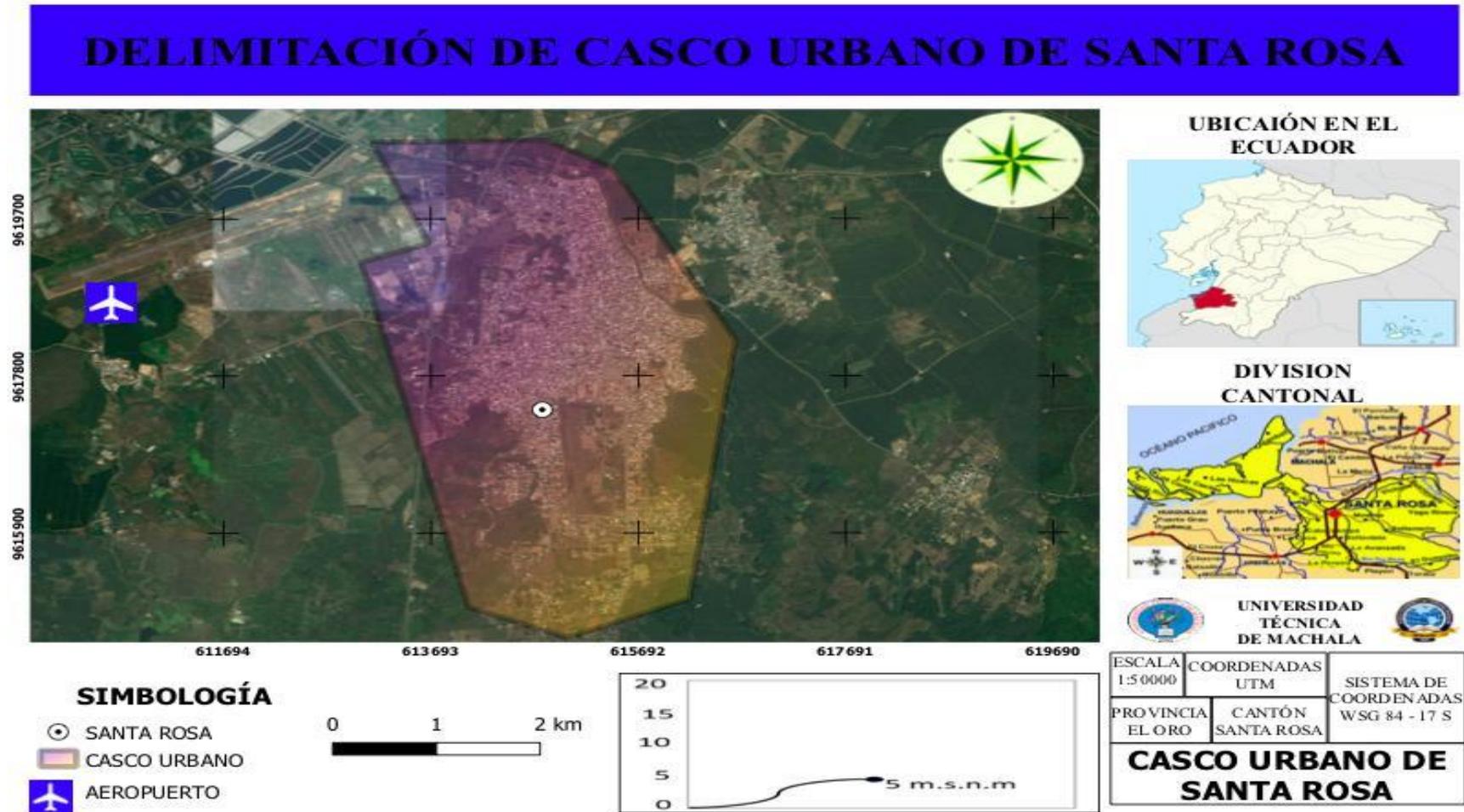
- ***Software de diseño:***

Autodesk AutoCAD: Nos permitió diseñar el modelo con todas las características que tienen que reunir los procesos a adoptar para la construcción de la nueva planta de tratamiento y sus lagunas de oxidación.

- ***Check list:***

Permitieron recolectar datos de manera ordenada y sistemática y asegurarnos de que las actividades del tratamiento están siendo cumplidas como ordenan las normativas nacionales. **(Ver Anexo G)**

Mapa 1. Sectores beneficiados por las lagunas de oxidación, casco urbano, cantón Santa Rosa



Elaborado por: Las autoras

## Metodología de la investigación

Para determinar la calidad de los resultados analizamos los puntos de muestreo de la siguiente manera:

- **Punto de entrada.** - Lugar donde se recolectan las aguas residuales de todo el casco urbano del Cantón Santa Rosa, zona norte sur y centro antes de pasar por los procesos microbiológicos.
- **Punto de descarga.** - Se encuentra conectado a la laguna de oxidación donde su efluente es el estero Tres Bocas, canal que proviene de las descargas de aguas servidas de la ciudad y parte del alcantarillado del Cantón.

Los resultados de los análisis de las muestras tomadas para efectos de la investigación fueron emitidos por el “GRUPO QUÍMICO MARCOS”, el mismo que se encuentra debidamente acreditado por la Normativa ISO 17025.

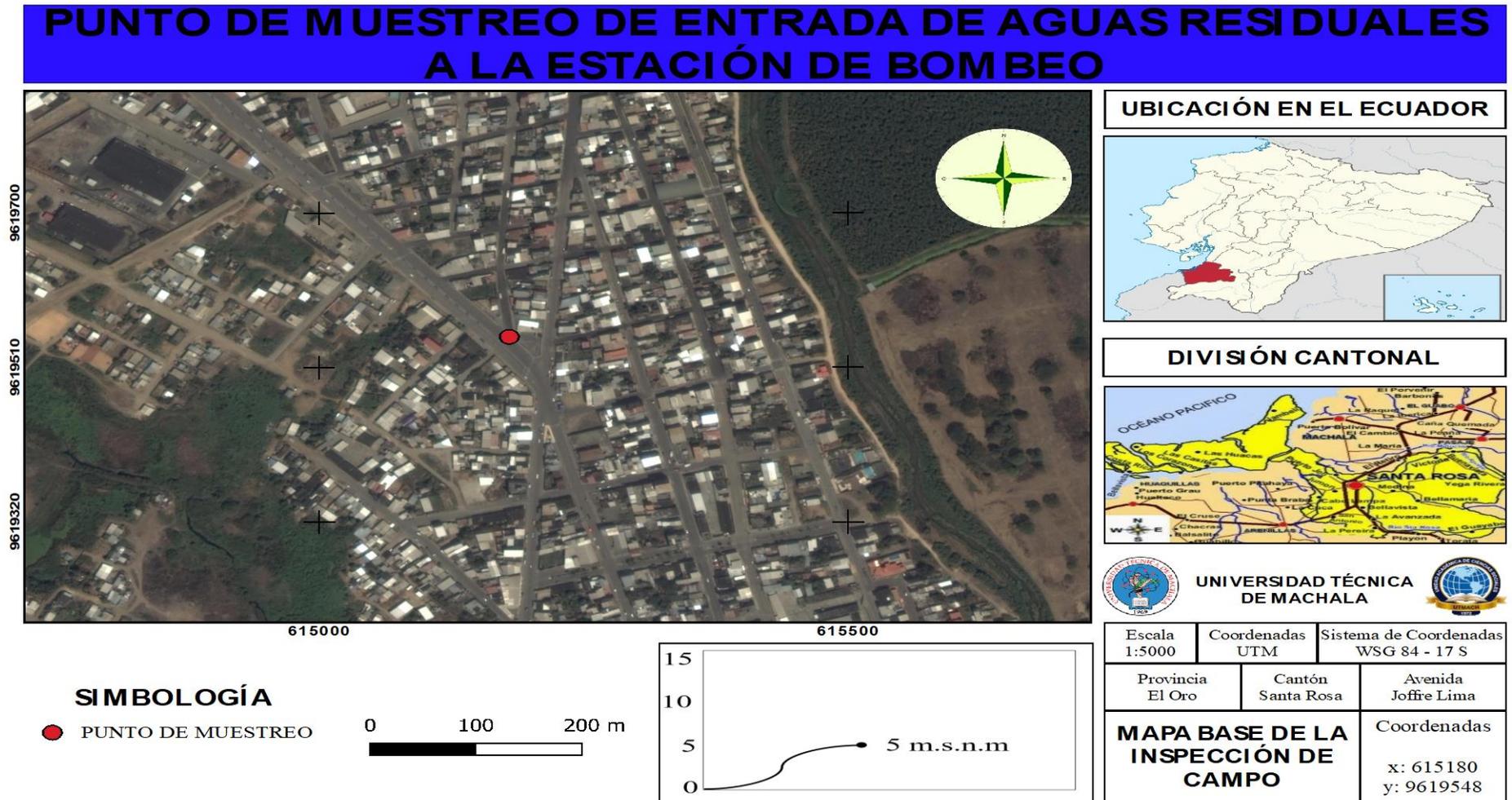
**Tabla 2.** Toma de muestras del agua residual del cantón Santa Rosa

PUNTO		COORDENADAS GEOGRÁFICAS		HORA DE TOMA DE MUESTRAS
		EASTING (X)	NORTHING (Y)	
Entrada	Sector 5 esquinas	615180	9619548	08:12
Salida	Vía Jelí	612883	9619930	08:51

**Elaborado por:** las autoras

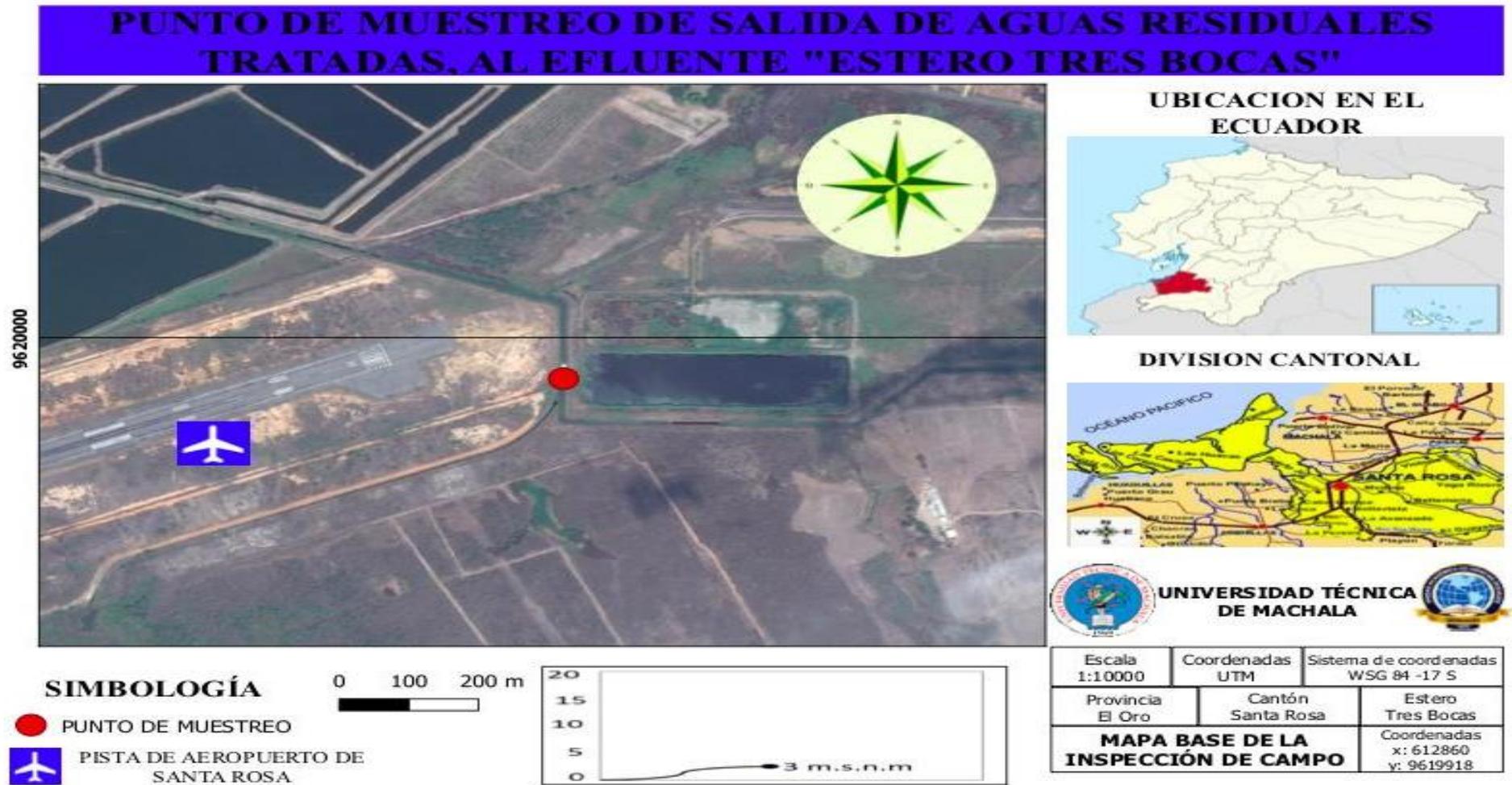
En los siguientes mapas puntualizamos la ubicación del lugar de muestreo:

Mapa 2. Ubicación del punto de muestreo de agua residual ENTRADA en el área de estudio



Elaborado por: Las autoras

Mapa 3. Ubicación del punto de muestreo SALIDA de agua residual en el área de estudio



Elaborado por: Las autoras

Mapa 4. Estaciones de Bombeo del Tratamiento de Aguas Residuales del Cantón Santa Rosa



Elaborado por: Las autoras

El procedimiento y/o criterios a seguir para la toma de agua fueron sustentados por información bibliográfica.

La Guía para la toma de muestras de Agua Residual (SENASBA, 2015) indica que:

“Si se quiere sacar una muestra para un análisis microbiológico se necesita un recipiente estéril, (...). Para sacar una muestra, que es usada para análisis microbiológicos, siempre se debe usar una muestra simple”. **(Ver Anexo F)**

Se efectuaron las siguientes medidas para un correcto manejo de muestras:

- ***Envases y Botellas para Muestras***

Consideramos los requerimientos técnicos que el laboratorio acreditado nos especificó: En cada punto de muestreo se debe extraer el agua residual en 5 frascos de polietileno, esterilizado y correctamente etiquetado (en total se recolectaron 10 muestras que servirán para realizar los parámetros de coliformes fecales, coliformes totales, escherichia coli.)

Es necesario que las muestras estén bien rotuladas e indicar lo siguiente:

- Hora de toma de muestra.
- Lugar de muestreo.
- Identificación del punto de donde se toma la muestra.

- ***Transporte y Almacenamiento***

Debido al crecimiento bacteriano que puede generarse en el transcurso del transporte hacia el lugar de destino, una vez tomadas las muestras fueron colocadas en un cooler que contenía hielo para evitar que supere los 5°C. **(Ver Anexo L)**

Se procedió a rotular cada envase y a su vez el contenedor general con los datos requeridos por el GRUPO QUÍMICO MARCOS quien se encargará del análisis de las muestras.

Las muestras fueron enviadas de inmediato a la ciudad de Guayaquil transcurriendo 6 horas en refrigeración desde su recolección.

### ***Metodología microbiológica de laboratorio***

#### ***Coliformes totales y Escherichia Coli***

Para la determinación de estos parámetros se utilizó el método PEE-GQM-MB-38 del Grupo Químico Marcos, código que se utiliza para realizar el método esquema 9223B, que consiste en manifestar enzimas que indican presencia de este tipo de coliformes

mediante la utilización de sustratos cromogénicos y fluorogénicos hidrolizables.

Mediante la enzima producida por estos parámetros “Beta-galactosidase”, se determina su conteo. Para coliformes Totales Se incuba a una temperatura de 35°C en un tiempo aproximado de 24 a 28 horas, y se determina mediante el sustrato cromogénico ONPG y CPRG, si el resultado presenta coloración amarilla o roja, es indicador de presencia de coliformes totales.

Para *Escherichia coli* se utiliza el sustrato fluorescente MUG, se observa mediante luz ultravioleta si el resultado es una coloración azul fluorescente es indicador de *Escherichia Coli*. (American Public Health Association, 2018)

### ***Coliformes Fecales***

Se utilizó el método PEE-GQM-MB-69 que, consiste en el método estándar 9222G, donde el procedimiento es mediante un filtro de membrana, se utiliza una membrana microporosa mFC (con anilina azul) de 0,65mm. Se incuba a una temperatura de 44,5°C en un tiempo aproximado de 22 a 24 horas, posteriormente se contabiliza las colonias que, si presentan tonalidad azul es indicador de Coliformes Fecales. (American Public Health Association, 2018)

### ***Criterios de Evaluación***

Se lograron realizar los siguientes criterios de acuerdo a la normativa ambiental nacional TULSMA, Norma de calidad de agua y control de descargas AG-CC-01 de República Dominicana (Semarnat, 2001) y el Régimen Jurídico de la Reutilización de las Aguas Depuradas de España.

**Tabla 3.** Criterios de Evaluación: Normativas

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límites máximos permisibles AM 097 A TABLA #9</b>	<b>Descargas de agua residual municipal en aguas superficiales y subsuelo (República Dominicana)</b>	<b>Régimen Jurídico de la Reutilización de las Aguas Depuradas. (España)</b>
Coliformes fecales	NMP/100 ml	2000	-	-
Coliformes totales	NMP/100 ml	-	1000	-
Escherichia coli	NMP/100 ml	-	-	10.000

**Fuente:** Legislación Ecuatoriana, República Dominicana y España

**Elaboración:** Las autoras

## **Resultados**

En la presente tabla se establecen los resultados de los análisis de agua de los parámetros establecidos para Diagnosticar la calidad bacteriológica del Tratamiento de Aguas Residuales del cantón Santa Rosa, siendo estos: Coliformes fecales, Coliformes totales y Escherichia coli. Los análisis fueron realizados por el laboratorio certificado GRUPO QUÍMICO MARCOS (**Ver Anexo H - I**) y se realizó una comparación con Normativas Nacionales e Internacionales como son:

- Nacional: TULSMA (Acuerdo 097: Tabla 9: Límites de Descarga a cuerpo de agua dulce)
- República Dominicana: Norma De Calidad Del Agua Y Control De Descargas AG-CC-01 (Tabla 5.1 Descarga de agua residual municipal en aguas superficiales y el subsuelo)
- España: Régimen Jurídico de la Reutilización de las Aguas Depuradas. (Calidad 4.2 a) Estanques, masas de agua y caudales circulantes ornamentales, en los que está impedido el acceso del público al agua.)

**Tabla 4.** Resultados de análisis de las muestras de aguas de ambos puntos de muestreo

<b>PARÁMETRO</b>	<b>Unidad</b>	<b>Entrada de Agua Residual</b>	<b>Salida del agua tratada</b>	<b>Límites máximos permisibles AM 097 A TABLA #9</b>	<b>Descargas de agua residual municipal en aguas superficiales y subsuelo (República Dominicana)</b>	<b>Régimen Jurídico de la Reutilización de las Aguas Depuradas. (España)</b>
<b>COLIFORMES FECALES</b>	NMP/100 ml	>2419,7	2419,6	2000	-	-
<b>COLIFORMES TOTALES</b>	NMP/100 ml	1986300	1986300	-	1000	-
<b>ESCHERICHI A COLI</b>	NMP/100 ml	1986300	1986300	-	-	10.000

**Fuente:** Grupo Químico Marcos

**Elaboración:** Las autoras

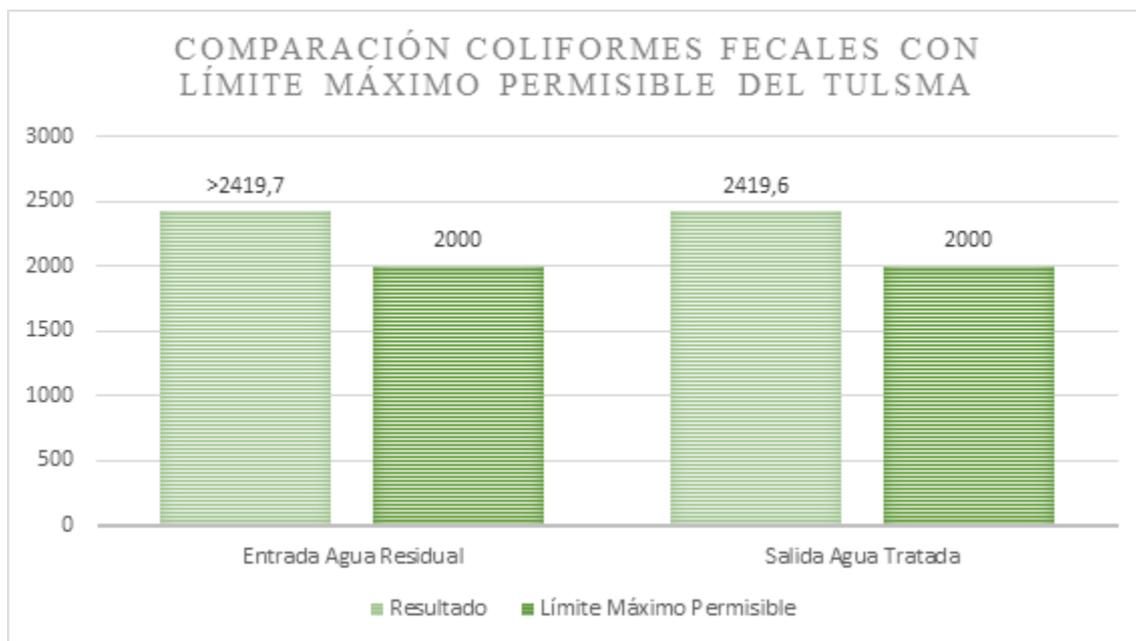
Según los resultados obtenidos por parte de los análisis del agua residual realizado en dos puntos estratégicos para realizar el Diagnóstico Bacteriológico de los efluentes provenientes del tratamiento de aguas residuales del cantón Santa Rosa realizados por el Grupo Químico Marcos y comparados con normativas nacionales e internacionales, se pudo determinar la contaminación bacteriológica al sobrepasar los límites máximos permisibles de todos los parámetros analizados. Asimismo, se pudo constatar la ineficiencia del tratamiento biológico que se le otorga a las aguas residuales del cantón a cargo de EMAPASR-EP.

Los resultados de la entrada de las aguas residuales previo a su tratamiento son similares a los de la descarga al cuerpo de agua, concluyendo que existe una problemática en el funcionamiento de la bacteria que se aplica para reducir la carga orgánica en estas aguas. Mediante análisis de aguas de los mismos puntos realizados en esta investigación en Julio de 2018 efectuado por la empresa, señala los mismos valores bacteriológicos elevados, demostrando que el tratamiento no ha estado siendo eficiente por un largo periodo.

## Gráficos Estadísticos

Para mejorar el Diagnóstico Ambiental Bacteriológico del Tratamiento de Aguas Residuales del cantón Santa Rosa, se realizaron gráficos estadísticos para mejorar la apreciación de los resultados de los análisis con los límites máximos permisibles de las normativas que esta investigación ha tomado.

**Gráfico 1.** Comparación Coliformes fecales con Límite Máximo Permisible



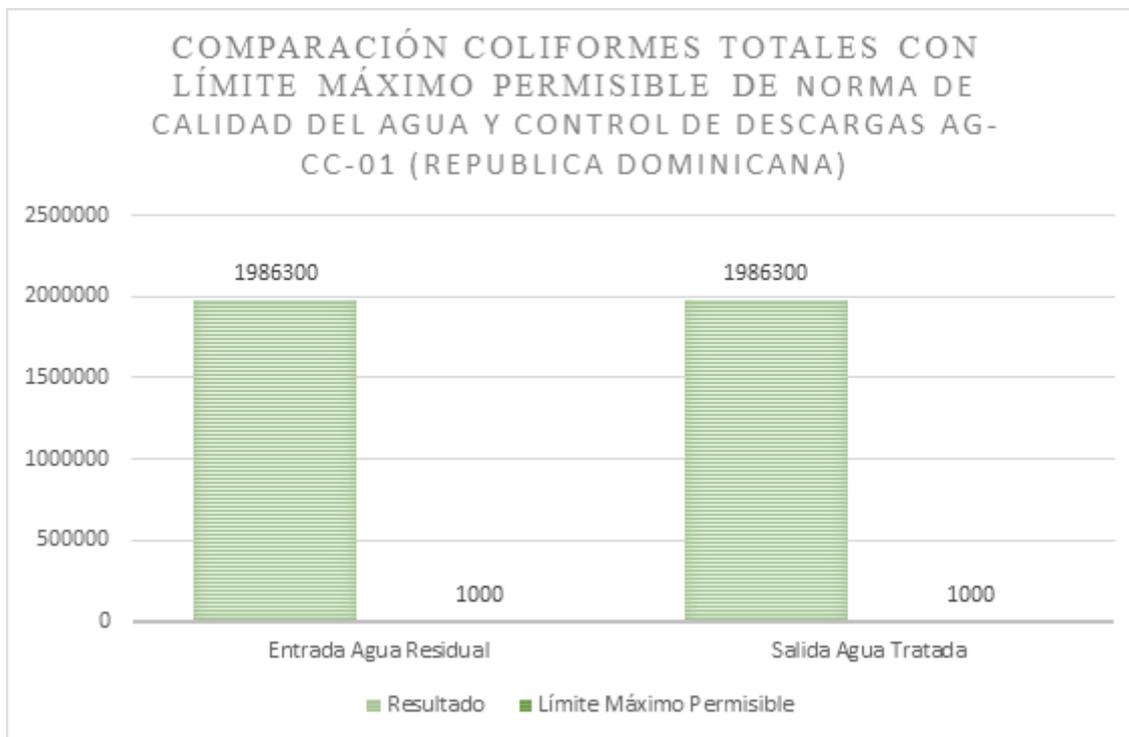
**Fuente:** Grupo Químico Marcos

**Elaborado por:** Las autoras

Mediante este gráfico se puede apreciar que el límite máximo permisible de Coliformes fecales, en la entrada está sobrepasado, no se sabe con exactitud las veces con las que supera la normativa, ya que se encuentra superado el rango límite de conteo.

Mientras que, en la salida del agua tratada, el límite máximo permisible supera 1,20 veces de la normativa nacional.

**Gráfico 2.** Comparación coliformes TOTALES con límite máximo permisible de Norma De Calidad Del Agua Y Control De Descargas AG-CC-01 (República dominicana)



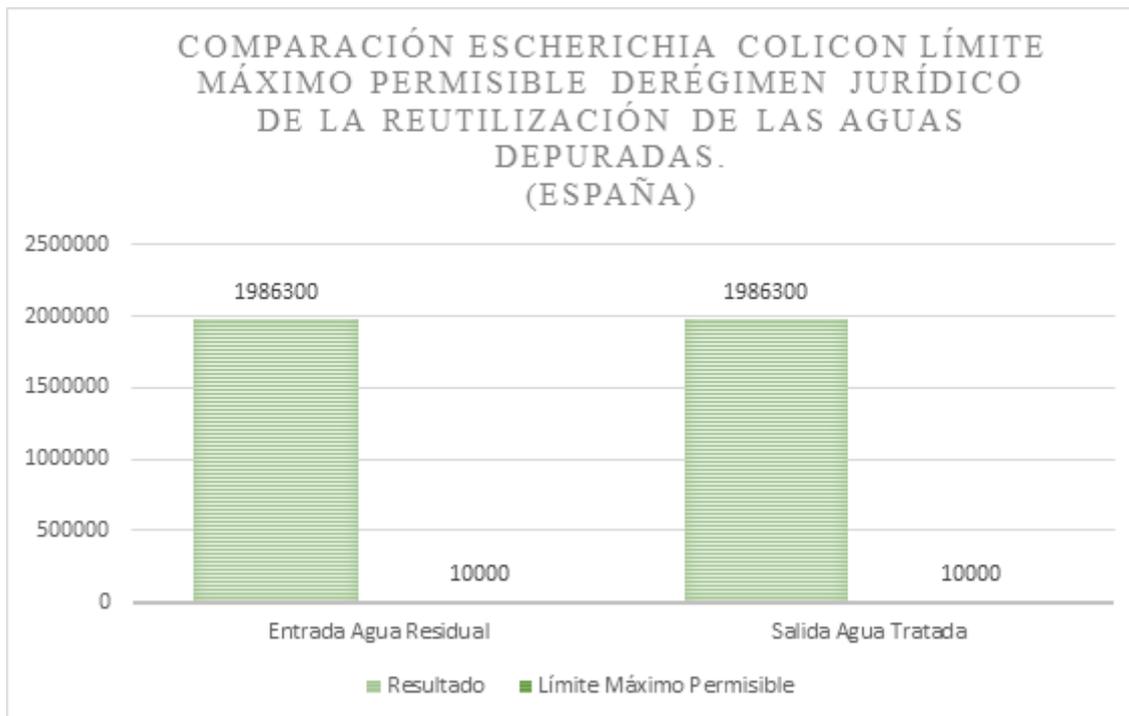
**Fuente:** Grupo Químico Marcos

**Elaborado por:** Las autoras

En el gráfico se puede considerar que el límite máximo permisible de Coliformes totales, en la entrada está sobrepasado, la normativa que se tomó para realizar este parámetro es de República Dominicana, estableciendo 1000 NMP/100ml, lo cual demuestra que el parámetro se encuentra excedido por 19,863 veces, dando a entender que en la entrada y salida del agua no varía los resultados.

Se puede determinar, la ineficiencia del tratamiento biológico en la planta, al no reducir el parámetro en lo absoluto, deduciendo que de la misma forma que entra a la planta, sale.

**Gráfico 3.** Comparación coliformes ESCHERICHIA COLI con límite máximo permisible de Régimen Jurídico de la Reutilización de las Aguas Depuradas (España)



**Fuente:** Grupo Químico Marcos

**Elaborado por:** Las autoras

En el gráfico se puede considerar que el límite máximo permisible de Escherichia coli, en la entrada está sobrepasado, la normativa que se tomó para realizar este parámetro es del país España, estableciendo 2000 NMP/100ml, lo cual demuestra que el parámetro se encuentra excedido por 1,9863 veces, dando a entender que en la entrada y salida del agua no varía los resultados.

Así mismo, como en el parámetro de coliformes totales se evidencia el nulo efecto del tratamiento en las aguas residuales del cantón Santa Rosa.

### ***Cuadros comparativos***

Para optimizar el Diagnóstico de la calidad bacteriológica de los efluentes provenientes del tratamiento de aguas residuales del cantón Santa Rosa, se obtuvo los últimos resultados de análisis realizados en Julio de 2018 por parte de EMAPASR-EP, en puntos similares a la del presente proyecto, el cual facilitó la realización de un cuadro comparativo entre Julio de 2018 y Agosto de 2019, se relacionó los resultados con las normativas nacionales e internacionales escogidas para mejorar la exactitud del diagnóstico.

**Tabla 5.** Resultados de análisis de las muestras de aguas de Julio de 2018 realizados por EMAPASR-EP

<b>PARÁMETRO</b>	<b>Unidad</b>	<b>Entrada de Agua Residual</b>	<b>Salida del agua tratada</b>	<b>Límites máximos permisibles AM 097 A</b> <b>TABLA #9</b>	<b>Descargas de agua residual municipal en aguas superficiales y subsuelo (República Dominicana)</b>	<b>Régimen Jurídico de la Reutilización de las Aguas Depuradas. (España)</b>
<b>COLIFORMES FECALES</b>	NMP/100 ml	>16000000	3500000	2000	-	-
<b>COLIFORMES TOTALES</b>	NMP/100 ml	>16000000	3500000	-	1000	-
<b>ESCHERICHIA COLI</b>	NMP/100 ml	<1,8	<1,8	-	-	10.000

**Fuente:** EMAPASR-EP

**Elaborado por:** Las autoras

Los datos obtenidos por parte de EMAPASR-EP sobre los análisis microbiológicos realizados en la entrada de aguas residuales y la salida de agua tratada (**Ver Anexo J y K**), ejecutada por el “Laboratorio de Ensayos” con N° de Acreditación OAE LE C 07-006, ubicado en la Ciudad de Guayaquil con dirección Cdla. Guayaquil, Tercer Callejón 14, Solar 4 y Emilio Soro Lorente Mz8, indican niveles que sobrepasan los límites máximos permisibles de Coliformes fecales, Coliformes totales y Escherichia coli.

**Tabla 6.** Cuadro comparativo Entrada de Agua Residual

<b>CUADRO COMPARATIVO ENTRADA DE AGUA RESIDUAL</b>					
<b>PARÁMETROS</b>	<b>NORMATIVA</b>	<b>ANÁLISIS EMAPAS R-EP JULIO 2018</b>	<b>VECES QUE SOBREPASAN LOS LMP</b>	<b>ANÁLISIS DE LAS AUTORAS AGOSTO 2019</b>	<b>VECES QUE SOBREPASAN LOS LMP</b>
<b>COLIFORMES FECALES</b>	2000 NMP/100ml	>16000000	>8 veces	>2419,7	>1,20 veces
<b>COLIFORMES TOTALES</b>	1000 NMP/100ml	>16000000	>16000 veces	1986300,0	1,986.3 veces
<b>ESCHERICHIA COLI</b>	10000 NMP/100ml	<1,8	-	1986300,00	198,63 veces

**Fuente:** EMPAPASR-EP, Grupo Químico Marcos

**Elaborado por:** Las autoras

Realizando una comparación de ambos resultados tomados en la entrada de las aguas residuales, sin ningún previo tratamiento se determinó que en los dos análisis realizados con un año y un mes de diferencia muestran contaminación en los tres parámetros, tomando Julio de 2018, coliformes fecales se desconoce la superación del límite máximo permisible ya que sobrepasa el rango establecido, en agosto de 2019, supera con más de 1,2 veces el nivel permitido.

En Coliformes totales en Julio de 2018 supera mayor que 16000 veces mientras que en agosto de 2019, el límite máximo permisible es 1986.3 veces más.

En cuestión a la bacteria Escherichia coli, se logra apreciar que en agosto de 2019 supera 1,986.3 veces veces el límite máximo establecido por la normativa española.

**Tabla 7.** Cuadro comparativo Salida Agua Tratada

<b>CUADRO COMPARATIVO SALIDA AGUA TRATADA</b>					
<b>PARÁMETROS</b>	<b>NORMATIVA</b>	<b>ANÁLISIS EMAPAS R-EP JULIO 2018</b>	<b>VECES QUE SOBREPASAN LOS LMP</b>	<b>ANÁLISIS DE LAS AUTORAS AGOSTO 2019</b>	<b>VECES QUE SOBREPASAN LOS LMP</b>
<b>COLIFORMES FECALES</b>	2000 NMP/100ml	3500000	1,750 veces	2419,6	1,20 veces
<b>COLIFORMES TOTALES</b>	1000 NMP/100ml	3500000	1,750 veces	1986300,0	1,986.3 veces
<b>ESCHERICHIA COLI</b>	10000 NMP/100ml	<1,8	-	1986300,00	198,63 veces

**Fuente:** EMPAPASR-EP, Grupo Químico Marcos

**Elaborado por:** Las autoras

Con el tratamiento biológico ya aplicado y transcurrido los días (de 7 a 10 días) en la laguna de oxidación, se tomó muestras de la descarga al cuerpo receptor en donde se puede observar que los límites máximos permisibles siguen elevados.

Coliformes fecales según análisis realizados en Julio del 2018 sobrepasa 1,750 veces el valor establecido por la ley y en agosto de 2019 muestra una superación del 12,098 veces el límite máximo permisible.

Según la Normativa de la República Dominicana sobre descargas de aguas municipales, coliformes totales debe contener un nivel de 1000 NMP/100ml, lo que permite determinar que en Julio de 2018 sobrepasa 1750 veces el límite y en agosto de 2019 1986.3 veces.

Analizando a Escherichia Coli, según el estudio realizado en agosto de 2019, continúa sobrepasando 198,63 veces el límite máximo permisible, al igual que en la entrada de las aguas residuales sin tratamiento.

## **Análisis del contexto y desarrollo de la matriz de Requerimientos.**

### **Análisis del contexto**

El Tratamiento de Aguas Residuales del cantón Santa Rosa, junto a su alcantarillado, tiene aproximadamente 47 años de funcionamiento, su objetivo es devolver el recurso agua en óptimas condiciones sin alterar el ecosistema. Este sistema está conformado por: alcantarillado, dos estaciones de bombeo y dos lagunas de oxidación. Los beneficiarios son los habitantes del casco urbano del cantón Santa Rosa, comprendiendo aproximadamente 61, 205 personas.

El tratamiento que se utiliza para tratar las aguas residuales, corresponde a un tratamiento biológico con bacterias benéficas conocidas con el nombre de *Bacter C-W* que se aplican en las dos estaciones de bombeo que comprende la planta. El sistema se encuentra a cargo de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado del cantón Santa Rosa (EMAPASR-EP), que realiza exámenes de laboratorio para verificar la eficiencia de su tratamiento cada 6 meses y en ocasiones cada año. Mediante una entrevista realizada a las autoridades de la empresa se determinaron que existen diferentes problemáticas a causa de la antigüedad del alcantarillado, sobre la culminación de la vida útil del sistema Tratamiento de Aguas Residuales y, considerando que el crecimiento poblacional de cantón es uno de los mayores problemas para el abastecimiento de toda la planta.

El presente estudio se enfoca en El Diagnóstico Bacteriológico del sistema de tratamiento de Aguas Residuales del cantón Santa Rosa, para conocer la eficiencia del sistema y determinar la contaminación que se puede suscitar al no tener un correcto manejo del mismo.

Por medio de los análisis realizados a las aguas que entran al sistema y en la descarga al cuerpo receptor, se determinó un alto grado de contaminación ya que existe una diferencia mínima entre ambos resultados, demostrando que el tratamiento aplicado no tiene ninguna eficiencia.

Aplicando un estudio de campo, también se determinó que el estero donde son descargadas las aguas tratadas contiene alta carga orgánica, nace como canales que recorre la ciudad. Mediante la observación directa se evidenció que, un gran número de hogares deposita sus aguas servidas directamente a este cuerpo de agua, realizando su

recorrido arrastrando esos componentes, cruzando las lagunas de oxidación del sistema de tratamiento de aguas sin entrar en ella, donde es receptor de las aguas que son previamente tratadas, concluyendo que existe una contaminación que desemboca en Puerto Jelí por parte del estero 3 bocas además de las aguas descargadas de la planta que no mantienen un tratamiento efectivo.

**Matriz de Requerimientos.**

**Tabla 8.** Matriz de requerimientos

<b>PROBLEMA</b>	<b>CAUSA</b>	<b>EFEECTO</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>REQUERIMIENTO</b>
Inexistencia de un sistema de tratamiento de aguas residuales urbanas adecuado	Inaplicabilidad de las políticas y normativa ambiental	Contaminación del efluente receptor	Estructurar un sistema de tratamiento de aguas residuales	Implementación de una planta de aguas residuales con los procesos requeridos
Presencia de espumas en la descarga de las lagunas al cuerpo de agua receptor	Ausencia de procesos técnicos en las lagunas de oxidación	Toxicidad en el recurso hídrico y eutrofización	Disminuir los agentes tensoactivos del agua	Implementación de un proceso de coagulación
Índice de contaminación alto	Inadecuado tratamiento al agua residual	Límites máximos permisibles de “Coliformes fecales, Coliformes totales y escherichia coli” elevados	Disminuir los niveles bacteriológicos presentes en al agua depurada	Construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales

**Elaborado por:** Las autoras

## **Selección de Requerimientos a Intervenir: Justificación**

La Constitución Ecuatoriana en su artículo #72 hace referencia al derecho de la naturaleza a ser restaurada, por lo tanto, el tratamiento de las aguas residuales debe realizarse con eficiencia y ser uno de los puntos importantes a planificarse con rigurosidad por parte de las autoridades correspondientes de cada sector poblado.

Los recursos naturales deben regresar a sus ciclos naturales de igual o mejor forma de las que fue tomada, mediante la inspección realizada a los procesos de Tratamiento de Aguas Residuales del cantón Santa Rosa se determinó que no cuenta con una estructura óptima para reducir la carga orgánica presente en las aguas residuales, tampoco cuenta con procesos necesarios para la disminución de otros componentes, como los tensoactivos que se evidenció mediante visita in situ (**Ver Anexo E**) se presentaron en la descarga al cuerpo receptor, según TULSMA el Acuerdo 097A Tabla 9 Límites a un cuerpo de agua dulce no debe exceder a 0,5 NMP/100ml.

Con ayuda de instrumentos de investigación como observación de los procesos y la estructura de las lagunas de oxidación, entrevista a las autoridades que están a cargo de este sistema, el tratamiento no está siendo efectivo por diferentes razones, las cuales tenemos: su antigüedad y el sistema de alcantarillado, contando con aproximadamente 47 años de funcionamiento, a pesar que en la Regeneración Urbana que se efectuó en la parte céntrica de la ciudad, separando el sistema de aguas lluvias con el alcantarillado, el resto de la ciudad cuenta con un alcantarillado mixto, uniendo las aguas lluvias y el alcantarillado en el sistema de tratamiento de aguas residuales, provocando un desabastecimiento en la capacidad de la planta.

Sumando a esto, se encuentra el crecimiento poblacional de la ciudad de Santa Rosa, en los últimos años, el cantón ha tenido un aumento exponencial entre sus pobladores, resultando un problema para el mantenimiento y operación de la PTAR.

Dado que el sistema no cumple con lo establecido con las normativas después de sus procesos de depuración, se ha establecido como requerimiento la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales, para mejorar las características y propiedades del agua y así descargarlas al cuerpo receptor con los límites máximos establecidos por las leyes utilizadas para determinar la calidad bacteriológica del agua.

## **CAPÍTULO II. PROPUESTA INTEGRADORA**

Implementación de un diseño de planta de tratamiento de aguas residuales para el casco urbano del cantón Santa Rosa

### **Descripción de la Propuesta**

Una vez analizados los requerimientos y las falencias con las que cuenta el sistema de tratamiento de aguas residuales del Cantón Santa Rosa se determinó que el ciclo de funcionamiento de las lagunas y de todos los procesos que se dan a las aguas residuales del casco urbano son deficientes o a su vez ya no brindan la calidad requerida para poder cumplir con la normativa de descargas a efluentes, para lo cual se diseñó un nuevo sistema que cuenta con algunos procesos requeridos para brindar el manejo adecuado a las aguas residuales que produce la población del Cantón.

Todo cuerpo de agua tiene la propiedad de regenerarse a través del tiempo mediante procesos naturales que no sobrepasen sus capacidades permitidas, es por eso que en la PTAR se usa el mismo principio, pero con ayuda de procesos implementados en cada paso logrando dar al agua las características necesarias para regresar a su curso natural.

Esta propuesta consiste en una estación de bombeo que será encargada de recoger el agua residual proveniente del alcantarillado para luego recibir un pretratamiento que contendrá rejillas para evitar la entrada de sólidos de mayor volumen y un desarenador que se encargara de los sólidos de menor volumen, siguiente a esto una trampa grasa que no es más que la misma estructura con un diseño que permite la suspensión en la superficie de las grasas y el agua seguirá su curso hacia las lagunas anaerobias que permiten que bacterias acidogénicas y metanogénicas reduzcan los niveles de materia orgánica y sólidos disueltos, una vez pasado este proceso se encuentran lagunas facultativas que consiguen una mayor remoción de la carga orgánica; además se da el crecimiento de algas que permita el crecimiento de bacterias que ayudaran en la metabolización de los contaminantes del agua residual; el último paso que son las lagunas de maduración ya no tenemos lodos presentes en el fondo por lo que tienen una baja profundidad para lograr que la radiación ultravioleta permita llegar hasta el fondo logrando la muerte de microorganismos y bacterias con un tiempo de retención no menor a ocho días.

La Legislación Ecuatoriana en sus artículos 14 y 264 de la Constitución del Ecuador menciona que la población tiene derecho a vivir en un ambiente sano y libre de contaminación, con esto se garantiza que la ciudadanía tenga una vida digna, también

menciona las competencias exclusivas de los Gobiernos Autónomos Municipales en su literal 4) en donde se expone que serán los responsables de la depuración de aguas residuales para evitar que otros cuerpos de agua sean contaminados, para ello se estableció la necesidad de diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales y así prevenir posibles contaminación a efluentes receptores.

## **Objetivos de la Propuesta**

### ***Objetivo General***

Implementar un diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en el cantón Santa Rosa para suplantar al anterior proceso y prevenir posible contaminación a los cuerpos receptores de efluentes.

### ***Objetivos Específicos***

- Disminuir el impacto ambiental que genera la descarga de los efluentes a los cuerpos receptores.
- Dar cumplimiento a las normativas ambientales vigentes sobre los límites máximos permisibles de los parámetros requeridos.
- Contar con una planta de tratamiento de aguas residuales previo a la descarga de efluentes.

## **Componentes Estructurales**

Las lagunas de oxidación actualmente cuentan con el siguiente sistema:

- a. Sistema de alcantarillado
- b. Estaciones de bombeo
- c. Tanque de control biológico
- d. Cisterna (reservorio)
- e. Lagunas de oxidación
- f. Efluente

Mediante la visita técnica con la ayuda de una lista de chequeo se logró evidenciar que las lagunas de oxidación que actualmente funcionan en el cantón no cumplen con las características técnicas.

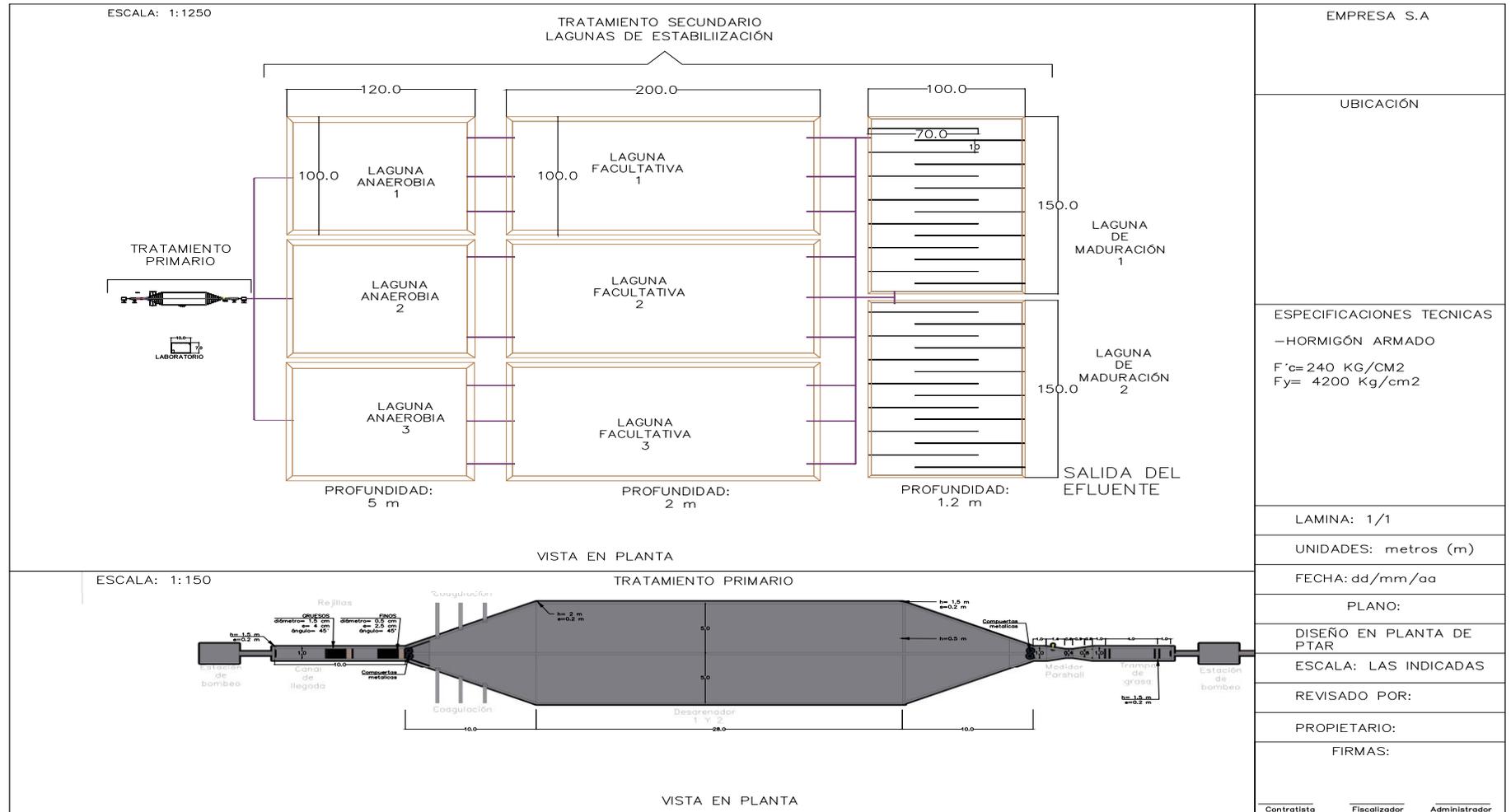
### ***Implementación de la Estructura***

Los resultados nos demostraron la falta de eficiencia que tiene el actual sistema en cuanto a LMP de carácter microbiológico.

El propósito es que los parámetros que se encuentren fuera de la normativa ambiental vigente, se reduzcan de manera significativa consiguiendo disminuir la contaminación que los parámetros elevados representan.

Habiendo mencionado lo anterior, las autoras proponen el siguiente diseño conformada por 2 tipos de tratamiento:

**Ilustración 1.** Diseño preliminar de la planta de tratamiento de aguas residuales en el cantón Santa Rosa



**Elaboración:** Las autoras

### ***Datos preliminares***

El periodo de diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales como propuesta está enfocada en un crecimiento poblacional del 1,5%, tomando en cuenta las normativas nacionales para la construcción de estas estructuras es de 30 años.

Actualmente las lagunas de oxidación benefician a 61,205 por lo tanto mediante un cálculo geométrico a población futura se obtiene:

### **Población futura (Pf)**

**Tabla 9.** Población Futura

$Pf = Pa (1 + r)^n$	
Donde:	
<b>Pf=</b>	población futura (habitantes)
<b>Pa=</b>	población actual (habitantes)
<b>r=</b>	Tasa de crecimiento geométrico de la población expresada como fracción decimal
<b>n=</b>	Periodo de diseño (años)

**Elaboración:** Las autoras

Como referencia de la tasa de crecimiento poblacional, la tabla 5.1 de la Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural.

$$Pf = 61,205 (1 + 0,015)^{30}$$

$$Pf = 95558,34 \text{ habitantes}$$

### ***Criterio de diseño***

La planta contará con los siguientes procesos:

### ***Estaciones de bombeo***

Según la Normativa para “Estudio y Diseño de Sistemas de Agua potable y Disposición de Aguas Residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes” En ningún caso se diseñará la descarga de desechos crudos a un cuerpo receptor por lo que el agua

proveniente del alcantarillado ingresara en primera instancia a las estaciones de bombeo de los sectores norte, sur y centro del casco urbano.

Las estaciones de bombeo sirven como principal estructura para permitir que el agua residual pueda cumplir con su proceso, será encargada de recibir el agua utilizada para las diferentes actividades de la población. Se conoce que actualmente se distribuyen 150 litros de agua potable por habitante

Se tomó en cuenta además de los análisis microbiológicos, también los análisis realizados por EMAPA S R; para que con la implementación de la propuesta permanezcan dentro de los LMP.

### ***Tratamiento primario***

El procedimiento empieza con un ***canal de llegada*** el cual tendrá una altura de 1,50 m, un espesor de 20 cm, ancho 1 m y de largo 10 m con tiempo de retención de 0 días, solo permite el acceso del agua residual.

Se colocarán 2 tipos de ***rejillas*** una para solidos gruesos y otra para solidos finos (**Ver Anexo P**); el proceso de ***coagulación o floculación*** la encontraremos posterior a esto mediante tres tuberías por cada desarenador logrando eliminar los tensoactivos mediante una solución de polielectrolito que se dosificara de acuerdo a ciertos análisis como pH, temperatura, turbidez; Los ***Desarenadores*** estarán diseñados en función de retener material superior a 0,005cm evitando que las instalaciones sufran algún tipo de daño; la estructura tendrá las siguientes especificaciones, teniendo en cuenta que se deben realizar análisis previos para determinar la viscosidad del material, densidad del agua, densidad relativa del material y velocidad de la partícula; además se tomara la cota inicial cuando se tenga el dato de la ubicación del terreno. (**Ver Anexo Q**)

Se utilizará un ***medidor de parshall*** para medir el caudal que entra luego de los procesos antes mencionados con las siguientes especificaciones. (**Ver anexo R**)

Siguiente a este proceso se encontrará una ***trampa grasa*** que permite que las partículas con menor gravedad, grasas y aceites en el agua floten, con un periodo de permanencia corto. Un mismo sistema de desengrasador, no sirve para las diferentes sustancias oleosas que existen, como el petróleo, aceite flotante, aceite emulsionado, el aceite disuelto. Sin embargo, para el diseño de esta trampa de grasa, se tomó en cuenta el tipo de aceites y grasas que se producen en el casco urbano del cantón. (**Ver Anexo S**)

Una vez que se cumple este proceso, una estación de bombeo se encargara de llevar el agua residual previamente tratada al tratamiento secundario.

### ***Tratamiento secundario***

Como primer paso para disminuir los niveles de parámetros excedidos se implementarán 3 unidades de ***Lagunas anaerobias*** en forma paralela, como la presencia de un oxidante no se encuentra en estas lagunas, la materia orgánica no se destruye, simplemente se transforma, en el metano que se produce en estas lagunas, se encuentran los electrones intactos. Para el mantenimiento de las lagunas, las otras quedarán a disposición hasta que se pueda estar en funcionamiento, en esta fase actuarán bacterias acidogénicas y metanogénicas por lo que se puede observar burbujas dentro de las lagunas, lo que significa el buen funcionamiento de las mismas, estas bacterias disminuirán la carga orgánica entrante teniendo una efectividad del 76% en disminución del DBO. (Ver Anexo T)

El caudal entrante de agua residual es de 17971, 2 m<sup>3</sup>/día; Como segunda fase tenemos a las ***lagunas facultativas*** que serán las encargadas de seguir disminuyendo la carga orgánica de manera simbiótica mediante las bacterias aerobias que viven en ese medio, en su fondo también se desarrollan bacterias anaerobias que descomponen los sólidos acumulados, en el fondo como en las lagunas aerobias de esta fase puede liberarse a la atmosfera gases como CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S y el CH<sub>4</sub> en cantidades pequeñas o también ser oxidados por las bacterias anaerobias (Ver Anexo U)

Como tercera y última fase de depuración microbiológica se encuentran presentes dos ***lagunas de maduración*** que tendrán como objetivo la desinfección y eliminación de coliformes fecales debido a la entrada de rayos solares hasta el fondo de la laguna teniendo en cuenta que no debe ser de mayor profundidad. (Ver Anexo V)

***Área Total de la PTAR: 13,5 ha***

### **Mantenimiento de la planta de tratamiento y sus lagunas de oxidación**

La rejilla constituye una parte fundamental en el proceso de la planta ya que se encargara de retener solidos como plásticos, artículos de higiene, trozos de tela, escombros y otro tipo de basura evita que en los siguientes procesos no haya taponamiento u otro inconveniente, para eso se procede a realizar la limpieza de las rejillas gruesas y finas, mediante rastrillos o palas de manera manual, siempre utilizando de manera obligatoria los equipos de protección personal adecuados como botas, mascarilla y guantes.

La limpieza del desarenador se la puede realizar de manera individual, cerrando la compuerta de uno mientras se realiza la limpieza y utilizar el otro, de la misma manera manualmente con ayuda de una pala y carretilla, en caso de que exista demasiada acumulación se puede usar una pala mecánica. Para evitar el bloqueo del flujo de entrada al desengrasador se procede de manera manual a remover las grasas que se mantienen suspendidas en la superficie de la estructura.

#### ***Lodos***

El proceso para el tratamiento y remoción de lodos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, tendrá como Guía la Norma Urbana para Estudios y Diseños, donde indica que. "Procedimientos como centrifugado, filtros al vacío, secadores, incineradores no son apropiados para el Ecuador, puesto que no corresponden a la tecnología apropiada para el país".

El lodo debe dejarse secar, el tiempo apropiado es de 4 a 6 semanas. Cuando se ha alcanzado el 35% de contenido de sólidos, la remoción del lodo se puede realizar de forma manual o con ayuda de maquinaria. Entre los usos que se le otorgan está la demanda para abono, si el lodo no es apto para esta función, deberá depositarse en el relleno sanitario de la ciudad.

#### ***Tiempo de retención hidráulica en procesos que lo ameritan***

**Tabla 10.** Tiempo de retención hidráulica

<b>TIEMPO DE RETENCIÓN</b>	
Desarenador	1750 segundos ( 48 minutos)
Lagunas anaerobias	10 días
Lagunas facultativas	7 días
Lagunas de maduración	3 días

**Elaboración:** Las autoras

### *Ventajas y Desventajas del Tratamiento*

**Tabla 11.** Ventajas y Desventajas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

<b>Ventajas y desventajas del tratamiento</b>	
<b>Ventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Facilidad de operación.</li><li>✓ Poco consumo energético en comparación con otros tratamientos</li><li>✓ Poco costo de operación</li><li>✓ Rendimiento eficiente</li><li>✓ Reduce niveles de contaminación de parámetros de impacto ambiental</li><li>✓ Depuración natural</li><li>✓ Aplicable para climas de cualquier temperatura</li><li>✓ Agua depurada contiene características de reutilización</li></ul>
<b>Desventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Gran superficie de territorio para su implementación</li><li>➤ Elevados costos de construcción</li><li>➤ En el uso de lagunas anaerobias, riesgo de malos olores de amoníaco y sulfuro de hidrógeno</li></ul>

**Elaboración:** Las autoras

## Fases de Implementación

**Tabla 12.** Fases de Implementación

ACTIVIDADES	TIEMPO																	
	SEMESTRE 1						SEMESTRE 2						SEMESTRE 3					
	1M	2M	3M	4M	5M	6M	7M	8M	9M	10M	11M	12M	12M	14M	15M	16M	17M	18M
Estudios para inversión																		
<b>IMPLEMENTACIÓN DEL TRATAMIENTO PRIMARIO</b>																		
Mejoramiento de las estructuras y operación en las estaciones de bombeo y aumento de la capacidad																		
Adecuación del terreno para la construcción de las fases de la PTAR																		
Trazo para excavación																		
Excavación																		
Movimiento de tierra																		
Nivelación de piso y muros de tierra																		
Construcción del cajón de llegada, estructura para rejillas, desarenador, trampa grasa y medidor parshall																		
Instalación de tuberías																		

Colocación de las rejillas gruesas y finas																			
Acabados																			
<b>IMPLEMENTACIÓN DE TRATAMIENTO SECUNDARIO</b>																			
Trazo de excavación																			
Excavación																			
Movimiento de tierra																			
Nivelación del piso																			
Tuberías																			
Construcción de estación de bombeo																			
Instalación de bombas y paneles de control																			
Construcción del sistema anaerobio																			
Implementación de geomembrana en lagunas facultativas y de maduración																			

**Elaboración:** Las autoras

## Recursos Logísticos

Tabla 13. Recursos logísticos

<b>IMPLEMENTACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL CASCO URBANO DEL CANTÓN SANTA ROSA</b>				
<b>TRATAMIENTO PRELIMINAR</b>				
<b>Item</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Total</b>
Replanteo y nivelación	m2	350000		\$1.721,79
Limpieza y desbroce	m2	350000		\$1.890,80
Cerramiento (excavación , postes)	m2	350000		\$2614,13
Estación de bombeo	m2	3	\$24,224	\$72,67
Componentes eléctricos y electrónicos (cableado, tableros eléctricos, estaciones de control, pulsadores, interruptores, etc)	m		3,022,5	\$3.022,5
Válvula de compuerta		10	\$80	\$800
<b>PRETRATAMIENTO</b>				
Excavación manual	m3		720	\$1.440
Adecuación fondo de la zanja	m2			\$20,16
Encofrado recto	m2	5	\$19,92	\$2.436

Rejillas finas y gruesas (2.5cm y 4cm)	U	17	\$65	\$ 1.105
Material de construcción (hormigón armado) F'c= 240 Kg/cm2 F y= 4200 Kg/cm2	m3		\$230	\$32.200
Malla electrosoldada 6mm 15x15 cm	m2	175	\$5	\$875
<b>TRATAMIENTO PRIMARIO</b>				
<b>DESARENADOR</b>				
Muros estructura Hormigón Armado F'c= 240 Kg/cm2	m3		\$230	\$56.350
Acero F y= 4200 Kg/cm2	kg		\$2	\$5.600
Malla electrosoldada 6mm 15x15 cm	m2		\$4,98	\$1.045,8
Excavación mecánica	m		\$8,00	\$3.080
Bomba de dosificación para coagulante				\$1.300
<b>TRAMPA GRASA</b>				
Excavación	m3	80	\$8	\$3.080
Compactación mecánica	m2	80	\$0,98	\$78,40
Hormigón Armado F'c= 240 Kg/cm2	m3		\$230	\$172.500

Acero F y= 4200 Kg/cm2	Kg		\$1,79	\$5.012
<b>TRATAMIENTO SECUNDARIO</b>				
Excavación mecánica	m3	80	\$8	\$640
Geomembrana	m2	550000	\$3	1.650,000
<b>TUBERÍAS Y ACCESORIOS</b>				
Excavación mecánica				\$343.000
Maquinaria				\$200.000
Mano de obra				\$500.000
Instalación de accesorios				\$15.000
Gastos varios				\$10.000
<b>COSTOS DE CONSTRUCCIÓN</b>				
Patente municipal				\$2,30
Permiso de bomberos				\$5,70
Permiso de salud				-
<b>SUBTOTAL</b>				2.683.544,96
<b>IVA 12%</b>				32.202,540
<b>TOTAL</b>				3.005.570,36

**Elaboración:** Las autoras

**Tabla 14.** Costo de mantenimiento anual

<b>Recurso/ herramienta</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio total</b>
Operadores	U	9	\$850,00	\$91.800
Servicios básicos	-	-	\$1,375,49	\$16.505,97
Maquinaria	U	1	\$346	\$4.152
Materiales	-	-	-	\$2500
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$114.958</b>
			<b>IVA 12%</b>	<b>\$13.794</b>
			<b>TOTAL</b>	<b>\$128.752</b>

**Elaboración:** Las autoras

### **CAPÍTULO III. VALORACIÓN DE FACTIBILIDAD**

#### **Análisis de la Implementación Técnica de la Propuesta**

El cantón Santa Rosa actualmente no cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales, para realizar el tratamiento adecuado a las aguas residuales del casco urbano. Posee un sistema de lagunas de oxidación en deficiencia que, por los años de uso y su infraestructura poco adecuada, provocó un sin número de fallas técnicas que exige la ley en sus normativas; Es por eso que es necesario la implementación de un diseño técnico acorde a lo exigido por el organismo de control, una planta de tratamiento que permita mantener eficiente los procesos imprescindibles para la depuración de aguas y sus parámetros estén acorde a los límites máximos permisibles para descargas a cuerpos de agua dulce.

El cantón posee el espacio suficiente para adoptar la idea de diseño con sus tres fases; Pretratamiento, tratamiento primario y tratamiento secundario, en donde se harán uso de las propiedades bacteriológicas del agua residual a tratar para reducir los niveles de parámetros microbiológicos que se encontraron fuera de los rangos autorizados.

La Constitución del Ecuador en su artículo 264 numeral 4 donde describe que los municipios tienen la competencia de la depuración de aguas residuales.

El proyecto es factible técnicamente, evitará sanciones por parte de la Autoridad Ambiental Competente, que tendrá la responsabilidad del control, manejo y disposición de aguas residuales, hacia el ente municipal encargado EMAPASR-EP del cantón Santa Rosa, organismo que es encargado del alcantarillado de la ciudad y a su vez, que será el responsable del funcionamiento, mantenimiento y operación de la PTAR propuesta.

## **Análisis de la Implementación Económica de la Propuesta**

Además de tecnificar los procesos que se dan actualmente en el sistema de tratamiento de efluentes del cantón Santa Rosa mediante la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales, se aprovechará el principio del recurso subsanando falencias de tratamiento mediante una estructura la cual tendrá un costo de \$3.005.570,36 dólares americanos.

Para la realización de este análisis se tomó en cuenta el ingreso anual que recibe EMAPASR-EP por rubros de alcantarillado que es utilizado para gastos administrativos y técnicos que tiene este departamento.

Mediante la fórmula estadística VAN (valor actual neto) calculamos el ingreso actual neto que percibirá la planta es de \$756.987,72 dólares americanos, con un rubro de mantenimiento anual de \$128.752 dólares, obteniendo una tasa de descuento del 12% por ser un proyecto de beneficio social ambiental por tanto se espera que este proyecto mejore en ámbitos sin fines de lucro.

Se puede decir que la propuesta es completamente factible económicamente porque de acuerdo a las formulas aplicadas se determina que no requeriría aumento en ninguna tasa de cobro a la población ni un presupuesto mayor al que el estado otorga a los GAD's municipales para estos proyectos.

**Tabla 15.** Valor Actual Neto de la Propuesta

VALOR ACTUAL NETO DE LA PROPUESTA	
<b>PERIODO</b>	<b>VALOR</b>
0	-3.005.570,36
1	756.987,72
2	756.987,72
3	756.987,72
4	756.987,72
5	756.987,72
6	756.987,72
7	756.987,72
8	756.987,72
9	756.987,72
10	756.987,72
11	756.987,72
12	756.987,72
13	756.987,72
14	756.987,72
15	756.987,72
16	756.987,72
17	756.987,72
18	756.987,72
19	756.987,72
20	756.987,72
21	756.987,72
22	756.987,72
23	756.987,72
24	756.987,72
25	756.987,72
26	756.987,72
27	756.987,72
28	756.987,72
29	756.987,72
30	756.987,72

<b>TASA DE OPORTUNIDAD</b>	12%
<b>GATOS DE MANTENIMIENTO</b>	\$128.752,00
<b>RUBRO POR ALCANTARILLADO</b>	885.739,72

<b>VAN</b>	3.092.104,99
------------	--------------

**Elaboración:** las autoras

## **Análisis de la Implementación Social de la Propuesta**

Mediante la implementación de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales con procesos y funcionamiento adecuado en el cantón Santa Rosa, que depuran el agua hasta sus niveles máximos permisibles para su descarga, en todos los parámetros físicos, químicos y microbiológicos establecidos por las normativas de calidad ambiental, ayudará al desarrollo del cantón, a la prevención de enfermedades que contrae los diferentes patógenos y bacterias que habitan en las aguas contaminadas.

No se ha reportado hasta la actualidad ningún problema de salud en la población por el mal tratamiento de aguas residuales del cantón Santa Rosa, su descarga se dirige hacia el mar, ignorando la reutilización para otras actividades. Mediante la implementación de los procesos se evitará posibles impactos negativos, enfermedades o malestares a la población.

También, mejorará el aspecto de la ciudad, la planta, al tener una depuración de agua favorable, eficiente y efectiva, contará con el reconocimiento respectivo por las autoridades; evitando sanciones, conservando el recurso hídrico, cumpliendo las normativas ambientales, contribuyendo al uso sostenible y sustentable del agua, restaurando el agua residual a un agua con características y propiedades óptimas, y a su vez, incentivando a las personas a fomentar una cultura ambiental, motivando a seguir con proyectos que impulse a la regularización y reparación integral del medio ambiente que recaen en los individuos y sociedades.

Como lo indica el Eje 1 del Plan Nacional del Desarrollo 2017-2021 es importante “garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones”, con la depuración adecuada de las aguas residuales, se está contribuyendo a salvaguardar los recursos hídricos, para que puedan ser aprovechados por la población de cualquier generación, reduciendo el impacto negativo que se está suscitando por todo el mundo.

## **Análisis de la Implementación Ambiental de la Propuesta**

La implementación de procesos adecuados para el tratamiento de aguas residuales permitirá mejorar la calidad de depuración del recurso mejorándolo en un alto porcentaje para que su descarga no afecte de manera significativa al efluente donde será descargado tratando de adoptar el principio de: "regresar el recurso en mejores o iguales condiciones del que fue tomado". Se tomaron en cuenta todas las especificaciones de las normativas nacionales que indican la correcta implementación de cada uno de los procesos de acuerdo al uso del agua que se va a tratar.

La implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales mejoraría positivamente el impacto ambiental que se le está dando a los recursos hídricos que son usados para diversas actividades del cantón, lo que permitirá depositar sus aguas en un cuerpo de agua llevando consigo las propiedades físicas, químicas y microbiológicas adecuadas según la legislación ecuatoriana.

Los tres procesos básicos a adoptarse minimizamos sólidos de mayor y menor tamaño, también con la aplicación de un floculante se disminuye la presencia de tensoactivos, además el DBO excedido bajara su nivel en la primera fase, y en las siguientes los coliformes, microorganismos y algunos agentes patógenos.

## CONCLUSIONES

Los efluentes descargados del actual sistema de tratamiento de aguas residuales del cantón Santa Rosa, según los análisis bacteriológicos realizados presentan microorganismos patógenos tales como Coliformes totales, Coliformes fecales y escherichia coli.

En base a los resultados obtenidos se evidencio que el índice bacteriológico patógeno presente en las descargas de los efluentes sobrepasa los Límites Máximos Permisibles de Coliformes fecales tomando como referencia lo expuesto en el TULSMA; Con relación a los Coliformes totales y escherichia coli, no existe una normativa nacional que indique cuales son los LMP, por consiguiente los resultados fueron comparados con normativas internacionales de España y Republica Dominicana; donde se determinó que los coliformes totales y escherichia coli han sobrepasado los LMP expuestos en las normativas mencionadas.

Referente a las descargas de efluentes del sistema de tratamiento del cantón Santa Rosa se determinó que este sistema no posee mantenimiento alguno por consiguiente una de las lagunas de oxidación está colapsada, tampoco posee un sistema adecuado del tratamiento bacteriológico ya que se demostró que los efluentes descargados poseen microorganismos patógenos.

## RECOMENDACIONES

- Que la Empresa Municipal de agua potable y alcantarillado del cantón Santa Rosa como encargada del tratamiento de aguas residuales, implemente un sistema adecuado para el tratamiento bacteriológico patógeno antes de la descarga de los efluentes hacia los cuerpos receptores.
- Que el monitoreo de los efluentes previo a la descarga se lo realice de acuerdo a lo que se especifique en los estudios ex ante a la construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, para que de esta manera se garantice el cumplimiento de los límites máximos permisibles.
- Que el Gobierno Autónomo Descentralizado Del Cantón Santa Rosa implemente un nuevo sistema de tratamiento para los efluentes que son descargados hacia los cuerpos receptores. “Implementar un diseño de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales con los elementos necesarios en los procesos, para cumplir las exigencias de las normativas ambientales que establece la legislación nacional”.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adame, A. (2013). *CONTAMINACIÓN AMBIENTAL Y CALENTAMIENTO GLOBAL*. México : Trillas.
- Agrocalidad. (2015). *instructivo INT/SFA/12*.
- Aguirre, S. (15 de Septiembre de 2018). *Revista de Investigación: Ciencia, Tecnología y Desarrollo*. Obtenido de Revista de Investigación: Ciencia, Tecnología y Desarrollo:  
[https://www.researchgate.net/publication/329794805\\_Tratamiento\\_primario\\_de\\_aguas\\_servidas\\_mediante\\_tanque\\_septico\\_en\\_urbanizacion\\_de\\_Lurigancho\\_Lima](https://www.researchgate.net/publication/329794805_Tratamiento_primario_de_aguas_servidas_mediante_tanque_septico_en_urbanizacion_de_Lurigancho_Lima)
- América, M. (2008). Alianza por el Agua. En M. América, *Manual de Depuración de Aguas Residuales Urbanas*.
- American Public Health Association. (2018).
- Andrade, F., & Peña, M. (2017). *Optimización Energética de las Lagunas Aireadas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Ucumbaba*. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.
- Apella, M., & Araujo, P. (2015). *Microbiología del Agua. Conceptos básicos* . Buenos Aires .
- Arévalo, M., Echelpoel, W. V., Alvarado, A., & Goethals, P. (2017). *Universidd Oberta de Cataunya*. Obtenido de Universidd Oberta de Cataunya:  
[http://discovery.uoc.edu/iii/encore/plus/C\\_\\_Slagunas%20de%20maduraci%C3%B3n\\_\\_Orighresult\\_\\_U\\_\\_X0;jsessionid=A9AFDCD328FE447AB6D46D97F6D587D8?lang=spi&link=http%3A%2F%2F0-search.ebscohost.com.catalog.uoc.edu%2Flogin.aspx%3Fdirect%3Dtrue%26site%3Deds-live%2](http://discovery.uoc.edu/iii/encore/plus/C__Slagunas%20de%20maduraci%C3%B3n__Orighresult__U__X0;jsessionid=A9AFDCD328FE447AB6D46D97F6D587D8?lang=spi&link=http%3A%2F%2F0-search.ebscohost.com.catalog.uoc.edu%2Flogin.aspx%3Fdirect%3Dtrue%26site%3Deds-live%2)
- Attia, M., & Edge, J. (21 de 02 de 2017). *Tylor & Francis*. Obtenido de Tylor & Francis:  
<https://basesdedatos.utmachala.edu.ec:2077/doi/full/10.1080/23265507.2017.1300068>
- Benítez, G. (2013). *Análisis y Modelización de la Inactivación de la Escherichia Coli en Aguas Residuales*. Madrid, España : Universidad Complutense de Madrid.
- Cabrera, X., Fleites, M., & Contreras, A. (2009). *Estudio del Proceso de Coagulación-Floculación en Aguas Residuales de la Empresa Textil "DEsembarco de Granma" a Escala de Laboratorio*. Santiago de Cuba, Cuba: Universidad de Oriente.
- Cedeño, G., & León-Wong, A. (2018). *EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CASCO URBANO DEL CANTÓN SANTA ROSA PARA LA CONSERVACIÓN DEL AGUA*. Machala: Universidad Técnica de Machala.

- Comisión Nacional Del Agua. (2015). Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Pretratamiento y tratamiento Primario. En C. N. Agua, *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento* (pág. 74). Tlalpan, México: Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Cruz, J. (s.f). *Galeon*. Obtenido de Galeon: <http://asecam.galeon.com/>
- Demirbas, A., Bamufleh, H., Edris, G., & Alalayah, W. (10 de 08 de 2017). *Tylor & Francis*. Obtenido de Tylor & Francis: <https://basesdedatos.utmachala.edu.ec:2077/doi/full/10.1080/10916466.2017.1290653?scroll=top&needAccess=true>
- Encinas, M. (2009). *Fundamentos de Medio Ambiente*. Barcelona, España: Apoyo a la Docencia.
- Ferrer, J., Seco, A., & Robles, Á. (2018). *Tratamientos biológicos en Aguas Residuales*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Guerrero, M. (2014). “*ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL Y PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA PARROQUIA QUINCHICOTO*”. Ambato: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.
- Hernández, D., & Sánchez, S. (2015). *Diseño de una Planta de Tratamiento de Agua Residual para el Municipio de San Marcos- Departamento de Sucre*. Bogotá, Colombia: Universidad Católica de Colombia.
- Kuczynski, D. (2017). *Las Bacterias sean unidas: una introducción a la ecología de los ríos urbanos*. Maipue.
- León, R., Pernía, B., Siguencia, R., Franco, S., & Noboa, A. (12 de 2018). *Scielo*. Obtenido de Scielo: [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1390-65422018000400131&lang=es](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422018000400131&lang=es)
- Liefländer, A., Fremery, C., & Bogner, F. (21 de 01 de 2016). *Tylor y Francis*. Obtenido de Tylor y Francis: <https://basesdedatos.utmachala.edu.ec:2077/action/showCitFormats?doi=10.1080%2F21711976.2015.1114216>
- Litti, Y., Nikitina, A., Kovalev, D., Ermoshin, A., Mahajan, R., Goel, G., & Nazhevnikova, A. (28 de 12 de 2017). *Tylor & Francis*. Obtenido de Tylor & Francis: <https://basesdedatos.utmachala.edu.ec:2077/doi/full/10.1080/09593330.2017.1417492>
- Llavador, F. (2016). *E-LIBRO*. Obtenido de E-LIBRO: <https://basesdedatos.utmachala.edu.ec:2136/lib/utmachalasp/reader.action?docID=5214575&query=tratamiento%2Baguas%2Bresiduales>

- Lopez, C., Buitrón, G., García, H., & Cervantes, F. (2017). *Tratamiento biológico de aguas residuales: principios, modelación y diseño*. The Editors.
- López, S., & Martín, S. (2015). *Depuración de aguas residuales*. España: Elearning SA.
- Matsumoto, T., & Sánchez, I. (08 de 2016). *Scielo*. Obtenido de Scielo: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-750X2016000200005&lang=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-750X2016000200005&lang=es)
- Merizalde, E. M., & Cabrera, M. (2019). *Scielo*. Obtenido de Scielo: [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1390-01292019000200007&lng=es&tlng=es](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-01292019000200007&lng=es&tlng=es).
- Ministerio del Ambiente. (2015). Acuerdo Ministerial 097 A Anexo 1: Normas de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua. En M. d. Ambiente, *Texto Unificado de Legislación Secundaria Del Ministerio Del Ambiente* (pág. 32). Quito, Ecuador: Ministerio del Ambiente.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2012). Descargas de agua residual municipal en aguas superficiales y subsuelo. En M. D. Ambiente, *Norma Ambiental sobre Control de Descargas a Aguas Superficiales, Alcantarillado Sanitario y Aguas Costeras* (pág. 27). Santo Domingo, República Dominicana : Ministerio del Medio Ambiente .
- Mora, J., & Calvo, G. (2010). Estado actual de contaminación con coliformes fecales de los cuerpos de agua de la Península de Osa. *Tecnología en Marcha*, 7.
- Murrell, L., & Adina, J. (2016). *Comunidades bacterianas de dos ecosistemas dulceacuícolas del occidente de Cuba y su relación con la calidad físico-química y microbiológica de sus aguas*. Cuba: Universitaria.
- OMS. (2016). *PROTECTING SURFACE WATER FOR HEALTH, IDENTIFYING, ASSESSING AND MANAGING DRINKING-WATER QUALITY RISKS IN SURFACE-WATER CATCHMENTS*. Geneva, Switzerland: World Health Organization.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización. (Abril de 2014). *Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales* . Obtenido de Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales : [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827)
- Organización Panamericana de la Salud. (2005). *Guía Para El Diseño de DESarenadores y Sedimentadores* . Lima, Perú : OMS.
- Orozco, C. (2011). *Contaminación Ambiental una visión desde la química*. Madrid: Parainfo SA.
- Pimentel, G., Flores, R., Alfaro, Y., & Villareal, D. (2017). *Aplicación de bacterias benéficas como modelo experimental para la reducción de sólidos y conductividad en aguas residuales*. Panamá: Universidad de Panamá.
- Qarani, S., & Mohammed, S. (25 de 09 de 2017). *Tylor & Francis*. Obtenido de Tylor & Francis:

<https://basesdedatos.utmachala.edu.ec:2077/doi/full/10.1080/15435075.2017.1370594>

- Ramos, L., Ortega, L., Vilardy, S., & Saavedra, L. (2008). *ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA (COLIFORMES TOTALES Y FECALES) EN LA BAHÍA DE SANTA MARTA, CARIBE COLOMBIANO*. Magdalena, Colombia: Instituto de Investigaciones Tropicales, Universidad del Magdalena.
- Reutelshöfer, T. (2015). *Guía de Operación y Mantenimiento de Lagunas de Oxidación en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*. La Paz, Bolivia: Estado Presidencial de Bolivia.
- Ríos, S., Agudelo, R., & Gutierrez, L. (2017). *Patógenos e indicadores microbiológicos de*. Antioquia : Universidad de Antioquia.
- Sáenz, L., Zambrano, D., & Calvo, J. (06 de 2016). *Scielo*. Obtenido de Scielo: [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0379-39822016000200137&lang=es](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0379-39822016000200137&lang=es)
- Sánchez, J. (2013). *Medida de Caudales*. Salamanca, España: Universidad de Salamanca.
- Sánchez, Segura, & Araceli. (2005). *Proyecto de Sistemas de Alcantarillado*. México: Insituto Politécnico Nacional.
- Semarnat. (2001). *Norma de Calidad del Agua y Control de Descargas AG-CC-01*. 2001: Secretaria de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- SENAGUA. (29 de octubre de 2016). *Diario La Hora*. Obtenido de Diario La Hora: <https://lahora.com.ec/noticia/1101997377/home>
- SENASBA. (2015). *Guía para la toma de muestras de Agua Residual*. La Paz, Bolivia : Servicio Nacional para la Sostenibilidad de Servicios en Saneamiento.
- Sierra, C. (2011). *Calidad del agua: Evaluación y Diagnóstico*. Medellín: Universidad de Medellín.
- Silveria, C., Branco, F., Godefroid, S., & Silva, R. (2018). *Scielo*. Obtenido de Scielo: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-41522018000500933](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522018000500933)
- Tarón, A., Guzmán, L., & Barros, I. (06 de 2017). *Scielo*. Obtenido de Scielo: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-37092017000100073&lang=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-37092017000100073&lang=es)
- Therrien, J. D., PeterVanrolleghem, & Dorea, P. (2019). *Scielo*. Obtenido de Scielo: <https://dx.doi.org/10.4314/wsa.v45i2.12>
- Thiago, F., Augusto, C., Rosado, F., Junior, L., & Marcos, C. (2018). *Scielo*. Obtenido de Scielo: <https://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.2084>
- Torres, P. (2012). *Perspectiva del Tratamiento Anaerobio de Aguas Residuales Domésticas en Países en Desarrollo*. Medellín, Colombia: Escuela de Ingeniería de Antioquia.

Yanxiang, G., Shuyam, L., Feifei, W., & Lijuan, L. (17 de 07 de 2014). *Tylor y Francis*.  
Obtenido de Tylor y Francis:  
<https://basesdedatos.utmachala.edu.ec:2077/doi/abs/10.1080/10042857.2010.10685003>

## ANEXOS

### Anexo A. Primera estación de bombeo de las lagunas de oxidación del cantón Santa Rosa

**Fotografía 1.** Estructura de la primera estación ubicada en las calles: Avenida Sixto Durán Vallen y José María Ollague



**Fuente:** Las autoras

**Fotografía 2.** Cisterna de la primera estación de bombeo



**Fuente:** Las autoras

**Anexo B.** Segunda Estación de Bombeo de las lagunas de oxidación del cantón Santa Rosa

**Fotografía 3.** Estructura de la Segunda estación de bombeo ubicada Vía Puerto Jelí



**Fuente:** Las autoras

**Fotografía 4.** Cisterna de la Segunda Estación de bombeo



**Fuente:** Las autoras

## Anexo C. Control Biológico

**Fotografía 5.** Tanque con Bacteria Bacter C-W, agua y melaza



**Fuente:** Las autoras

**Fotografía 6.** Control biológico



**Fuente:** Las autoras

## **Anexo D. Lagunas de oxidación**

**Fotografía 7.** Laguna de oxidación habilitada



**Fuente:** Las autoras

**Fotografía 8.** Laguna de oxidación en proceso de secado



**Fuente:** Las autoras

**Anexo E. Cuerpo receptor “Estero 3 bocas”**

**Fotografía 9.** Cuerpo receptor (espumas)



**Fuente:** Las autoras

**Anexo F. Toma de muestras de aguas residual**

**Fotografía 10.** Toma de muestra de agua residual



**Fuente:** Las autoras

*Anexo G. Check List*

**Tabla 16.** Check list de las lagunas de oxidación

<b>PREGUNTAS</b>		
Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del cantón Santa Rosa	SI	NO
<b>SUELO</b>		
¿La actividad del tratamiento de aguas residuales puede afectar la cubierta terrestre e hidrología?	√	
¿La implementación de infraestructura puede modificar el suelo?	√	
¿La sedimentación podría causar infertilidad en el suelo?		√
¿Puede verse afectado la calidad del suelo por los parámetros elevados del agua residual	√	
¿El suelo podría verse afectado por las fugas de agua residuales?	√	
¿El área de interés recibe el debido mantenimiento?		√
<b>AGUA</b>		
¿Puede verse afectado los cursos de aguas superficiales y subterráneos por descargas de aguas residuales tratadas?	√	
¿Las instalaciones incorporadas en el área pueden alterar los cursos de agua?		√
¿La actividad del tratamiento de aguas residuales podrá afectar la calidad del agua?	√	
¿El recurso hídrico podrá verse afectado por la generación de sedimentos y excavaciones subterráneas?	√	
¿Podrá existir pérdida de microorganismos en recurso hídrico?	√	
¿Los drenajes y efluentes de la actividad pueden provocar alteración en los curso de ríos?	√	
¿La alteración de la calidad del agua puede causar cambios en el hábitat de flora y fauna?	√	
¿En la actividad hacen monitoreo sobre el uso de agua?	√	
¿Se evidencia problemas en el agua mediante la observación?	√	
<b>AIRE</b>		
¿Puede verse afectado las condiciones atmosféricas por las emisiones causadas por la actividad de tratamiento de aguas residuales?	√	
¿Puede verse afectado la calidad del aire por los sedimentos generados por la actividad?		√
<b>RUIDO</b>		
¿Podrán las actividades de bombeo ocasionar ruido?	√	
¿Alguna especie se ve afectada por el sonido que ocasiona el proceso de la PTAR?		√
¿El tratamiento de aguas residuales puede ocasionar ruido?		√
<b>FLORA</b>		
¿En la descarga al cuerpo de agua dulce existe flora que podría ser afectada por los parámetros elevados del agua residual?	√	

¿Existe flora que puede perderse por la descarga de aguas residuales?	√	
¿Los límites máximos permisibles elevados en el agua pueden afectar a la flora?	√	
¿Se ha evidenciado flora producto de las aguas residuales descargadas?	√	
<b>FAUNA</b>		
¿Las aguas residuales pueden afectar la fauna acuática?	√	
¿La construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales ha afectado de manera directa la fauna acuática?		√
¿La descarga de parámetros elevados en el cuerpo de agua dulce, afecta la vida acuática?	√	
¿El agua residual puede producir migración de especies?	√	
¿La fauna tiene afectaciones por los lodos sin tratar?	√	
<b>PAISAJE</b>		
¿La descarga de aguas residuales urbanas con un tratamiento poco eficiente puede ocasionar contaminación visual?	√	
¿Puede una planta de tratamiento de aguas residuales generar un impacto visual positivo?		√
¿La descarga de aguas residuales a cuerpos de agua puede afectar la estética de un lugar?	√	
<b>SOCIOECONÓMICO</b>		
¿La mejora de la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales del cantón Santa Rosa puede generar fuentes de trabajo?	√	
¿Tratamiento de aguas residuales puede afectar a la economía de la población del cantón Santa Rosa ?	√	
¿La eficiencia de la planta de tratamiento está vinculado con el presupuesto con el que cuenta la empresa encargada del mismo?	√	
¿La descarga de aguas residuales urbanas mal tratadas en cuerpos de agua puede crear conflictos entre los pobladores?	√	
¿Puede los altos niveles bacteriológicos en las aguas tratadas generar problemas de salubridad en la población?	√	
¿La planta de tratamiento recibe el adecuado mantenimiento para que sus procesos sean adecuados?		√

**Elaboración:** Las autoras

## Anexo H. Análisis de laboratorio: Entrada agua Residual

### Ilustración 2. Resultados de análisis de entrada de las lagunas de oxidación del cantón Santa Rosa



Grupo  
**Químico**  
Marcos

Laboratorio Ambiental Acreditado ISO 17025

INFORME DE ENSAYOS  
N° 77818-1



7781808052019000000 Icajape

Guayaquil, 7 DE AGOSTO DEL 2019

LEON WONG VITE AMY MAYTE  
Representante Legal: LEON WONG VITE AMY MAYTE  
Dirección: Santa Rosa, Tel. 0995506323  
Atención: Ing. Amy Mayte

---

**DATOS DE MUESTREO**

Fecha/Hora/Lugar de Muestreo: 2019/08/05 / 08:12 / 5 esquinas - Cantón Santa Rosa  
Fecha/Hora Recepción Muestras: 2019/08/05 / 17:26  
Punto e Identificación de la Muestra: Entrada de agua residual  
Matriz de la muestra: Agua Residual  
Muestreado Por/Muestreador/Tipo de Muestreo: Karina Gonzalez / Cliente / Simple  
Duración de Muestreo: ---  
Coordenadas Geográficas: 9619548 17M0615180  
Norma Técnica de muestreo: No Aplica  
Muestreo Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas Naturales y Residuales. Parámetros: DBO, DQO, Aceites y Grasas, TPH, Fenoles, ST y SST.

---

**MICROBIOLOGÍA**

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K+2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Coliformes Fecales (1)	>2419,7	NMP/100 ml	---	PEE-GQM-MB-69	2019/08/05 SP
Coliformes Totales-NMP (3)	1986300,0	NMP/100ml	---	PEE-GQM-MB-38	2019/08/05 SP
Escherichia Coli-NMP (3)	1986300,00	NMP/100ml	---	PEE-GQM-MB-38	2019/08/05 SP

**SIMBOLOGÍA:**  
 --- No Aplica  
 <LD Menor al Límite Detectable  
 N.A. No Evaluado  
 U K+2 Incertidumbre  
 L.P.A. Environmental Protection Agency  
 S.M. Standard Methods  
 L.M.P. Límite Máximo Permisible  
 P.E.E. Procedimiento específico de ensayo

**NOMENCLATURA:**  
 (1) Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.  
 (2) Parámetro subcontratado NO ACREDITADO, competencia evaluada Cea. 5 Manual de Calidad de GQM.  
 (3) Parámetro acreditado cuyo resultado está FUERA DEL ALANCE de acreditación.  
 (4) Parámetro subcontratado ACREDITADO, ver alcance en www.acred Ecuador.gov.ec



**Q.F. FERNANDO MARCOS V.**  
Director Técnico



**Q.F. LAURA YANQUI M.**  
Coordinadora de Calidad

**IMPORTANTE:**  
 Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.

MIC2201-14

Parque California 2 Local D-42 Km. 11,5 vía a Daule  
042-103390(2) / 042-103825(35) / 0998-286653  
www.grupoquimicomarcos.com  
Guayaquil - Ecuador

Página 1 de 2

Fuente: Laboratorio Grupo Químico Marcos

### Ilustración 3. Detalles del análisis de agua



INFORME DE ENSAYOS  
N° 77818-2



7781808052019000000 Icajape

LEON WONG VITE AMY MAYTE  
Representante Legal: LEON WONG VITE AMY MAYTE  
Dirección: Santa Rosa, Tel. 0995506323  
Atención : Ing. Amy Mayte

Guayaquil, 7 DE AGOSTO DEL 2019

#### DATOS DE MUESTREO

Fecha/Hora/Lugar de Muestreo:	2019/08/05 / 08:51 / Vía Puerto Jeli - Cantón Santa Rosa
Fecha/Hora Recepción Muestras:	2019/08/05 / 17:26
Punto e Identificación de la Muestra:	Salida PTAR
Matriz de la muestra:	Agua Residual
Muestreado Por/Muestreador/Tipo de Muestreo:	Karina Gonzalez / Cliente / Simple
Duración de Muestreo:	---
Coordenadas Geográficas:	9619930 17M0612883
Norma Técnica de muestreo:	No Aplica
Muestreo Actividad Acreditada:	Muestreo de Aguas Naturales y Residuales. Parámetros: DBO, DQO, Aceites y Grasas, TPH, Fenoles, ST y SST.

#### MEMORIA FOTOGRÁFICA



Q.F. FERNANDO MARCOS V.  
Director Técnico

Q.F. LAURA YANQUI M.  
Coordinadora de calidad

**¡IMPORTANTE!**  
Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.

MC2201-14

Parque California 2 Local D-41 Km. 11,5 vía a Daule  
042-103390(2) / 042-103825(35) / 0998-286653  
www.grupoquimicomarcos.com  
Guayaquil - Ecuador

Página 2 de 2

Fuente: Laboratorio Grupo Químico Marcos

## Anexo I. Análisis laboratorio: Salida a cuerpo receptor

### Ilustración 4. Resultados de análisis de salida de las lagunas de oxidación del cantón Santa Rosa



Grupo  
**Químico**  
Marcos

Laboratorio Ambiental Acreditado ISO 17 025

INFORME DE ENSAYOS  
N° 77818-2



7781808052019000000 Icajape

LEON WONG VITE AMY MAYTE  
Representante Legal: LEON WONG VITE AMY MAYTE  
Dirección: Santa Rosa, Tel. 0995506323  
Atención : Ing. Amy Mayte

Guayaquil, 7 DE AGOSTO DEL 2019

---

**DATOS DE MUESTREO**

Fecha/Hora/Lugar de Muestreo:	2019/08/05 / 08:51 / Via Puerto Jeli - Cantón Santa Rosa
Fecha/Hora Recepción Muestras:	2019/08/05 / 17:26
Punto e identificación de la Muestra:	Salida PTAR
Matriz de la muestra:	Agua Residual
Muestreo Por/Muestreador/Tipo de Muestreo:	Karina Gonzalez / Cliente / Simple
Duración de Muestreo:	---
Coordenadas Geográficas:	9619930 17M0612883
Norma Técnica de muestreo:	No Aplica
Muestreo Actividad Acreditada:	Muestreo de Aguas Naturales y Residuales. Parámetros: DBO, DQO, Aceites y Grasas, TPH, Fenoles, ST y SST.

---

**MICROBIOLOGÍA**

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Coliformes Fecales (1)	2419,60	NMP/100 ml	---	PEE-GQM-MB-69	2019/08/05 SP
Coliformes Totales-NMP (3)	1986300,0	NMP/100ml	---	PEE-GQM-MB-38	2019/08/05 SP
Escherichia Coli-NMP (3)	1986300,00	NMP/100ml	---	PEE-GQM-MB-38	2019/08/05 SP

**SIMBOLOGÍA:**  
 --- No Aplica  
 -ID Menor al Límite Detectable  
 N.B. No Efectuado

U K=2 Incertidumbre  
 E.P.A. Environmental Protection Agency  
 S.M. Standard Methods

L.M.P. Límite Máximo Permisible  
 P.E.E. Procedimiento específico de Ensayo

**NOMENCLATURA:**  
 (1) Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación ISO 17025 por el IAF.  
 (2) Parámetro subcontratado NO ACREDITADO, competencia evaluada Cap. 5 Manual de Calidad de GQM.  
 (3) Parámetro acreditado cuyo resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.  
 (4) Parámetro subcontratado ACREDITADO, ver alcance en www.acreditacion.gob.ec



**Q.F. FERNANDO MARCOS V.**  
Director Técnico



**Q.F. LAURA YANQUI M.**  
Coordinadora de Calidad

**¡IMPORTANTE!**  
 Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.

MC2201-14

Parque California 2 Local D-41 Km. 11.5 vía a Daule  
 042-103390(2) / 042-103825(35) / 0998-286653  
 www.grupoquimicomarcos.com  
 Guayaquil - Ecuador

Página 1 de 2

Fuente: Laboratorio Grupo Químico Marcos

**Ilustración 5 . Resultados de análisis de salida de las lagunas de oxidación del cantón Santa Rosa**



**Grupo Químico Marcos**  
Laboratorio Ambiental Acreditado ISO 17025

**INFORME DE ENSAYOS**  
N° 77818-1



7781808052019000000 Icajape

LEON WONG VITE AMY MAYTE  
Representante Legal: LEON WONG VITE AMY MAYTE  
Dirección: Santa Rosa, Tel. 0995506323  
Atención : Ing. Amy Mayte

Guayaquil, 7 DE AGOSTO DEL 2019

---

**DATOS DE MUESTREO**

Fecha/Hora/Lugar de Muestreo:	2019/08/05 / 08:12 / 5 esquinas - Cantón Santa Rosa
Fecha/Hora Recepción Muestras:	2019/08/05 / 17:26
Punto e identificación de la Muestra:	Entrada de agua residual
Matriz de la muestra:	Agua Residual
Muestreo Por/Muestreador/Tipo de Muestreo:	Karina Gonzalez / Cliente / Simple
Duración de Muestreo:	—
Coordenadas Geográficas:	9619548 17M0615180
Norma Técnica de muestreo:	No Aplica
Muestreo Actividad Acreditada:	Muestreo de Aguas Naturales y Residuales. Parámetros: DBO, DQO, Aceites y Grasas, TPH, Fenoles, ST y SST.

---

**MEMORIA FOTOGRÁFICA**




  
**Q.F. FERNANDO MARCOS V.**  
 Director Técnico

  
**Q.F. LAURA YANQUI M.**  
 Coordinadora de calidad

**IMPORTANTE:**  
Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQR.

MC2201-14

Parque California 2 Local D-41 Km. 11,5 vía a Daule  
042-103390(2) / 042-103825(35) / 0998-286653  
www.grupoquimicomarcos.com  
Guayaquil - Ecuador

Página 2 de 2

**Fuente:** Laboratorio Grupo Químico Marcos

## Anexo J. Análisis otorgados por EMAPASR-EP de Julio de 2018

### Ilustración 6. Entrada Agua Residual Julio 2018 EMAPASR-EP



**INSPECTORATE**



Acreditación N° 048 LE C 01405  
LABORATORIO DE ENSAYOS

Informe de ensayo											
Guayaquil OL N°: 78645/7											
datos del cliente											
cliente:	EMPRESA PUBLICA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DEL CANTON SANTA ROSA EMAPASR EP										
dirección:	EL ORO / SANTA ROSA / EL ORO SIN Y SUCRE										
solicitado por:	Dr. Fernando Ortega	fecha:	17/07/2018	hora:	08:30						
muestreo realizado por:	Inspectorate del Ecuador S.A.	lugar:	Santa Rosa - Machala								
fecha de recepción:	18/07/2018	fecha de análisis:	18/07/2018	reporte final:	08/08/2018						
<small>NOTA: Los resultados reportados corresponden únicamente a la(s) muestra(s) recibida(s) en el laboratorio, la identificación de las muestras es la responsabilidad del cliente. Este reporte no debe ser reproducido parcial o totalmente, excepto con la aprobación escrita del laboratorio. Preguntas o comentarios comuníquese al: 043-399192. Ext 107-110 o 120</small>											
datos de la muestra											
tipo:	Agua Residual	cantidad:	4000ml	envase:	cerrado, de plastico, lleno,						
identificación de la muestra:	M1 - Agua Residual Entrada a las Lagunas de Oxidación (Santa Rosa). Coordenadas: GPS 615121 - 9818222										
Resultados de Microbiología											
Parámetros	Métodos	AZLA	SAE	Unidad	Resultados	Tabla 10 (A)	Tabla 10 (B)				
*E.Coli	INSP-LAB-SOP-107 / Standard Methods 9221B			NMP/100 ml	<1,8	—	—				
Coliformes Fecales	INSP-LAB-SOP-107 / Standard Methods 9221B		✓	NMP/100 ml	>16000000	2000	2000				
Coliformes Totales	INSP-LAB-SOP-107 / Standard Methods 9221B		✓	NMP/100 ml	>16000000	—	—				
Resultados de Cromatografía											
Parámetros	Métodos	AZLA	SAE	Unidad	Resultados	CCa	LOQ	LOD	1/3U	Tabla 10 (A)	Tabla 10 (B)
Hidrocarburos totales de petróleo	Método GC-FID			mg/l	<LOQ	—	5	—	—	20.0	20.0
Resultados de Metales											
Parámetros	Métodos	AZLA	SAE	Unidad	Resultados	LOQ	LOD	% r.t.	Tabla 10 (A)	Tabla 10 (B)	
Arsénico	EPA 3015		✓	mg/l	0.01434	0.00925	—	85.2	0.5	0.5	
Cadmio	EPA 3015		✓	mg/l	0.001054	0.000625	—	93.85	—	—	
Hierro	EPA 3015		✓	mg/l	3.59	0.425	—	102.6	—	—	
Mercurio	EPA 3015		✓	mg/l	0.00322	0.00125	—	104.64	0.01	0.01	
Piomo	EPA 3015		✓	mg/l	0.01338	0.00925	—	98.85	—	—	
Resultados Ambientales											
Parámetros	Métodos	AZLA	SAE	Unidad	Resultados	U/L	Tabla 10 (A)	Tabla 10 (B)			
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	(INSP-LAB-SOP-109/Standard Methods 2291.5220 D)Spectroquant Sol. A+B 114538-114539 (100-1500 mg/l)		✓	mg/l	563	19.64	400.0	600			
Nitratos	INSP-LAB-SOP-114 / Spectroquant Nova 60 14773		✓	mg/l	7.9	0.15	—	—			

Página 1 de 2

Cda. Guayaquil, Tercer Callejón 14, Solor 4 y Emilio Soro Lorente Mz. 8, Guayaquil - Ecuador  
 PBX: (593-4) 2399-192 • Fax: (593-4) 2399-201  
 www.inspectorate.com.ec

Scanned with CamScanner

Fuente: EMAPASR-EP

**Ilustración 7. Continuación análisis Julio 2018**



**INSPECTORATE**



Servicio de Acreditación Ecuador  
Acreditada Nº OAE LE C 07-006  
LABORATORIO DE ENSAYOS

Nitrógeno	INSP-LAB-SOP-112 / Spectroquant Nova 60 14778	✓	mg/l	0.15	0.004	—	—
*Amonio y/o Nitrógeno Amomacal	INSP-LAB-SOP-117 / Spectroquant Nova 60 14752		mg/l	0.3	-	—	—
Nitrógeno Orgánico Kjeldahl	Standard Methods 4500-N C (Mod)	✓	mg/l	78.48	3.40	40.0	40.0
Acetes y Grasas	INSP-LAB-SOP-035 / Standard Methods 22h 5520 B	✓	mg/l	55.6	4.93	30.0	30.0
*Nitrógeno total	SPECTROQUANT NOVA 60 14537		mg/l	34	-	—	—
*Cromo Hexavalente	Spectroquant Nova 50 14552		mg/l	<0.05	-	0.5	0.5
Fosforo Total	INSP-LAB-SOP-120 / Spectroquant Nova 60 14729	✓	mg/l	15.6	0.84	—	—
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	INSP-LAB-SOP-037 / Standard Methods 22h 5210 D	✓	mg/l	470	71.44	200.0	400
Sólidos suspendidos	INSP-LAB-SOP-042 / Standard Methods 22h 2540 D	✓	mg/l	920	6.25	250.0	250.0

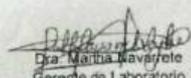
Las opiniones / interpretaciones que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE y AZLA.

Notas:  
 (%): El porcentaje de recuperación declarado, constituye un dato referencial de la muestra control contra por el Serch de análisis, no corrige el valor obtenido.  
 LOD: Límite de cuantificación, LOQ: Límite de detección, ND: No detectable al (límite de detección)  
 (SU) Incertidumbre) U EXPANDIDA, basado en un nivel de confianza de K = 2 (95%)  
 <3 Significa ausencia de tubos positivos, <10 Significa ausencia en una dilución de 1/10.  
 <1 Significa ausencia en una muestra directa, <1.1 significa ausencia de tubos positivos  
 <1.8 significa ausencia de tubos positivos  
 (\*) Parámetro fuera del alcance de Acreditación  
 (\*\*) Por fuera de rango de validación del método  
 (†) Parámetros Subcontrolados

Para comparar los resultados obtenidos se utilizan los límites del Acuerdo Ministerial 007A.  
 Tabla #1 - Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico.  
 Tabla #2 - Límites de descarga a un cuerpo de agua Mariva  
 (A) descarga en zona de rorripientes.  
 (B) descarga mediante emisarios submarinos

**Memorias Fotográficas**





Dra. Martha Pavayrale  
Gerente de Laboratorio



**BUREAU  
VERITAS**

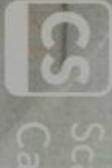
Página 2 de 2

Cda. Guayaquil, Tercer Callejón 14, Solar 4 y Emilio Sora Lorente Mz. 8, Guayaquil - Ecuador  
 PBX: (593-4) 2399-192 • Fax: (593-4) 2399-201  
 www.inspectorate.com.ec

**Fuente: EMAPASR-EP**

## Anexo K. Análisis Salida Cuerpo Receptor EMAPASR-EP Julio 2018

Ilustración 8. Análisis salida Julio 2018 EMAPASR-EP



SAE  
Servicio de Acreditación  
Ecuador (SAE)

INSPECTORATE



INSPECTORATE

Acreditación N° CAE LE C 87-046  
LABORATORIO DE ENSAYOS

Informe de ensayo										
Guayaquil OL N° 78648-177										
datos del cliente										
cliente: EMPRESA PUBLICA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DEL CANTON SANTA ROSA EMAPASR EP										
dirección: ELORO / SANTA ROSA / EL ORO SN Y SUCRE										
solicitado por: Dr. Fernando Ortega				fecha: 17/07/2018	hora: 08:30					
muestreo realizado por: Inspectorate del Ecuador S.A.				lugar: Santa Rosa - Machala						
fecha de recepción: 18/07/2018		fecha de análisis: 18/07/2018		reporte final: 08/08/2018						
<small>NOTA: Los resultados reportados corresponden únicamente a la(s) muestra(s) recibida(s) en el laboratorio, la identificación de las muestras es la responsabilidad del cliente. Este reporte no debe ser reproducido parcial o totalmente, excepto con la aprobación escrita del laboratorio. Preguntas o comentarios comuníquese al: 042-399192. Ext. 107-110 o 123</small>										
datos de la muestra										
tipo: Agua Residual		cantidad: 4000ml		envase: cerrado, de plastico, lleno,						
identificación de la muestra: M2.- Agua Residual. Salida a las Lagunas de Santa Rosa, Coordenadas: GPS 612867 - 9619925										
Resultados de Microbiología										
Parámetros	Métodos	AZLA	SAE	Unidad	Resultados	Tabla 10 (A)	Tabla 10 (B)			
E. Coli	INSP-LAB-SOP-107 / Standard Methods 9221B			NMP/100 ml	<1.5	-	-			
Coliformes Fecales	INSP-LAB-SOP-107 / Standard Methods 9221B		✓	NMP/100 ml	3500000	2000	2000			
Coliformes Totales	INSP-LAB-SOP-107 / Standard Methods 9221B		✓	NMP/100 ml	3500000	-	-			
Resultados de Cromatografía										
Parámetros	Métodos	AZLA	SAE	Unidad	Resultados	CCs	LOQ	LOD	Tabla 10 (A)	Tabla 10 (B)
Hidrocarburos totales de petróleo	Método GC-FID			mg/l	< LOQ	-	5	-	20.0	20.0
Resultados de Metales										
Parámetros	Métodos	AZLA	SAE	Unidad	Resultados	LOQ	% RL	Tabla 10 (A)	Tabla 10 (B)	
Arsénico	EPA 3015		✓	mg/l	0.01147	0.00625	65.2	0.5	0.5	
Cadmio	EPA 3015		✓	mg/l	<LOQ	0.00625	63.85	-	-	
Hierro	EPA 3015		✓	mg/l	<LOQ	0.625	102.6	-	-	
Mercurio	EPA 3015		✓	mg/l	0.00760	0.00125	101.86	0.01	0.01	
Ploomo	EPA 3015		✓	mg/l	<LOQ	0.00625	98.85	-	-	
Resultados Ambiental										
Parámetros	Métodos	AZLA	SAE	Unidad	Resultados	COU	Tabla 10 (A)	Tabla 10 (B)		
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	(INSP-LAB-SOP-098/Standard Methods 22th 5220 D/Spectroquant Sol. A+B 114536-114539 (100-1500 mg/l)		✓	mg/l	133	4.64	400.0	800		
Nitratos	INSP-LAB-SOP-114 / Spectroquant Nova 60 14773		✓	mg/l	2.3	0.04	-	-		

Fuente: EMAPASR-EP

**Ilustración 9. Continuación Análisis Salida EMAPASR-EP Julio 2018**



**INSPECTORATE**



Servicio de  
Acreditación  
Ecuatoriana

Acreditación N° OAE LE C 07-004  
LABORATORIO DE ENSAYOS

Nitratos	INSP-LAB-SOP-112 / Spectroquant Nova 60 14776	✓	mg/l	0.14	0003	—	—
*Amoníaco y/o Nitrógeno Amoniacal	INSP-LAB-SOP-117 / Spectroquant Nova 60 14752		mg/l	3.62	-	—	—
Nitrógeno Orgánico Kjeldahl	Standard Methods 4500-N C (Mod)	✓	mg/l	40.97	8.22	40.0	40.0
Acidos y Grasas	INSP-LAB-SOP-035 / Standard Methods 22h 5520 B	✓	mg/l	3.6**	-	30.0	30.0
*Nitrógeno total	SPECTROQUANT NOVA 60 14537		mg/l	29.5	-	—	—
*Cromo Hexavalente	Spectroquant Nova 60 14562		mg/l	<0.05	-	0.5	0.5
Fosforo Total	INSP-LAB-SOP-120 / Spectroquant Nova 60 14729	✓	mg/l	5.4	0.96	—	—
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	INSP-LAB-SOP-037 / Standard Methods 22h 5210 D	✓	mg/l	60	8.23	200.0	400
Sólidos suspendidos	INSP-LAB-SOP-042 / Standard Methods 22h 2540 D	✓	mg/l	60	10.11	250.0	250.0

Las opiniones /interpretaciones que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del RAE y AZLA.

Notas:

(%) El porcentaje de recuperación declarado, constituye un dato referencial de la muestra; control consiste por el Batch de análisis, no corrige el valor obtenido.

LQD: Límite de cuantificación; LLD: Límite de detección; ND: No detectable al límite de detección

(H) Incertidumbre U EXPANDIDA, basada en un nivel de confianza de K = 2 (95%)

<3 Significa ausencia de tubos positivos, <10 Significa ausencia en una dilución de 1/10

<1 Significa ausencia en una siembra directa, <1.1 significa ausencia de tubos positivos

<1.8 significa ausencia de tubos positivos

(\*) Parámetro fuera del alcance de Acreditación

(\*\*) Por fuera de rango de validación del método

(\*) Parámetros Subcontratados

Para comparar los resultados obtenidos se utilizan los límites del Acuerdo Ministerial 097A.

Tabla #1 - Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico

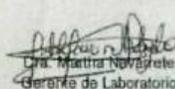
Tabla #10 - Límites de descarga a un cuerpo de agua Marina

(A) descarga en zona de rompientes.

(B) descargas mediante emisarios submarinos

Memorias Fotográficas





Dra. Martha Novatiere  
Gerente de Laboratorio



**BUREAU  
VERITAS**

Página 2 de 2

Calle. Guayaquil, Tercer Callejón 14, Solar 4 y Emilio Saro Lorente Mz. 6, Guayaquil - Ecuador  
 PBX: (593-4) 2399-192 • Fax: (593-4) 2399-201  
 www.inspectorate.com.ec

Scanned with  
CamScanner

**Fuente: EMAPASR-EP**

**Anexo L.** Envío de muestras al Laboratorio Grupo Químico Marcos

**Fotografía 11.** Cooler con muestras de Aguas



**Fuente:** Las autoras

**Anexo M.** Entrevista a autoridades y trabajadores de EMAPASR-EP

**Fotografía 12.** Entrevista con visita in situ de las lagunas de oxidación



**Fuente:** Las autoras

**Anexo N. Visitas a la empresa EMAPASR-EP**

**Fotografía 13.** Visita a EMAPASR-EP



**Fuente:** Las autoras

**Fotografía 14.** Visita al técnico del Departamento de Alcantarillado



**Fuente:** Las autoras

## Anexo O. GPS

**Fotografía 15.** GPS GARMIN Etrex 30 para tomar coordenadas



**Fuente:** Las autoras

## Anexo P. Rejillas de la PTAR

**Tabla 17.** Rejillas gruesas

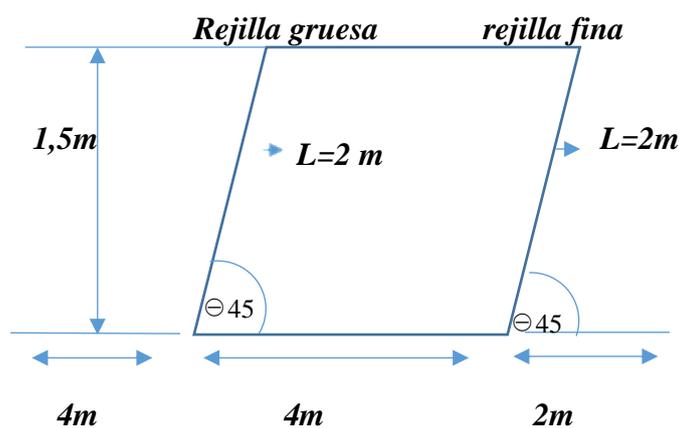
Numero de rejillas gruesas	17 barras
Angulo	0,45°
Espaciamiento	1,5 cm.
Longitud	2 m
Espesor	4 cm

**Tabla 18.** Rejillas finas

Número de rejillas finas	32 barras
Espaciamiento	0,5 cm
Longitud	2 m
Angulo	0,45°
Espesor	2,5 cm

**Fuente:** Las autoras

**Ilustración 10.** Corte transversal de las rejillas del pretratamiento



**Fuente:** Las autoras

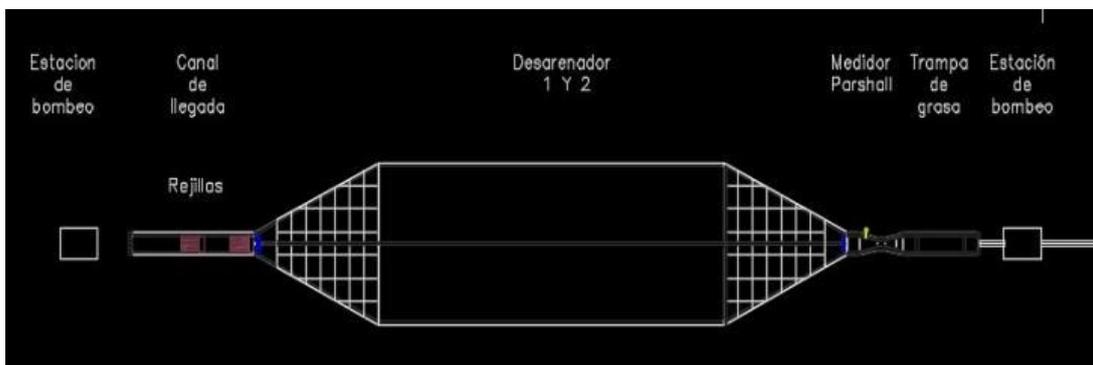
## Anexo Q. Desarenador

**Tabla 19.** Dimensiones del desarenador

Alto de la estructura	1,5 m
Tiempo de sedimentación	12,7 min
Tiempo de sedimentación hidráulica	1750 seg
Volumen del desarenador	364,06 m <sup>3</sup>
Área superficial	240 m <sup>2</sup>
Largo	48 m

**Fuente:** Las autoras

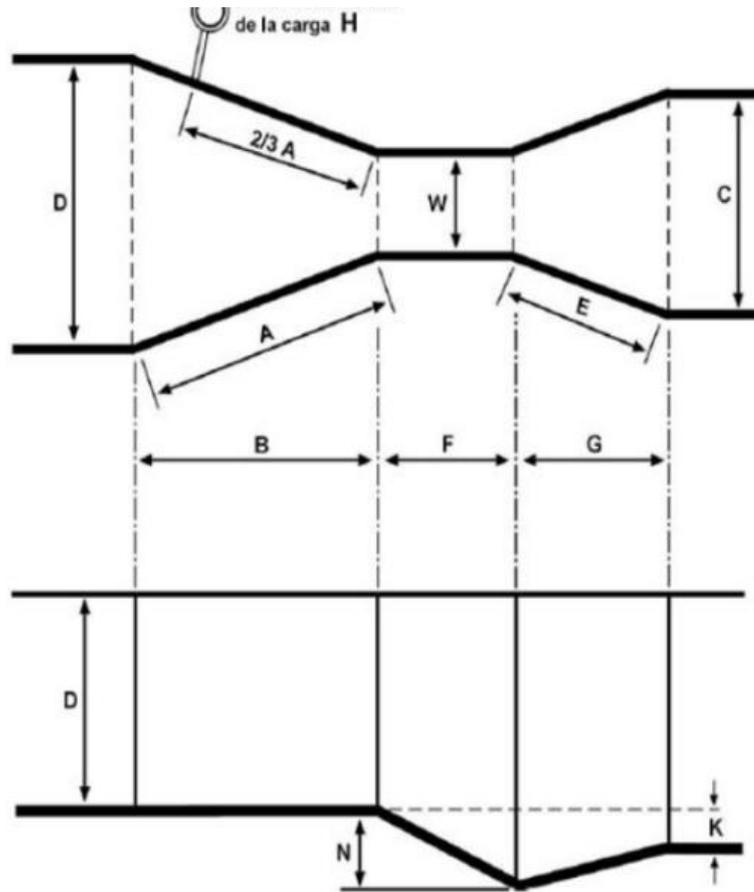
**Ilustración 11.** Vista frontal del desarenador



**Fuente:** Las autoras

**Anexo R. Medidor Parshall**

**Ilustración 12. Medidor Parshall**



**Fuente:** J. M. De Azevedo y Guillermo Acosta, Manual de Hidráulica pág. 471

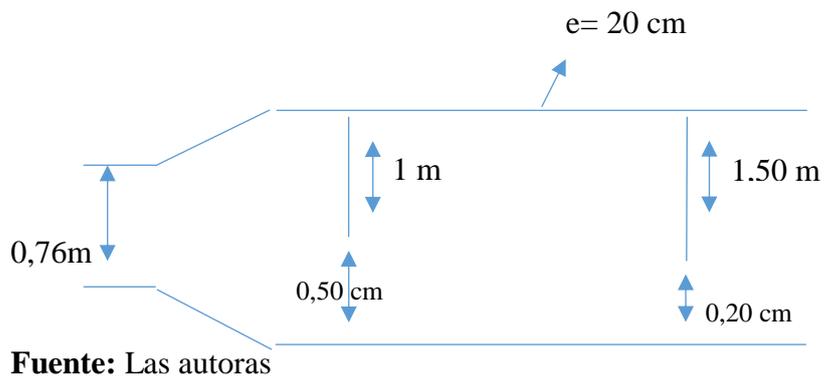
**Tabla 20. Medidor Parshall**

A: 95 cm	B: 142 cm
C: 76,2 cm	D: 100 cm
E: 76,2 cm	F: 61cm
G: 91,5 cm	K: 8 cm
N: 23 cm	W: 45 cm

**Fuente:** Las autoras

## Anexo S. Trampa grasa

**Ilustración 13.** Trampa grasa



## Anexo T. Lagunas Anaerobias

**Tabla 21.** Dimensiones Lagunas Anaerobias

Constante global de eliminación	0,251
Profundidad del estanque	5 m
Factor de disposición	0,5
Tiempo de retención hidráulica	10 días
Volumen a tratar	59,904 m <sup>3</sup>
Área	1,2 Ha
Carga superficial de DBO	663,9 Kg DBO <sub>s</sub> /ha. día

**Fuente:** Las autoras

## Anexo U. Lagunas Facultativas

**Tabla 22.** Dimensión de Lagunas Facultativas

Numero de lagunas	3
Eficiencia esperada	70%
Tiempo de retención hidráulica	7 días
Área	2 ha
Profundidad	2 m
Carga superficial	119 kg DBO <sub>s</sub> /ha.dia

**Fuente:** Las autoras

## Anexo V. Lagunas de Maduración

**Tabla 23.** Dimensión de Lagunas de Maduración

Tiempo de retención	3 días
Profundidad	1,20 m
Numero de coliformes fecales en el afluente	2420 NMO /100 ml
Numero de coliformes fecales en el efluente	5,55 NMP/ 100 ml
Volumen:	53910 m <sup>3</sup>

**Fuente:** Las autoras