



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

“EVALUACIÓN Y ESTUDIO DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN REGULADO POR LA EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL MANCOMUNADA AGUAPEN-EP DE LA COMUNA SAN PABLO DEL CANTÓN SANTA ELENA”

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**AUTORES:**

CHRISTIAN OMAR BORBOR RODRÍGUEZ

ANTHONY MICHAEL MACÍAS GONZÁLEZ

**TUTOR:**

ING. LUCRECIA MORENO ALCÍVAR, PhD.

La Libertad, Ecuador

2023

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**“EVALUACIÓN Y ESTUDIO DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN REGULADO POR LA EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL MANCOMUNADA AGUAPEN-EP DE LA COMUNA SAN PABLO DEL CANTÓN SANTA ELENA”**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**AUTORES:**

**CHRISTIAN OMAR BORBOR RODRÍGUEZ**

**ANTHONY MICHAEL MACÍAS GONZÁLEZ**

**TUTOR:**

**ING. LUCRECIA CRISTINA MORENO ALCÍVAR, PhD.**

La Libertad, Ecuador

2023

# TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 

Ing. Jonny Raúl Villao Borbor, MSc.

**DIRECTOR DE CARRERA**

f. 

Ing. Lucrecia Cristina Moreno Alcívar, PhD.

**DOCENTE TUTOR**

f. 

Ing. Richard Iván Ramírez Palma, MSc

**DIRECTOR ESPECIALISTA**

f. 

Ing. Lucrecia Cristina Moreno Alcívar, PhD

**DOCENTE DE LA UIC**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de titulación principalmente a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto, me siento agradecido por haberme dado la fuerza y la salud necesarias para alcanzar mis metas y objetivos. A mi padre Hugo Borbor quien me apoyó en cada paso del camino y me animó constantemente y creyó en mí desde el primer día. A mi madre Esperanza Rodríguez quien, aunque no esté físicamente presente, cuyas enseñanzas siguen guiándome día tras día. Este logro es en honor a ti porque es a través de tu amor y sacrificio que he aprendido a nunca rendirme.

A mis hermanos, Ing. Luis Borbor y el Lic. Danny Borbor son grandes modelos a seguir y siempre se toman el tiempo para escucharme y guiarme.

***CHRISTIAN OMAR BORBOR RODRÍGUEZ***

Este trabajo de titulación quiero dedicarlo principalmente a Dios, por bendecirme cada día, por orientarme a tomar buenas decisiones y llevarme por el camino del bien.

A mi madre, Tnlga. Elvira González por todo el amor, confianza y apoyo en mis proyectos propuestos, mi principal motivación y ejemplo. A el Sr. Adriano Rodríguez que a pesar de no ser mi padre biológico asumió el rol de padre desde siempre, siendo muy importante en mi vida brindándome su apoyo, respeto y cariño.

A mi compañera de vida Melanie Borbor, por creer en mí, por motivarme y por estar en todo momento pendiente de mi bienestar.

Es grato dedicar este proyecto que trae consigo mucho esfuerzo y dedicación a lo largo de esta etapa de estudio.

*ANTHONY MICHAEL MACÍAS GONZÁLEZ*

**CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO**



Facultad de  
Ciencias de la Ingeniería  
Ingeniería Civil

ID: 198b7072f654accd9f93b3431074e77b5cbcdf68

La Libertad, 30 de noviembre del 2023

#### CERTIFICADO ANTIPLAGIO

DOCENTE UIC LUCRECIA CRISTINA MORENO ALCIVAR-2023

En calidad de tutor del trabajo de titulación denominado “EVALUACIÓN Y ESTUDIO DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN REGULADO POR LA EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL MANCOMUNADA AGUAPEN-EP DE LA COMUNA SAN PABLO DEL CANTÓN SANTA ELENA”, elaborado por los estudiantes **BORBOR RODRÍGUEZ CHRISTIAN OMAR** y **MACÍAS GONZÁLEZ ANTHONY MICHAEL** con C.I. 2450451535 y 0928508738 respectivamente, egresados de la Carrera de Ingeniería civil, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de **INGENIERO CIVIL**, me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio **COMPILATIO**, luego de haber cumplido los requerimientos exigidos de valoración, el presente proyecto ejecutado, se encuentra con **3%** de la valoración permitida, por consiguiente se procede a emitir el presente informe.

Adjunto reporte de similitud.

Atentamente,

Ing. Lucrecia Moreno Alcívar, PhD.

C.I.: 0911164127  
DOCENTE TUTOR

Archivo. CC.

Dirección: Campus matriz, La Libertad - prov. Santa Elena - Ecuador  
Código Postal: 240204 - Teléfono: (04) 2-781732  
www.upse.edu.ec



### REPORTE DE SIMILITUD

**CERTIFICADO DE ANÁLISIS**  
magister

## Tesis Borbor y Macias

**3%** Textos sospechosos  
**3%** Similitudes (2% similitudes entre comillas)  
**< 1%** Idioma no reconocido  
**0%** Textos potencialmente generados por la IA

Nombre del documento: Tesis Borbor y Macias.docx  
ID del documento: 198b7072654acc0993b3431074e7725cbedd68  
Tamaño del documento original: 16.14 MB  
Depositante: LUCRECIA CRISTINA MORENO ALCIVAR  
Fecha de depósito: 4/12/2023  
Tipo de carga: Interface  
Fecha de fin de análisis: 4/12/2023  
Número de palabras: 13.471  
Número de caracteres: 90.023

Ubicación de las similitudes en el documento:

#### Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="https://repositorio.upse.edu.ec/handle/documento/20095/2097">repositorio.upse.edu.ec</a> https://repositorio.upse.edu.ec/handle/documento/20095/2097/A038-10C-2023-0007.pdf 25 Fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (218 palabras)
2	<a href="https://repositorio.upse.edu.ec/handle/documento/20095/2097">sirel.udelar.edu.uy</a>   Estudio de la estructura y eficiencia de un sistema de lagunas ... https://repositorio.upse.edu.ec/handle/documento/20095/2097	1%		Palabras idénticas: 1% (157 palabras)
3	<a href="https://repositorio.upse.edu.ec/handle/documento/20095/2097">cihuat.net</a> https://repositorio.upse.edu.ec/handle/documento/20095/2097/5134100.pdf 6 Fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (153 palabras)
4	<a href="https://www.achel.org.pe/">www.achel.org.pe</a>   Eficiencia de retención e impacto del sistema de tratamiento ... https://www.achel.org.pe/handle/documento/20095/2097/52414-1342022000200177	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (128 palabras)
5	<a href="https://repositorio.upse.edu.ec/handle/documento/20095/2097">repositorio.upse.edu.ec</a>   Evaluación estadística de los parámetros de análisis ... https://repositorio.upse.edu.ec/handle/documento/20095/2097/A038-10C-2023-0009.pdf 19 Fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (100 palabras)

#### Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="http://www.revistayc.org.mx/">www.revistayc.org.mx</a>   Diseño gráfico para la materia orgánica y el sepipe de r... http://www.revistayc.org.mx/handle/documento/20095/2097/16497719	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (16 palabras)
2	<a href="http://www.revistayc.org.mx/">www.revistayc.org</a>   Optimización en el diseño de lagunas de estabilización con pro... http://www.revistayc.org/handle/documento/20095/2097/1056.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (16 palabras)
3	<a href="http://hdl.handle.net/203.20051/43247525">hdl.handle.net</a>   Eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales en la ci... http://hdl.handle.net/203.20051/43247525	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (16 palabras)
4	Documento de otro usuario El escarabajo protelee de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (13 palabras)
5	<a href="http://www.revistayc.org.mx/">www.revistayc.org</a>   Diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales d... http://www.revistayc.org/handle/documento/20095/2097/3005.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (19 palabras)

#### Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)

Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- 1 <https://doi.org/10.1016/j.ecoeng.2006.03.008>
- 2 [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(00\)](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(00))
- 3 <https://doi.org/10.1016/j.ecoeng.2004.06.022>
- 4 <https://doi.org/10.1007/s10311-019-0785-9>
- 5 <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-370519-8.00024-9>

# DECLARACIÓN DE AUTORIA

Nosotros, **CHRISTIAN OMAR BORBOR RODRÍGUEZ** y **ANTHONY MICHAEL MACÍAS GONZÁLEZ**, declaramos bajo juramento que el presente trabajo de titulación denominado “EVALUACIÓN Y ESTUDIO DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN REGULADO POR LA EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL MANCOMUNADA AGUAPEN-EP DE LA COMUNA SAN PABLO DEL CANTÓN SANTA ELENA”, no tiene antecedentes de haber sido elaborado en la Facultad de **CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**, Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**, lo cual es un trabajo exclusivamente inédito de nuestra autoría.

Por medio de la presente declaración cedemos los derechos de autoría y propiedad intelectual, correspondientes a este trabajo, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

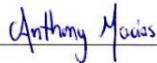
Atentamente,

f. 

**Christian Omar Borbor Rodríguez**

**Autor de Tesis**

**C.I. 2450451535**

f. 

**Anthony Michael Macías González**

**Autor de Tesis**

**C.I. 0928508738**

# CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Lucrecia Cristina Moreno Alcívar, PhD.

**TUTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Universidad Estatal Península de Santa Elena

En mi calidad de Tutor del presente trabajo “**EVALUACIÓN Y ESTUDIO DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN REGULADO POR LA EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL MANCOMUNADA AGUAPEN-EP DE LA COMUNA SAN PABLO DEL CANTÓN SANTA ELENA**”, previo a la obtención del Título de **INGENIERO CIVIL** elaborado por los Sres. **CHRISTIAN OMAR BORBOR RODRÍGUEZ** y **ANTHONY MICHAEL MACÍAS GONZÁLEZ**, egresados de la **CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**, Facultad de **CIENCIAS DE LA INGENIERÍA** de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes.

Atentamente,

f. 

Ing. Lucrecia Cristina Moreno Alcívar, PhD.

C.I. 0911164127

**DOCENTE TUTOR**

# CERTIFICACIÓN DE GRAMATOLOGIA

*Certificación de Gramatólogo*

Lic. ALEXI JAVIER HERRERA REYES

*Magíster En Diseño Y Evaluación*

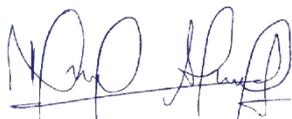
*De Modelos Educativos*

La Libertad, noviembre 24 del 2023.

## Certifica:

Que después de revisar el contenido del trabajo de integración curricular en opción al título de **INGENIERO CIVIL** de: **BORBOR RODRÍGUEZ CHRISTIAN OMAR & MACÍAS GONZÁLEZ ANTHONY MICHAEL**, cuyo tema es: **“EVALUACIÓN Y ESTUDIO DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN REGULADO POR LA EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL MANCOMUNADA AGUAPEN-EP DE LA COMUNA SAN PABLO DEL CANTÓN SANTA ELENA”**, me permito declarar que el trabajo investigativo se encuentra idóneo y puede ser expuesto ante el jurado respectivo para la defensa del tema en mención.

Es todo cuanto puedo manifestar en honor a la verdad.



**Lic. Alexi Herrera R, MSc.**

Docente de Español A: Literatura

Cel: 0962989420

e-mail: alexiherrerareyes@hotmail.com

## **AGRADECIMIENTOS**

Al concluir este trabajo, quisiera aprovechar este espacio para agradecer a Dios por todas sus bendiciones que siempre han llenado mi vida, así como a toda mi familia que siempre ha estado a mi lado, quienes me pueden dar un ejemplo de su trabajo y honestidad por su apoyo y ayuda.

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena, institución que me ha permitido crecer académicamente, en especial a los docentes de la Carrera de Ingeniería civil, quienes son de alto profesionalismo y calidad.

Agradecer a la Empresa Pública Municipal Mancomunada AGUAPEN por la autorización para realizar procedimientos técnicos en la laguna de la comuna San Pablo, de manera especial al departamento de Calidad y Ambiente a cargo de la Ing. Erika Moreno Ponce y al coordinador de procesos y calidad a cargo del Ing. Hugo Arroyo Zambrano, por la información brindada.

Finalmente agradecer a la Ing. Lucrecia Moreno Alcivar, PhD asesora de tesis, ya que ha jugado un papel fundamental al dedicar su tiempo y enfoque constructivo durante todo el proceso, por ser un ejemplo a seguir en la búsqueda de la excelencia académica. Este trabajo se debe mucho a la colaboración del Ing. Joan Suarez, cuyos consejos fueron muy importantes para la organización del trabajo y las nuevas perspectivas que me permitieron completar esta tesis.

***CHRISTIAN OMAR BORBOR RODRÍGUEZ***

Antes de todo quiero agradecer a Dios por la vida, por guiar mi camino en este proceso de preparación profesional, por haberme brindado fuerzas, sabiduría y por permitirme terminar con éxito esta etapa universitaria.

A mi familia, por la confianza, el apoyo incondicional en cada proceso, por todo el esfuerzo y sacrificio que me ha dado la oportunidad de salir adelante.

A los docentes de la Carrera de Ingeniería Civil, por compartir sus conocimientos y facilitarnos herramientas para nuestra formación.

A nuestra tutora Ing. Lucrecia Moreno Alcívar PhD., por sus enseñanzas, por su tiempo y colaboración quien con sus conocimientos y experiencia fue guía para realizar el trabajo de investigación. A el Ing. Joan Suarez, por el apoyo y por direccionarnos con sus consejos en el desarrollo del tema.

A mis compañeros, en especial aquellos que desinteresadamente dedicaron tiempo en explicar algún tema, los que tendieron su mano en tiempos difíciles y que en ocasiones creyeron en nuestras capacidades motivándonos a esforzarnos un poco más.

A la Empresa AGUAPEN E.P, por darnos el permiso y facilitarnos la información que fue fundamental para la investigación. A el Ing. Hugo Arroyo y a la Ing. Erika Moreno por su amabilidad, respeto y ayuda, quienes confiaron en nuestra dedicación al desarrollo del tema de tesis.

***ANTHONY MICHAEL MACÍAS GONZÁLEZ***

# TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO .....	iv
DECLARACIÓN DE AUTORIA .....	vii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR .....	viii
CERTIFICACIÓN DE GRAMATOLOGIA.....	ix
AGRADECIMIENTOS .....	x
TABLA DE CONTENIDO.....	xii
LISTA DE FIGURAS .....	xvii
LISTA DE TABLAS .....	xviii
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT .....	xx
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.    PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.2.    ANTECEDENTES.....	4
1.3.    HIPÓTESIS.....	8
1.3.1. <i>Hipótesis General</i> .....	8
1.3.2. <i>Hipótesis Específicas</i> .....	8

<b>1.4. OBJETIVOS</b> .....	8
<b>1.4.1. Objetivo General</b> .....	8
<b>1.4.2. Objetivos Específicos</b> .....	9
<b>1.5. ALCANCE</b> .....	9
<b>1.6. VARIABLES</b> .....	9
<b>1.6.1. Variables Independientes</b> .....	9
<b>1.6.2. Variables Dependientes</b> .....	9
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....	10
<b>2.1. AGUAS RESIDUALES</b> .....	10
<b>2.2. TIPOS DE AGUAS RESIDUALES</b> .....	10
<b>2.2.1. Aguas Residuales Domésticas</b> .....	11
<b>2.2.2. Aguas Residuales Industriales</b> .....	14
<b>2.3. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</b> .....	15
<b>2.3.1. Pretratamiento</b> .....	16
<b>2.3.2. Tratamiento Primario</b> .....	17
<b>2.3.3. Tratamiento Secundario</b> .....	17
<b>2.3.4. Tratamiento Terciario o Avanzado</b> .....	18
<b>2.4. LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN</b> .....	19
<b>2.4.1. Lagunas Anaerobias</b> .....	20
<b>2.4.2. Lagunas Facultativas</b> .....	21
<b>2.4.3. Lagunas de Maduración</b> .....	22

2.5.	<b>TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRAULICA (TRH)</b> .....	23
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA</b> .....		24
3.1.	<b>TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN</b> .....	24
3.1.1.	<i>Tipo</i> .....	24
3.1.2.	<i>Nivel</i> .....	24
3.2.	<b>MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	25
3.2.1.	<i>Método</i> .....	25
3.2.2.	<i>Enfoque</i> .....	25
3.2.3.	<i>Diseño</i> .....	25
3.3.	<b>POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO</b> .....	26
3.3.1.	<i>Población</i> .....	26
3.3.2.	<i>Muestra y Muestreo</i> .....	26
3.4.	<b>UBICACIÓN DEL SECTOR DE ESTUDIO</b> .....	26
3.5.	<b>METODOLOGIA DEL OE.1: DETERMINACIÓN DE LOS PERFILES TRANSVERSALES MEDIANTE UN LEVANTAMIENTO BATIMÉTRICO PARA OBTENER VOLUMENES DE ACUMULACIÓN DE SEDIMENTOS EN LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN</b> .....	28
3.6.	<b>METODOLOGIA DEL OE.2: MONITOREO DE LA ZONA DE ESTUDIO MEDIANTE LA TOMA DE MUESTRA COMPUESTA DE AGUA RESIDUAL Y LA LECTURA DE CAUDALES EN AFLUENTE PARA ESTABLECER LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN Y</b>	

<b>CONSTANTE DE DEGRADACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DEL SISTEMA LAGUNAR .....</b>	<b>30</b>
<b>3.6.1. Toma de muestras compuestas de agua residual .....</b>	<b>30</b>
<b>3.6.2. Lectura de Caudales en la entrada del sistema lagunar (Afluente) .....</b>	<b>31</b>
<b>3.6.3. Obtención de la eficiencia de remoción de los parámetros estudiados .....</b>	<b>32</b>
<b>3.6.4. Obtención de la constante de biodegradación de materia orgánica de los parámetros estudiados .....</b>	<b>33</b>
<b>3.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....</b>	<b>34</b>
<b>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>35</b>
<b>4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS OE.1, OBTENCIÓN VOLUMENES DE ACUMULACIÓN DE SEDIMENTOS EN LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN .....</b>	<b>35</b>
<b>4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS OE.2, MONITOREO DE LA ZONA DE ESTUDIO MEDIANTE LA TOMA DE MUESTRA COMPUESTA DE AGUA RESIDUAL Y LA LECTURA DE CAUDALES EN AFLUENTE PARA ESTABLECER LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN Y CONSTANTE DE DEGRADACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DEL SISTEMA LAGUNAR .....</b>	<b>36</b>
<b>4.2.1. Resultados de la Toma de Muestras Compuestas de Agua Residual .....</b>	<b>37</b>

4.2.2. <i>Resultados de la Lectura de Caudales al Ingreso del Sistema Lagunar</i>	38
4.2.3. <i>Resultados de la eficiencia de remoción de los parámetros estudiados</i>	39
4.2.4. <i>Resultados de la constante de Biodegradación K</i> .....	42
<b>CAPÍTULO V: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	46
5.1. <b>CONCLUSIONES</b> .....	46
5.2. <b>RECOMENDACIONES</b> .....	47
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	49
<b>ANEXOS</b> .....	53

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> <i>Principales tipos de agua residual</i> .....	11
<b>Figura 2</b> Escala de saneamiento .....	13
<b>Figura 3</b> Cadena de servicios de saneamiento .....	14
<b>Figura 4</b> Zona de Estudio .....	27
<b>Figura 5</b> Ejes para el levantamiento batimétrico de la laguna facultativa .....	29
<b>Figura 6</b> Ejes para el levantamiento batimétrico de la laguna de maduración .....	29
<b>Figura 7</b> <i>Registro fotográfico de la medición de lodos con regla de aluminio y sobre la balsa de pesca</i> .....	30
<b>Figura 8</b> <i>Formulación gráfica del método volumétrico</i> .....	32
<b>Figura 4</b> <i>Perfil de Laguna Facultativa 2</i> .....	35
<b>Figura 4</b> <i>Perfil de Laguna de Maduración 2</i> .....	36
<b>Figura 11</b> Lectura de caudales tomados en sitio durante 5 días de la semana .....	39
<b>Figura 12</b> Eficiencia de remoción de DBO.....	40
<b>Figura 13</b> Eficiencia de remoción de DQO.....	40
<b>Figura 14</b> Eficiencia de remoción de CF .....	41
<b>Figura 15</b> Eficiencia de remoción de Aceites y Grasas .....	41
<b>Figura 14</b> Eficiencia de remoción de SST .....	42

# LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b> Enfermedades causadas por patógenos en aguas residuales no tratadas .....	12
<b>Tabla 2</b> Parámetros a ensayar por laboratorio de agua residual acreditado .....	31
<b>Tabla 3</b> Interpretación de resultados del valor k .....	34
<b>Tabla 5</b> Cuadro de Operacionalización de Variables .....	34
<b>Tabla 5</b> Resultados de la toma de muestra en laboratorio de agua residual acreditado .....	37
<b>Tabla 6</b> Lecturas de caudales y caudales medios diarios en litros/segundos .....	38
<b>Tabla 7</b> Resultados de la constante de biodegradación de DBO <sub>5</sub> .....	42
<b>Tabla 8</b> Resultados de la constante de biodegradación de DQO .....	43
<b>Tabla 9</b> Resultados de la constante de biodegradación de SST .....	43
<b>Tabla 10</b> Resultados de la constante de biodegradación de Aceites y Grasas .....	43
<b>Tabla 11</b> Resultados de la constante de biodegradación de CF .....	44

# **“EVALUACIÓN Y ESTUDIO DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN REGULADO POR LA EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL MANCOMUNADA AGUAPEN-EP DE LA COMUNA SAN PABLO DEL CANTÓN SANTA ELENA”**

**Autores:** Christian Omar Borbor Rodríguez y Anthony Michael Macías González

**Tutor:** Ing. Lucrecia Cristina Moreno Alcivar, PhD.

## **RESUMEN**

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales de la comuna San Pablo de la provincia de Santa Elena. El estudio fue de tipo aplicada y de diseño no experimental de corte transeccional, se realizó un levantamiento batimétrico y monitoreo en la zona de estudio a través de la toma de muestras de agua residual y lectura de caudales para determinar el porcentaje de eficiencia de remoción de carga contaminante y la constante de biodegradación. Los resultados de la investigación demostraron que los porcentajes por pérdida de lodo en la laguna facultativa fue de 80% y en la laguna de maduración fue de 68%, asimismo, las eficiencias de los parámetros evaluados, están en su mayoría por debajo del 50% y la constante de biodegradación demostró que la carga orgánica se degrada lentamente ( $K < 20$ ).

**Palabras Clave:** Muestra de agua residual, Afluyente, Efluente, Eficiencia de remoción, Constante de biodegradabilidad.

**“EVALUATION AND STUDY OF THE EFFICIENCY OF THE STABILIZATION LAGOON SYSTEM REGULATED BY THE JOINT MUNICIPAL PUBLIC COMPANY AGUAPEN-EP OF THE SAN PABLO COMMUNE OF THE SANTA ELENA CANTON”**

**Authors:** Christian Omar Borbor Rodríguez y Anthony Michael Macías González

**Tutor:** Ing. Lucrecia Cristina Moreno Alcivar, PhD.

## **ABSTRACT**

The objective of this research was to evaluate the efficiency of the wastewater treatment system of the San Pablo commune in the province of Santa Elena. The study was of an applied type and of a non-experimental design of transectal section, a bathymetric survey and monitoring was carried out in the study area by taking samples of residual water and reading flow rates to determine the percentage of removal efficiency. pollutant load and the biodegradation constant. The results of the research showed that the percentages due to sludge loss in the facultative lagoon was 80% and in the maturation lagoon it was 68%, likewise, the efficiencies of the evaluated parameters are mostly below 50%. and the biodegradation constant showed that the organic load degrades slowly ( $K < 20$ ).

**Key words:** Keywords: Wastewater sample, Influent, Effluent, Removal efficiency, Biodegradability constant.

# CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

La presente investigación se refiere al tema de lagunas de estabilización, que se puede definir como depósitos de tierra enterrados que se utilizan para el tratamiento de aguas residuales municipales e industriales mediante un proceso natural que implica el uso de algas y bacterias para eliminar residuos orgánicos peligrosos sometidos a un proceso de biodegradación (Jafarinejad, 2017, p. 185), por lo general, estos sistemas producen efluentes de buena calidad en términos de materia orgánica y eliminación de patógenos (Dos Santos & Van Haandel, 2021, p. 1).

En las lagunas para el tratamiento de aguas residuales puede ocurrir una combinación compleja de procesos físicos, químicos y biológicos (Crini & Lichtfouse, 2019, p. 145; Englande, Krenkel, & Shamas, 2015, p. 2; Wilas, Draszawka-Bołzan, Daniszewski, & Cyraniak, 2019, p. 27), que ayudan a tratar el agua hasta alcanzar cualquier nivel de calidad deseado, teniendo en cuenta que la calidad requerida del agua viene dictada por su uso previsto, como puede ser, la vida acuática, agua potable o riego (Al Hamedi et al., 2023, p. 2; Sharma & Bhattacharya, 2017, p. 1043). Es así como, estas lagunas se pueden clasificar en anaeróbicas, facultativas, aeróbicas y aireadas o de maduración (Ábrego-Góngora, Briones-Gallardo, Bernal-Jácome, & Escalas-Cañellas, 2015, p. 1132; Marais, Ekama, & Wentzel, 2017, p. 239; Rittmann & McCarty, 2020, p. 400).

Las lagunas anaerobias tienen una profundidad entre 2.5 y 5 metros, generalmente estas lagunas son una buena opción para el tratamiento de aguas residuales industriales o aguas residuales mixtas domésticas con una alta concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno, se las aplica para un pretratamiento seguido de una laguna facultativa para degradar la DBO (Gerba & Pepper, 2009, p. 513), por otro lado, las lagunas facultativas están entre los 1.2 y 1.5 metros de profundidad, ayudan a descomponer anaeróbicamente los Sólidos Suspendedos (Cortés Martínez, Treviño Cansino, Alcorta García, Kalashnikov, & Luévanos Rojas, 2014, p. 2; Zapata Rivera, Ducoste, Peña, & Portapila, 2021, p. 1) y finalmente, las lagunas

aeróbicas o de maduración son muy poco profundas (entre 0.30 y 0.45 m) para que el oxígeno disuelto pueda estar presente en toda la columna de agua, generalmente, se las emplea en climas cálidos y soleados (Ho et al., 2018, p. 2).

La investigación tiene por objetivo, determinar la eficiencia del sistema de lagunas de estabilización regulado por la empresa pública mancomunada Aguapen-EP de la comuna San Pablo del cantón Santa Elena mediante una evaluación y estudio del estado actual de funcionamiento del sistema lagunar para verificar si este cumple con lo requerido para tratar aguas residuales de origen doméstico e industrial.

Determinar la eficiencia de una planta o sistema de tratamiento de aguas residuales es esencial para conocer cual el estado de este, es decir, si su infraestructura funciona correctamente respecto al diseño de las lagunas de estabilización, por ende, la eficiencia da a conocer el porcentaje de sus principales parámetros de caracterización de agua residual, que por lo general, debe ser por encima del 70% haciendo referencia a la DBO5 y DQO y, por otro lado, los CF deben tener una eficiencia de remoción de su carga contaminante del 99.99%.

Dentro del cuerpo de la tesis, se encontrarán cinco capítulos, por su parte, el primer capítulo refiere a la contextualización de la investigación (Problema, antecedentes, hipótesis, objetivos, alcance y variables; el segundo capítulo abarca todo lo referente a términos generales empleados en la investigación (Marco teórico); el capítulo tercero hace énfasis en la metodología del estudio; el capítulo cuarto permite conocer todos los resultados hallados en la tesis y finalmente, el capítulo quinto presenta las conclusiones y recomendaciones del trabajo de integración curricular.

## **1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

De acuerdo con el informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos, 2017: Aguas residuales, el recurso no explotado (WWAP, 2017, p. 2), a nivel mundial más del 80% de las aguas residuales se descargan sin tratamiento alguno, siendo así que, los países de altos ingresos tratan alrededor del

70% de las aguas residuales municipales e industriales que generan, esa proporción cae al 38% en los países de ingresos medianos altos y al 28% en los países de ingresos medianos bajos y finalmente en los países de bajos ingresos, solo el 8% recibe algún tipo de tratamiento.

Por su bajo costo de inversión y operación, a nivel mundial el tratamiento por lagunas de estabilización es recomendado para tratar aguas residuales domésticas e industriales en países en vías de desarrollo (Matsumoto & Sánchez Ortiz, 2010, p. 66), no obstante, un mantenimiento no frecuente y control no adecuado lleva a que estas no cumplan sus funciones, por ejemplo, el lodo que se concentra en ellas requiere una debida remoción y tratamiento llegando a generar malos olores (Tilley et al., 2014, p. 127).

La generación de aguas residuales en el Ecuador representa una inminente problemática a la que se ha intervenido de forma ineficaz debido a la poca disposición de infraestructuras físicas suficientes para tratar aguas residuales domésticas e industriales, siendo así que, son pocas las ciudades que cuentan con sistemas eficaces y suficientes para tratar correctamente estas aguas (Montero-Vega, Molina-Cedeño, Pillco-Herrera, Sarduy-Pereira, & Diéguez-Santana, 2020, p. 24). Según la Secretaria Nacional del Agua en el año 2016, en el país solo el 10% de las aguas residuales generales son debidamente tratadas; no obstante, el 90% de estas aguas se vierten en fuentes de aguas dulces sin haber recibido algún tipo de tratamiento. Estadísticamente a nivel de regiones, la sierra cuenta con el mayor número de plantas de tratamiento (50% del total del país), en la región de la costa (31%), en la región de la amazonia (18.5%) y en la región insular el 0.5% del total del país (Peña, Mayorga, Montoya, & Rubén, 2018, p. 163).

En la provincia de Santa Elena, los efluentes provenientes de los sistemas de tratamientos de aguas residuales, en su mayoría se descargan con elevadas concentraciones de carga contaminante, lo que puede llegar a generar riesgos a corto o a largo plazo en la salud de la población circundante (Humanante, Moreno, Deza, et al., 2022, p. 3). Estos efluentes se generan debido a la falta de mantenimiento que existen en las lagunas de estabilización que existen en la

provincia (Humanante, Moreno, Grijalva-Endara, Saldoya, & Suárez, 2022, p. 179), debido a estos problemas, la investigación toma el curso de investigar las lagunas de estabilización de la comuna San Pablo para identificar y evaluar su estado actual de funcionamiento.

La tesis en curso, se acoge a la agenda 2030 y los objetivos del desarrollo sostenible planteados por las Naciones Unidas, enfatizando el objetivo 6 que refiere “Garantizar la disponibilidad y la gestión del agua y el saneamiento para todos”; asimismo, y plantea como meta mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial.

El problema general de la investigación se formula de la siguiente manera: ¿Cuál es el resultado de la evaluación y estudio de la eficiencia del sistema de lagunas de estabilización regulado por la empresa pública mancomunada Aguapen-EP de la Comuna San Pablo del Cantón Santa Elena?, a partir de la formulación general, se plantean las siguientes preguntas específicas: ¿Del levantamiento batimétrico se puede determinar volúmenes de acumulación de sedimentos en las lagunas de estabilización?, y ¿Qué se obtiene del monitoreo de la zona de estudio respecto a la caracterización de agua residual y caudales en el afluente del sistema?

## **1.2. ANTECEDENTES**

De acuerdo con Carlino (2021), el objetivo de los antecedentes es situar el estudio en el contexto de otros estudios más o menos recientes sobre temas que guardan relevancia con la investigación en curso, estos pueden ser antecedentes teóricos o antecedentes de campos realizados a nivel, nacional, regional o internacional y permiten definir la perspectiva con que se puede realizar el estudio, teniendo en cuenta estas afirmaciones, se describen a continuación los antecedentes que dan soporte al estudio:

A nivel internacional, se puede citar la tesis de Paco y Rojas (2020), intitulada “Evaluación de la eficiencia de remoción de lagunas de estabilización del centro poblado de Yaureccan, Huancavelica – 2018”, investigación de tipo descriptiva – explicativa y diseño no experimental. El objetivo del estudio consistió en evaluar la eficiencia de remoción de las lagunas de estabilización del poblado de Yaureccan, y la hipótesis que se probó fue: La eficiencia de remoción de lagunas de estabilización es baja acuerdo a la caracterización de su afluente y efluentes. Se realizó la toma de muestras en afluente y efluentes del sistema lagunar, considerando una muestra al ingreso y dos a la salida, de esto se obtuvo que el porcentaje de eficiencia de remoción es deficiente, puesto que en la laguna #1 respecto a los SST es de 70%, la DQO es de 60% y la DBO es de 68% mientras que la eficiencia de la laguna #2 respecto a los SST es de 65%, para la DQO es de 51% y para la DBO es 52%, valores que se encuentran debajo del 90%, de esta manera los autores concluyen que el sistema lagunar existe requiere de una reformulación.

Asimismo, se considera la investigación de I. Sánchez and Matsumoto (2013) acerca de “Estudio de batimetría y eficiencia de un sistema de lagunas de estabilización”, investigación de tipo descriptiva – explicativa y diseño no experimental. El artículo científico tuvo como objetivo diagnosticar la acumulación de lodos y evaluar el desempeño de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la ciudad de São João de Iracema, se llevó a cabo un estudio batimétrico de las lagunas anaerobia y facultativa para establecer los perfiles de acumulación de lodos, asimismo, se midieron parámetros de calidad de agua del afluente y efluente y se aforó el caudal entrante durante 24 horas consecutivas para monitorear las eficiencias de remoción de ciertos parámetros. Los resultados demostraron que los volúmenes de lodos representaron una reducción de 1.87 días en el tiempo de retención hidráulica de PTAR, por otro lado, la eficiencia de remoción media de la DBO fue del 78.7%, inferior a la mínima exigida por la legislación brasilera; de igual manera, se registraron altas concentraciones de SST y el NMP de CF por mililitro en el efluente superó en gran medida los valores máximos permisibles, finalmente, se concluye en el artículo que la PTAR requiere una readecuación del sistema de pretratamiento, mantenimiento más efectivo e implementación de un

sistema de postratamiento que garantice la remoción adicional de materia orgánica y coliformes para cumplir exigencias ambientales.

A nivel nacional, es válido mencionar la investigación realizada por Sagubay, Pazmiño, and Loaiza (2018), “Evaluación de las lagunas de estabilización de las Orquídeas de la ciudad de Guayaquil”, investigación de tipo exploratoria, deductiva y explicativa. Este estudio tuvo como objetivo principal evaluar la eficiencia hidráulica de las lagunas de estabilización de “Orquídeas”, se obtuvo el tiempo de retención de las estructuras, se relacionó la eficiencia con la remoción de la DBO y se determinó el impacto sobre el cuerpo receptor. Los resultados establecen que existe remoción de materia orgánica DBO, pero esta no va en proporción con la remoción de los microorganismos, es decir se mantiene la permanencia de los CF, asimismo, la eficiencia hidráulica es menor considerando los resultados de la remoción de CF en comparación con los resultados de DBO, sin embargo, la hipótesis se cumple en la medida que ambos resultados fueron inferiores al 50% establecido. Los investigadores concluyen que las lagunas de estabilización, no cuenta con un buen manejo entre ellas, debido a que se observaron espacios muertos y presencia de nata.

De la misma manera, se considera en el ámbito nacional el proyecto de investigación realizado por Chávez (2016) referente a “Evaluación de la eficiencia de las lagunas de estabilización en la planta de tratamiento de aguas servidas en la ciudad de Balzar de la provincia del Guayas”, investigación de tipo diagnóstica y descriptiva. Se realizaron monitoreos a la entrada de la laguna anaerobia y la salida de la laguna de maduración durante tres meses en época de invierno y verano, los parámetros analizados fueron cuatro, obteniendo resultados promedios del afluente DBO (142.33 mg/l), SST (38.33 mg/l), N (26 mg/l) y CF (90190 NMP/100ml) y en el efluente se obtuvo promedios de DBO (55 mg/l), SST (51.33 mg/l), N (5.97 mg/l) cumpliendo con la normativa ambiental, los CF (61393.33 NMP/100ml) exceden los límites permitidos en la legislación ecuatoriana. La autora concluye que la evaluación del cumplimiento de la legislación ambiental se finiquita que las no conformidades mayores y menores demostraron la deficiencia que contiene el

funcionamiento de la PTAR en lograr una depuración de contaminantes; sin embargo, presento un 89.17% de nivel de certidumbre.

A nivel local, se resalta el artículo científico de Humanante, Moreno, Deza, et al. (2022) acerca de “Evaluación del tratamiento biológico de aguas residuales en lagunas de estabilización en Punta Carnero, Salinas – Ecuador”, investigación de tipo exploratoria y explicativa. En este estudio se evaluó el sistema de tratamiento de aguas residuales del sector Punta Carnero, en relación con la eficiencia de remoción de carga contaminante, la calidad del efluente final y el impacto en el ecosistema. La metodología de la investigación se basó en la caracterización de afluentes y efluentes del sistema. Las eficiencias de eliminación de DBO (62,42%), DQO (62,41%) y FC (53,58%) no cumplieron con la normativa ecuatoriana vigente y la calidad del efluente con respecto a los parámetros evaluados para descargas a un cuerpo receptor de agua dulce denotó una calidad de descarga final no óptima, impactando negativamente al ecosistema. Finalmente, la evaluación determinó parámetros que exceden los criterios de calidad del agua permitidos para riego agrícola: Aceites-Grasas (5,65 mg/l), FC (62.900 NMP/100ml), Hg (0,00141 mg/l), OD (8,86 mg/l). Luego de evaluar el sistema de tratamiento de aguas residuales, los autores concluyeron que la eficiencia de remoción de carga contaminante y la calidad del efluente no es óptima para su descarga a un cuerpo de agua receptor, por lo que no es apto para su reutilización en riego agrícola.

Asimismo, se cita la tesis de Guaranda (2021) respecto a “Evaluación estadística de los parámetros físico-químico y biológico de los afluentes y efluentes del sistema de tratamiento de aguas residuales operado por Aguapen-EP de la Parroquia Anconcito del Cantón Salinas”. El trabajo investigativo tuvo como alcance, evaluar parámetros de caracterización de agua residual por medio de análisis estadísticos, los resultados de la tesis demostraron que la eficiencia de remoción de parámetros como DBO y DQO no cumplen con regulaciones ecuatorianas, sin embargo, los CF cumplen en un 91% pero no alcanza lo exigido del 99.99%, por otro lado, los TRH no cumplen totalmente su función en los sistemas de lagunas. El autor finalmente concluye que para obtener mejores eficiencias de remoción de la carga

contaminante y descargas que cumplan límites máximos permisibles se debe dar mantenimiento frecuentemente a estas lagunas.

### **1.3. HIPÓTESIS**

#### ***1.3.1. Hipótesis General***

La evaluación y estudio del estado actual de funcionamiento del sistema lagunar determina la eficiencia de este, en cumplimiento de lo requerido para tratar aguas residuales de origen doméstico e industrial.

#### ***1.3.2. Hipótesis Específicas***

**H.E1.:** El levantamiento batimétrico a las lagunas de estabilización permitirá trazar perfiles longitudinales y transversales de la acumulación de sedimentos en estas.

**H.E2.:** La toma de muestras compuestas de agua residual y las mediciones de caudales en afluente establecerá la constante de degradación de materia orgánica del sistema lagunar

### **1.4. OBJETIVOS**

#### ***1.4.1. Objetivo General***

Determinar la eficiencia del sistema de lagunas de estabilización regulado por la empresa pública mancomunada Aguapen-EP de la comuna San Pablo del cantón Santa Elena mediante una evaluación y estudio del estado actual de funcionamiento del sistema lagunar para verificar si este cumple con lo requerido para tratar aguas residuales de origen doméstico e industrial.

### ***1.4.2. Objetivos Específicos***

**O.E1.:** Realizar perfiles transversales mediante un levantamiento batimétrico para determinar volúmenes de acumulación de sedimentos en las lagunas de estabilización.

**O.E2.:** Evaluar la zona de estudio mediante la toma de muestras compuestas de afluentes y efluentes, y la lectura de caudales para establecer la eficiencia de remoción de carga contaminante y la constante de degradación de materia orgánica del sistema lagunar.

## **1.5. ALCANCE**

La presente investigación pretende evaluar y estudiar la eficiencia del sistema lagunar de la comuna San Pablo para determinar si este es óptimo para tratar aguas residuales mediante la obtención de parámetros de caracterización DBO, DQO, CF, SST, aceites y grasas, de origen doméstico y de origen industrial debido en que esta comuna labora varias industrias de peces y camarones, una vez evaluado el sistema se podrá plantear soluciones en el caso de que no se cumplan las medidas mínimas según regulaciones ecuatorianas respecto al mantenimiento de lagunas de estabilización.

## **1.6. VARIABLES**

### ***1.6.1. Variables Independientes***

- Parámetros de caracterización de agua residual: DBO, DQO, SST, CF, aceites y grasas.

### ***1.6.2. Variables Dependientes***

- Eficiencia de tratamiento de aguas residuales de la laguna de estabilización.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. AGUAS RESIDUALES**

Las aguas residuales se definen en términos generales como agua “usada” que ha sido contaminada como resultado de actividades humanas (Mateo-Sagasta et al., 2017, p. 9). El tipo y volumen de aguas residuales generadas está determinado tanto por el número de población como por la combinación de actividades domésticas, recreativas e industriales circundantes, todo lo cual afecta los patrones de descarga, así como el estado químico del efluente tratado (Naidoo y Olaniran, 2013, p. 249).

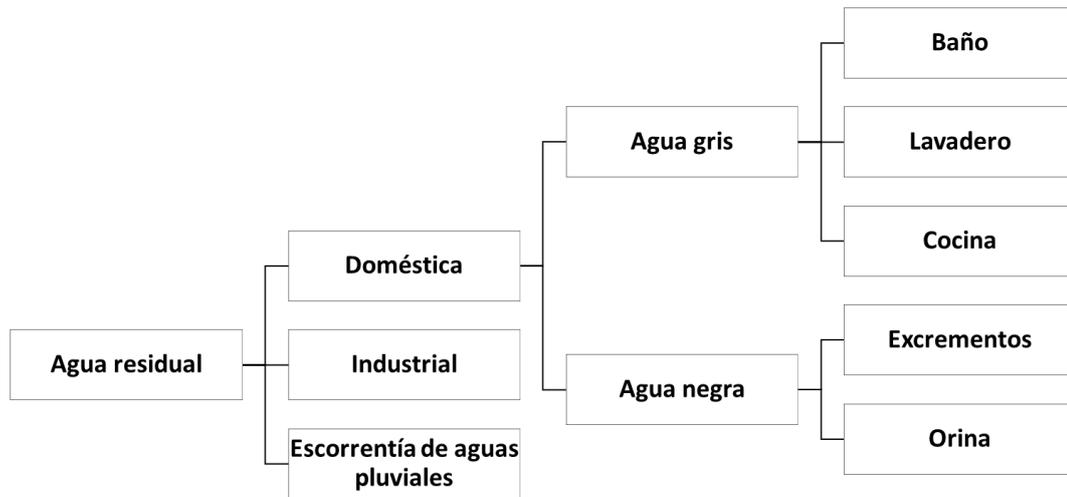
Los contaminantes que se disuelven en aguas residuales son diversos y se dividen en dos grandes grupos: contaminantes químicos y no químicos. Por su parte, el primer grupo incluye nutrientes, que son uno de los primeros contaminantes del agua que se sabe que existen, por otro lado, los no químicos son los productos farmacéuticos y de cuidado personal, que dependen en gran medida de la legislación de cada país (Lofrano y Brown, 2010, p. 5254), asimismo, se asocia a los pesticidas como un relevante tipo de contaminante de las aguas residuales, su uso generalmente depende de la agricultura (Langeveld et al., 2023, p. 1).

### **2.2. TIPOS DE AGUAS RESIDUALES**

Las aguas residuales comprenden todas las aguas utilizadas en hogares e industrias, incluidas las aguas pluviales y escorrentías de terrenos, las cuales deben ser tratadas antes de su liberación al medio ambiente para evitar cualquier daño o riesgo que pueda tener sobre el medio ambiente y la salud humana (Edokpayi et al., 2017, p. 404). En la figura 1 se pueden observar los principales tipos de aguas residuales (domésticas, industriales y de escorrentía pluvial), asimismo, se denota la subdivisión de las aguas residuales domésticas (agua gris y agua negra).

## Figura 1

### Principales tipos de agua residual



Nota. Tomado de Edokpayi et al. (2017, p. 404).

#### 2.2.1. Aguas Residuales Domésticas

Particularmente, las aguas residuales domésticas pueden contener altas concentraciones de patógenos excretados, especialmente en países donde las enfermedades diarreicas y los parásitos intestinales son especialmente frecuentes (Laugesen et al., 2010, p. 12). En la Tabla 1, se describen las enfermedades causadas por algunos de los patógenos que se han encontrado en aguas residuales domésticas no tratadas.

Se puede observar que muchos de los patógenos descritos en la Tabla 1 causan gastroenteritis y se ha estimado que, a nivel mundial, 1.45 millones de personas mueren cada año como resultado de enfermedades diarreicas, el 58% de las cuales es causada por agua y saneamiento inadecuados y mala higiene. El 43% de las muertes ocurren en los niños de cinco años a menos, y la infección puede resultar de la exposición directa a las aguas residuales no tratadas, pero también de la exposición al agua potable, alimentos y agua recreativa contaminadas por aguas residuales (WHO, 2006, p. 13).

**Tabla 1***Enfermedades causadas por patógenos en aguas residuales no tratadas*

<b>Agente</b>	<b>Enfermedad</b>
<b>Bacteria</b>	
Campylobacter jejuni	Gastroenteritis (posibles secuelas a largo plazo - e.g. artritis)
Escherichia coli	Gastroenteritis
E. coli O157:H7	Diarrea sangrienta, síndrome urémico hemolítico
Helicobacter pylori	Dolor abdominal, úlceras pépticas
Salmonella spp.	Salmonelosis, gastroenteritis, diarrea (posibles secuelas a largo plazo - e.g. artritis)
Salmonella typhi	Fiebre tifoidea
Shigella spp.	Disentería (posibles secuelas a largo plazo - e.g. artritis)
Vibrio Cholerae	Cólera
<b>Helmintos</b>	
Ascaris lombricidas (lombriz intestinal)	Ascariasis
Anchylostoma duodenales y Necátor americanus (Anquilostoma)	Anquilostoma
Clonorchis sinensis (Parásito hepático)	Clonorquiasis
Fasciola (Parásito hepático)	Fascioliasis
Fasciolopsis buski (Trematodo intestinal)	Fasciolopsiasis
Opisthorchis viverrini	Ofiastorquiasis
Schistosoma (Trematoda sanguínea)	Esquistosomiasis (Bilharzia)
Trichuris (tricocéfalo)	Tricuriasis
Taenia (Tenia)	Teniasis
<b>Protozoos</b>	
Balantidium coli	Balantidiasis (disenteria)
Cryptosporidium parvum	Criptosporidiosis
Cyclospora cayetanensis	Diarrea persistente
Entamoeba histolytica	Amebiasis (Disentería amebiana)
Giardia lamblia	Giardiasis
<b>Virus</b>	
Adenovirus	Enfermedad respiratoria, infecciones oculares
Astrovirus	Gastroenteritis
Calicivirus	Gastroenteritis
Coronavirus	Gastroenteritis
Enteroviruses	Gastroenteritis
Coxsackie viruses	Herpangina, meningitis aséptica, enfermedad respiratoria, fiebre, parálisis, respiratorio, enfermedades de corazón y riñones

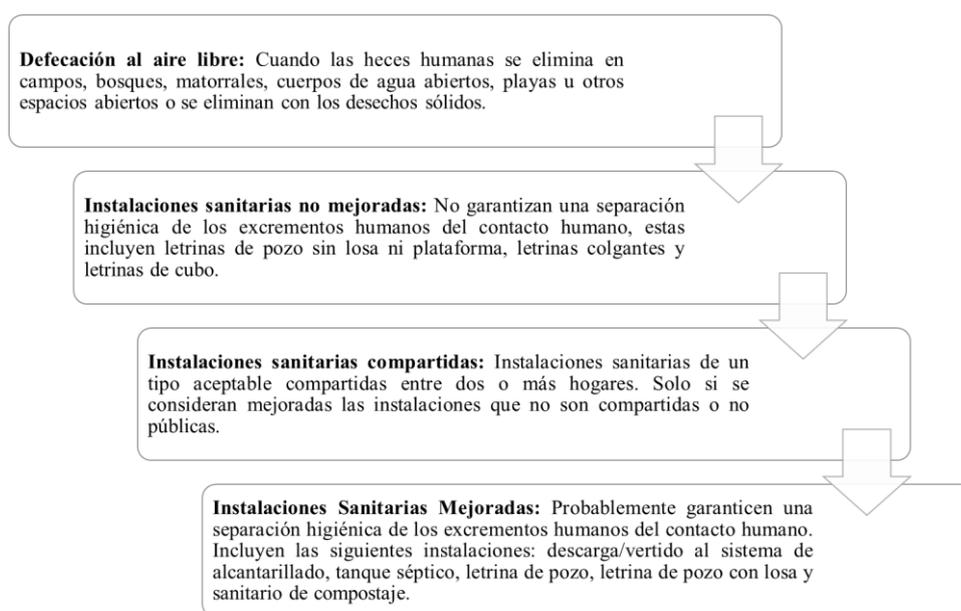
<b>Agente</b>	<b>Enfermedad</b>
Echovirus	Fiebre, erupción, enfermedad respiratoria y corazón, meningitis aséptica
Poliovirus	Parálisis, meningitis aséptica
Hepatitis A y E	Infecciones hepáticas
Parvovirus	Gastroenteritis
Norovirus	Gastroenteritis
Rotavirus	Gastroenteritis

*Nota.* Tomado de *WHO (2006, p. 13).*

Las aguas residuales domésticas se componen de aguas negras (excrementos, orina y lodos fecales) y aguas grises (aguas residuales de cocinas y baños), por otro lado, la combinación y composición de estas depende de las instalaciones de suministro de agua y saneamiento disponibles, las prácticas de uso del agua y las normas sociales. En la actualidad, aproximadamente la mitad de la población mundial no tiene medios para eliminar las aguas residuales sanitarias de los inodoros, y un número aún mayor carece de medios adecuados para eliminar las aguas residuales de cocinas y baños (WHO/UNICEF, 2008, p. 12). En la figura 2, se ilustra la gama de tipos de saneamiento que van desde ninguna instalación de saneamiento (donde la gente práctica la defecación al aire libre) hasta instalaciones que han sido definidas como saneamiento mejorado.

## Figura 2

### Escala de saneamiento



*Nota.* Tomado de *WHO/UNICEF (2008, p. 12).*

De acuerdo con WHO/UNICEF (2008, p. 14), las instalaciones que se describen en la figura 2 incluyen sistemas de alcantarillado tanto internos como externos, aunque se considera que las instalaciones de saneamiento mejoradas probablemente garantizan la separación higiénica de los excrementos del contacto humano, por ende, la escala de saneamiento en la actualidad considera la parte de contención de la cadena de servicios de saneamiento (Figura 3).

### **Figura 3**

Cadena de servicios de saneamiento



*Nota.* Tomado de WHO/UNICEF (2008, p. 14).

### **2.2.2. Aguas Residuales Industriales**

Entre las posibles clasificaciones de las aguas residuales industriales, se distingue entre contaminantes industriales difusos, como los procedentes de la minería y las agroindustrias, asimismo, los vertidos puntuales al final del proceso y, en su mayoría vertidos ilegales desde camiones cisterna. Los primeros suelen ser muy contaminantes, difíciles de contener y tratar, mientras que los segundos pueden contenerse y tratarse en circunstancias en las que exista suficiente voluntad política, poder regulatorio y recursos (capacidad económica y humana) para garantizar su cumplimiento (UNESCO, 2009, p. 18).

Las grandes descargas al final del proceso por lo general, son fáciles de identificar y pueden regularse, controlarse y tratarse, no obstante, algunas aguas residuales surgen de concentraciones de pequeñas empresas que vierten estas aguas donde pueden y no necesariamente a una alcantarilla identificable. Muchas de estas descargas son altamente contaminantes, contienen ácidos y metales tóxicos procedentes, por ejemplo, de pequeñas empresas de acabado de metales que se han desarrollado en localidades específicas, estos vertidos no sólo causan daños ambientales considerables, especialmente a ecosistemas sensibles, sino que también

suelen entrar en contacto directo e indirecto con seres humanos y animales, generando daños a la salud (UNESCO, 2009, p. 18).

La descarga de aguas residuales industriales se puede clasificar de la siguiente forma (UNESCO, 2009, p. 19):

- ✓ Vertidos incontrolados al medio ambiente.
- ✓ Vertidos controlados al medio ambiente (cursos de agua), posiblemente después de un tratamiento previo.
- ✓ Vertidos ilegales, en su mayoría clandestinos, a sistemas de alcantarillado.
- ✓ Vertidos controlados a sistemas de alcantarillado bajo convenio o licencia, posiblemente con pretratamiento.
- ✓ Aguas residuales recogidas por camión cisterna para su tratamiento/eliminación en otro lugar.

### **2.3. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

El tratamiento de aguas residuales es el proceso de eliminación de contaminantes de las aguas residuales, por lo general domésticas o industriales. Incluye procesos físicos, y químicos y biológicos para eliminar estos contaminantes y producir aguas residuales tratadas ambientalmente seguras (Demirbas, Edris, & Alalayah, 2017, p. 999).

Las aguas residuales no tratadas que contienen una gran cantidad de materia orgánica, si se descargan en un río/Arroyo, consumirán el oxígeno disuelto para satisfacer la (DBO) de las aguas residuales y, por lo tanto, agotarán el oxígeno disuelto del Arroyo; causando así la muerte de peces y otros efectos indeseables (Topare, Attar, & Manfe, 2011, p. 19).

La mayoría de las plantas de tratamiento de aguas residuales actuales tienen como objetivo eliminar únicamente la materia orgánica. Son energéticamente ineficientes, mientras que potencialmente la materia orgánica podría considerarse

una fuente energía. Sin embargo, el carbono orgánico no es el único contaminante de las aguas residuales: el nitrógeno fijo, como el amonio y el nitrato, debe eliminarse para evitar la proliferación de algas tóxicas en el medio ambiente (Kartal, Kuenen, & van Loosdrecht, 2010, p. 702).

El tratamiento de aguas residuales implica la reducción de la concentración de impurezas suspendidas (insolubles) y disueltas a los niveles requeridos. El proceso general se caracteriza por algunas características importantes (Sparks y Chase, 2016, p. 298):

- ✓ Las cantidades involucradas son muy grandes (a menudo se miden en "equivalentes de población", donde la producción de residuos es del orden de 150 a 200 litros por día per cápita sólo para los residuos domésticos, y al menos la misma cantidad proviene de otras fuentes).
- ✓ La concentración de impurezas en las aguas residuales afluentes, en condiciones normales, es bastante baja (0,5% de sólidos en suspensión y 1% de materia orgánica disuelta serían cifras elevadas).
- ✓ La concentración de impurezas puede variar mucho, incluso de una hora a otra (mientras que una gran tormenta puede marcar una enorme diferencia).

El tratamiento se divide en 4 etapas: pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario o avanzado

### ***2.3.1. Pretratamiento***

El tratamiento preliminar de aguas residuales es la eliminación de los componentes de estas que pueden causar problemas operativos o de mantenimiento en las operaciones, procesos y sistemas auxiliares de tratamiento. Consiste únicamente en separar los materiales flotantes (como animales muertos, ramas de árboles, papeles, trozos de trapo, madera, etc.) y los sólidos inorgánicos pesados y sedimentables. También ayuda a eliminar aceites y grasas, etc. de las aguas

residuales. Este tratamiento reduce la DBO de las aguas residuales entre un 15 y un 30% aproximadamente. Ejemplos de operaciones preliminares son:

- ✓ Cribado y combinado para la retirada de escombros y trapos.
- ✓ Desarenador para la eliminación de materia gruesa en suspensión que pueda causar desgaste u obstrucción del equipo y
- ✓ Flotación/desnatado para la eliminación de aceite y grasa.

### ***2.3.2. Tratamiento Primario***

En el tratamiento primario se elimina del agua residual una parte de los sólidos en suspensión y de la materia orgánica. Esta remoción generalmente se logra mediante operaciones físicas como la sedimentación en Cuencas de Decantación. El efluente líquido del tratamiento primario a menudo contiene una gran cantidad de materiales orgánicos suspendidos y tiene una DBO alta (alrededor del 60% de la original).

En ocasiones, tanto el tratamiento preliminar como el primario se clasifican juntos, bajo tratamiento primario. Los sólidos orgánicos, que se separan en los tanques de sedimentación (en el tratamiento primario), a menudo se estabilizan mediante descomposición anaeróbica en un tanque de digestión o se incineran. El residuo se utiliza en vertederos o como acondicionador de suelos. La función principal del tratamiento primario es actuar como precursor del tratamiento secundario.

### ***2.3.3. Tratamiento Secundario***

El tratamiento secundario implica un tratamiento adicional del efluente, procedente del tanque de sedimentación primario y está dirigido principalmente a la eliminación de orgánicos biodegradables y sólidos en suspensión mediante la descomposición biológica de la materia orgánica, ya sea en condiciones aeróbicas o anaeróbicas. En estas unidades biológicas, las bacterias descompondrán la materia orgánica fina para producir un efluente más claro.

Los reactores de tratamiento, en los cuales la materia orgánica es descompuesta (oxidada) por bacterias aeróbicas, se conocen como unidades biológicas aeróbicas; y puede consistir en:

- ✓ Filtros (filtros de arena intermitentes, así como filtros percoladores),
- ✓ Tanques de aireación, con alimentación de lodos activados reciclados (es decir, el lodo, que se sedimenta en un tanque de sedimentación secundario, recibiendo los efluentes del tanque de aireación).
- ✓ Estanques de oxidación y lagunas aireadas.

Dado que todas estas unidades aeróbicas, generalmente utilizan aguas residuales primarias sedimentadas; se clasifican fácilmente como unidades secundarias. Los reactores de tratamiento, en los que la materia orgánica es destruida y estabilizada por bacterias anaerobias, se conocen como unidades biológicas anaerobias y pueden consistir en:

- ✓ Lagunas anaerobias, Fosas sépticas, Tanques de Imhoff, etc.

#### ***2.3.4. Tratamiento Terciario o Avanzado***

El tratamiento avanzado de aguas residuales, también llamado tratamiento terciario, se define como el nivel de tratamiento requerido más allá del tratamiento secundario convencional para eliminar los componentes preocupantes, incluidos nutrientes, compuestos tóxicos y mayores cantidades de material orgánico y sólidos suspendidos y, en particular, para matar las bacterias patógenas.

Además de los procesos de eliminación de nutrientes, las operaciones unitarias o procesos frecuentemente empleados en el tratamiento avanzado de aguas residuales son la coagulación química, floculación y sedimentación seguidas de filtración y cloración. Los procesos menos utilizados incluyen el intercambio iónico y la ósmosis inversa para la eliminación de iones específicos o para la reducción de sólidos disueltos.

El tratamiento terciario generalmente no se lleva a cabo para la eliminación de aguas residuales en el agua, pero se lleva a cabo mientras se utiliza la corriente del río para recolectar agua para su reutilización o para el suministro de agua con fines como refrigeración industrial y recarga de aguas subterráneas.

## **2.4. LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN**

Las lagunas se utilizan comúnmente en el tratamiento de aguas residuales y materiales de desecho para reducir la contaminación orgánica y bacteriológica. Este tipo de instalación parece adaptada al tratamiento de purines. Dichos sistemas se caracterizan por bajas concentraciones de microorganismos purificadores y requieren largos tiempos de residencia. La eficiencia del tratamiento o el grado de conversión del material de desecho depende del tipo de desecho, la carga orgánica y las condiciones ambientales como la temperatura y la cantidad de viento y radiación solar (Baléo, Humeau, & Cloirec, 2001, p. 2268).

El tratamiento de aguas residuales en lagunas de estabilización resulta principalmente de la sedimentación y la simbiosis compleja de bacterias y algas donde la oxidación de la materia orgánica se logra mediante bacterias en presencia de oxígeno disuelto suministrado por la fotosíntesis de algas y la aireación de la superficie (Beran & Kargi, 2005, p. 39). La utilización de la luz natural como fuente de energía implica un sistema sujeto a cambios ambientales y una zona de operación bien definida creada por el ciclo de luz-oscuridad (Kayombo, Mbwette, Mayo, Katima, & Jørgensen, 2002, p. 287)

El diseño de lagunas de estabilización involucra varias variables físicas, hidrológicas, geométricas y dinámicas para proporcionar una alta eficiencia hidrodinámica y tasas máximas de utilización del sustrato (Abbas, Nasr, & Seif, 2006, p. 25).

Las lagunas de estabilización de residuos son depósitos de tierra enterrados que se utilizan para el tratamiento de aguas residuales municipales e industriales mediante

un proceso natural que implica el uso de algas y bacterias. En las lagunas para el tratamiento de aguas residuales puede ocurrir una combinación compleja de procesos físicos, químicos y biológicos, y las condiciones climáticas, el tipo y configuración de la laguna y el diseño del sistema pueden afectar su desempeño. Se pueden clasificar en anaeróbicos, facultativos, aeróbicos y aireados. Las lagunas anaeróbicas suelen tener entre 2,5 y 5 m de profundidad en las que todas las actividades biológicas son anaeróbicas. Estas lagunas pueden ser una buena opción para el tratamiento de aguas residuales industriales o aguas residuales mixtas domésticas e industriales con una alta concentración de DBO. Generalmente se pueden aplicar para un pretratamiento seguido de una laguna facultativa o aeróbica para eliminar la DBO<sub>5</sub> soluble producida por la actividad anaeróbica.

Las lagunas aeróbicas-anaeróbicas o facultativas suelen tener entre 1,2 y 1,5 m de profundidad con una capa de agua aeróbica superpuesta a una capa anaeróbica, que incluye los lodos sedimentados y la degradación anaeróbica de los SS. Las lagunas aeróbicas suelen ser muy poco profundas (entre 0,30 y 0,45 m) para que la luz solar pueda penetrar toda la profundidad y el oxígeno disuelto pueda estar presente en toda la columna de agua. Estas lagunas generalmente se pueden emplear en climas cálidos y soleados donde no hay riesgo de capa de hielo. En lagunas aireadas, el proceso de aireación natural se ve reforzado por unidades de aireación mecánica o difusa que promueven el tratamiento biológico, estas lagunas generalmente se pueden clasificar como lagunas aireadas completamente mezcladas y lagunas aireadas parcialmente mezcladas según la cantidad de mezcla proporcionada o la energía de aireación requerida para mantener la masa líquida en suspensión total o parcial, respectivamente.

### ***2.4.1. Lagunas Anaerobias***

Las lagunas anaeróbicas se utilizan con mayor frecuencia para tratar desechos animales de granjas lecheras y porcinas, desechos comerciales o industriales, o como primer paso de tratamiento en sistemas que utilizan dos o más lagunas en serie. Normalmente, las lagunas anaeróbicas están diseñadas para retener y tratar aguas residuales durante 20 a 150 días. Son relativamente profundos

(generalmente de 8 a 15 pies) y funcionan de manera muy similar a los tanques sépticos donde las bacterias anaeróbicas degradan los contaminantes en ausencia de oxígeno.

Dentro de una laguna anaeróbica, los sólidos de las aguas residuales se separan y se depositan en capas. La capa superior está formada por grasa, espuma y otros materiales flotantes. Si no se van precedidas de fosas sépticas, la capa de lodo que se deposita en el fondo de una laguna anaeróbica eventualmente se acumula y debe ser eliminada. Las aguas residuales que salen de una laguna anaeróbica requerirán un tratamiento adicional.

#### ***2.4.2. Lagunas Facultativas***

Las lagunas facultativas son el tipo más común de estanques de estabilización en uso y pueden tratar completamente tanto aguas residuales sin tratar y sedimentadas como una amplia gama de aguas residuales industriales, incluidas aguas residuales agrícolas y alimentarias con un tiempo de retención de 5 a 30 días. Estas lagunas tienen una profundidad que oscila entre 1,2 y 1,5 m (4 a 8 pies) y constan de dos capas de zonas de tratamiento biológico: una capa aeróbica encima de una capa anaeróbica, que a menudo contiene lodo.

La capa aeróbica estabiliza las aguas residuales mientras que la fermentación tiene lugar en la capa anaeróbica. El oxígeno necesario para la estabilización aeróbica proviene de la fotosíntesis de las algas del estanque. Las algas son organismos fotosintéticos y, por lo tanto, proporcionan una fuente de oxígeno para que lo utilicen las bacterias heterótrofas de la laguna para la descomposición aeróbica de la materia orgánica.

La respiración de materia orgánica proporciona una fuente de dióxido de carbono para las algas. Esta relación simbiótica entre las algas y las bacterias proporciona la base para este método natural de eliminación de residuos.

### ***2.4.3. Lagunas de Maduración***

Las lagunas de maduración son de baja tasa diseñados para proporcionar pulido y eliminación de patógenos del efluente secundario (procesos secundarios convencionales o estanques facultativos). El mecanismo para la eliminación de patógenos en las lagunas de maduración es realmente simple: la eliminación de microorganismos (patógenos) se debe a la muerte natural, la depredación, la sedimentación y la adsorción.

La mayoría de los patógenos se depositan en los lodos del fondo de los estanques y, por tanto, se eliminan de los efluentes. De hecho, todos los sistemas de estanques pueden, hasta cierto punto, eliminar los patógenos de las aguas residuales. Para que las lagunas de maduración eliminen sustancialmente los patógenos, los tiempos de detención en estos estanques deben ser lo suficientemente largos para que los patógenos se establezcan en las lagunas. Existe riesgo si se retiran los lodos de las piscinas de maduración; El manejo de los lodos requiere precaución y los lodos deben tratarse o mantenerse fuera del acceso público.

Para las aguas residuales de alta concentración, se utilizan lagunas de maduración para mejorar la calidad del efluente antes de la descarga a las aguas superficiales de las aguas residuales tratadas. Su diseño, tamaño y número, en serie, se deciden en muchas partes del mundo en función de la necesidad de eliminar patógenos de las aguas residuales tratadas.

Si el objetivo de utilizar estanques de maduración es lograr la máxima pureza en términos de reducción de DBO y eliminación de patógenos, se desaconseja la producción de algas para lograr la máxima penetración de la luz. Las lagunas de maduración, sin embargo, tienen la misma profundidad que las lagunas facultativas (de 1 a 1,5 m o de 3 a 4,5 pies).

Se utiliza un mínimo de 15 a 20 días como tiempo de retención para los estanques de maduración. La remoción de nitrógeno se presenta en estos estanques a través de la desnitrificación en los lodos depositados en los estanques. El fósforo también puede ser eliminado por diversas comunidades de algas. Sin embargo, no se desea el crecimiento de algas, particularmente si se prevé que la forma de efluente del estanque de maduración se descargue en el agua receptora debido a la turbidez y los sólidos suspendidos causados por las algas.

A veces se utilizan filtros de roca en lechos sumergidos para eliminar estos sólidos de algas. Las algas retenidas por los filtros de roca se descomponen y son utilizadas por la biopelícula bacteriana sobre los materiales rocosos. En general, la disposición de los sistemas de lagunas comienza con una laguna anaeróbica, luego una laguna facultativa y finalmente una laguna de maduración en serie, dependiendo de la calidad del afluente y el objetivo del tratamiento.

## **2.5. TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRAULICA (TRH)**

El tiempo de retención hidráulica es el tiempo total requerido para la degradación completa de los desechos orgánicos complejos o el tiempo en que los compuestos orgánicos quedan en lagunas de estabilización. La optimización específica del sustrato del TRH es crucial para la comunidad de microorganismos en el digestor y la temperatura del proceso y la composición de los residuos descompuestos influyen en el TRH y el valor puede definirse simplemente mediante la ecuación 1, donde Q es el caudal diario (m<sup>3</sup>/día) y V es el volumen del proceso (m<sup>3</sup>).

$$TRH = \frac{V}{Q} \quad \text{Ec. (1)}$$

El tiempo de retención hidráulica (TRH) afecta el contacto entre sustratos y microorganismos lo que también favorece una mayor eficiencia del tratamiento, asimismo, afecta la eficiencia de eliminación de nutrientes, la capacidad de sedimentación de la biomasa y la comunidad microbiana en los sistemas de tratamiento de microalgas.

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

### **3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

#### ***3.1.1. Tipo***

La investigación aplicada es un tipo de investigación que busca resolver un problema específico o brindar soluciones innovadoras a problemas que afectan a un individuo, grupo o sociedad, por ende, al realizar una investigación aplicada, el investigador tiene especial cuidado en identificar un problema, desarrollar una hipótesis y probar estas hipótesis mediante la experimentación (Mello & Wood Jr, 2019, p. 339).

El trabajo investigativo tuvo como objetivo aplicar conocimientos teóricos y prácticos para determinar la eficiencia del sistema lagunar estudiado, teniendo en cuenta estudios de laboratorio, de campo y trabajo de gabinete.

#### ***3.1.2. Nivel***

El nivel del proyecto investigativo fue descriptivo – explicativo, definido por Imbeau, Tomkinson, and Malki (2021, p. 81), como un nivel donde se describe las características de un fenómeno en particular y en donde el investigador pretende identificar las causas y efectos de este.

Se considero al fenómeno de estudio y sus componentes, medición y definición de variables, asimismo, se determinaron las causas que generan este fenómeno (eficiencia del sistema lagunar) generándose un sentido de entendimiento de la problemática abarcada.

## **3.2. MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

### ***3.2.1. Método***

El método hipotético-deductivo comprende dos partes, una parte hipotética en la que se propone para prueba una hipótesis o teoría, que surge de cualquiera fuente, y una parte deductiva en la que se extraen las consecuencias de la prueba, a partir de las hipótesis (Nola, 2007, p. 170)

Para llevar a cabo el trabajo de investigación, en el primer capítulo se han planteado una hipótesis general y dos específicas que serán verificadas por la experimentación para determinar cuál es la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales de la comuna San Pablo.

### ***3.2.2. Enfoque***

La investigación cuantitativa utiliza con mayor frecuencia la lógica deductiva, en la que los investigadores comienzan con hipótesis y luego recopilan datos que pueden usarse para determinar si existe evidencia empírica que respalde la hipótesis planteada, por tanto, el análisis cuantitativo requiere información en forma de variables (Apuke, 2017, p. 41).

Durante el proceso investigativo se empleó el enfoque cuantitativo al momento de recopilar datos numéricos de la batimetría, toma de muestras compuestas de agua residual y lectura de caudales en el sistema lagunar de la Comuna San Pablo.

### ***3.2.3. Diseño***

El diseño del trabajo de integración curricular fue el no experimental de corte transeccional, debido a que no se manipulo la variable independiente y se

describió las relaciones entre dos o más categorías y variable en un momento determinado.

### **3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO**

#### ***3.3.1. Población***

Según Majid (2018, p.3), la población se refiere a todo el grupo o conjunto de individuos, objetos o eventos que poseen características específicas y son de interés para el investigador, generalmente, representa la población más grande que se extrae de una muestra.

Teniendo en cuenta la definición expuesta en el anterior párrafo, en el presente estudio, la población correspondió al afluente y efluente de las lagunas de estabilización de la comuna San Pablo de la provincia de Santa Elena, poblaciones que fueron estudiadas en dos puntos (un ingreso y una salida).

#### ***3.3.2. Muestra y Muestreo***

La muestra consideró a la totalidad de la población en estudio, por lo que no fue necesario emplear técnicas de muestreo, es decir, se consideraron los dos puntos de muestreo.

### **3.4. UBICACIÓN DEL SECTOR DE ESTUDIO**

La zona de estudio comprende al sistema de tratamiento de aguas residuales por lagunas de estabilización de la comuna San Pablo y operado por la empresa pública mancomunada Aguapen-EP. El sistema al momento de realizarse el estudio solo contaba con la operación de una laguna facultativa y una laguna de maduración, por motivos de mantenimientos, no estaban operando las dos lagunas más (Figura 4 y 5)

**Figura 4**

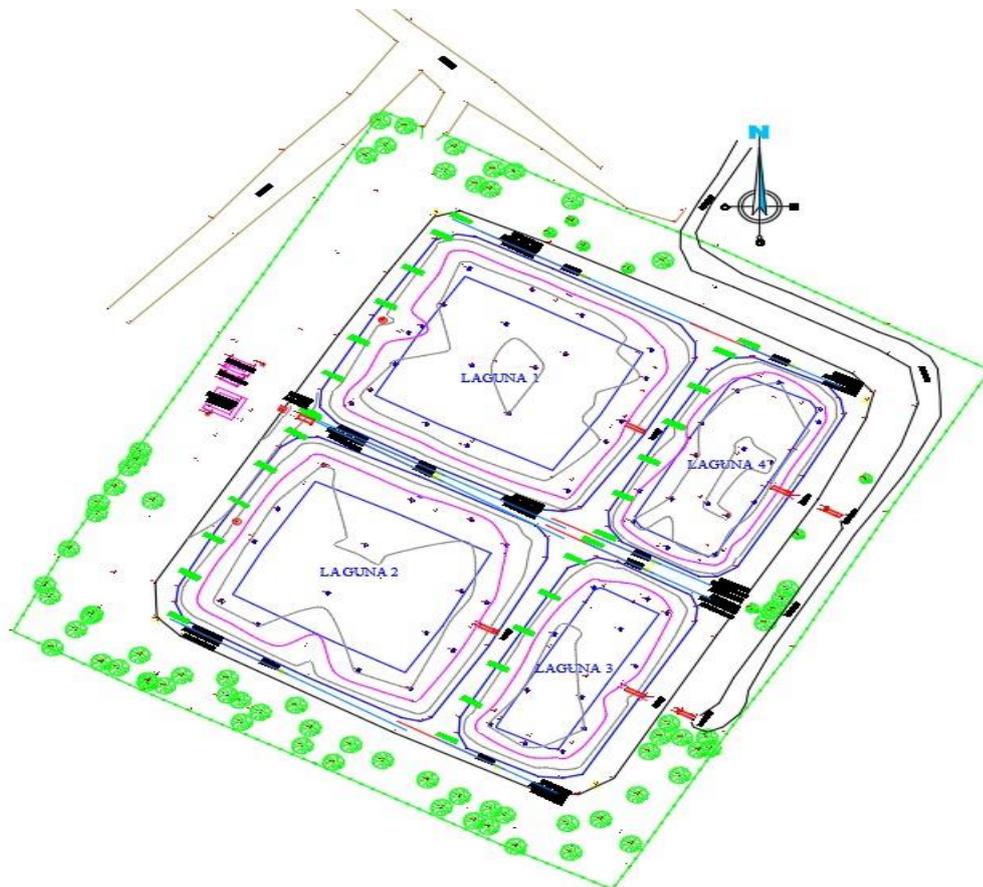
*Zona de Estudio*



*Nota. Tomado de Google Earth Pro.*

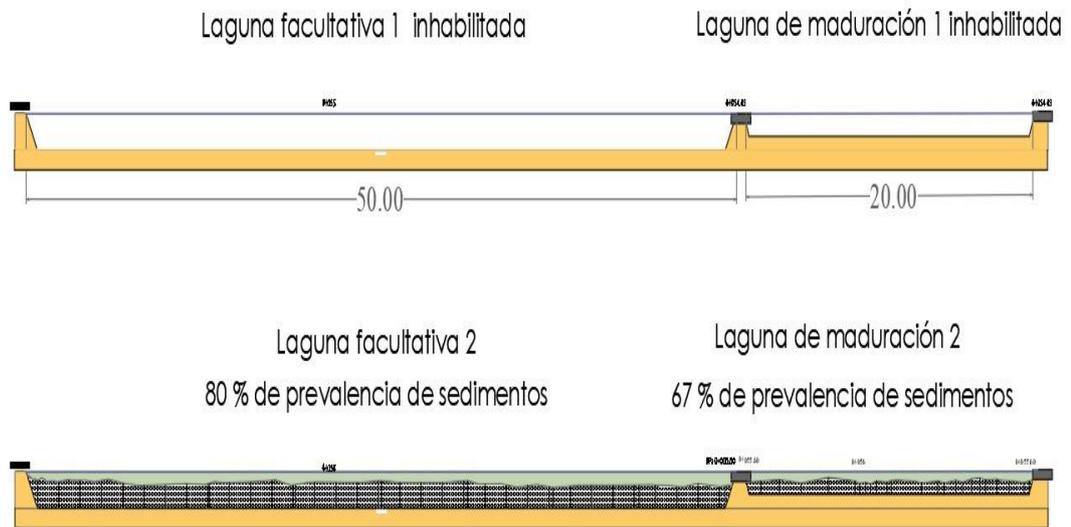
**Figura 5**

*Plano general de las lagunas de estabilización de la Comuna San Pablo*



## Figura 6

### Lagunas activas e inactivas



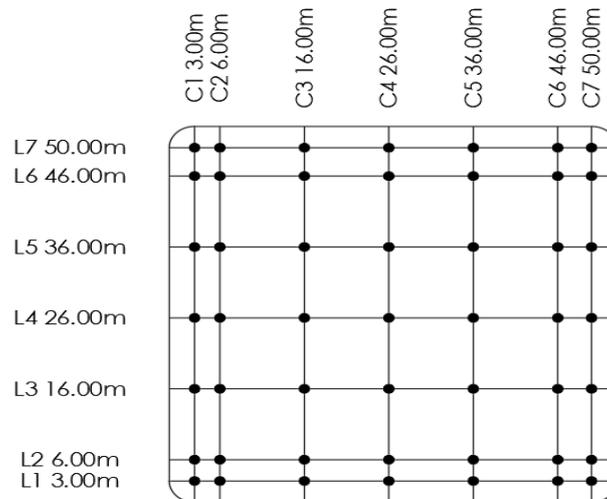
### 3.5. METODOLOGIA DEL OE.1: DETERMINACIÓN DE LOS PERFILES TRANSVERSALES MEDIANTE UN LEVANTAMIENTO BATIMÉTRICO PARA OBTENER VOLUMENES DE ACUMULACIÓN DE SEDIMENTOS EN LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN

Dando respuesta al primer objetivo específico planteado, se efectuó el levantamiento batimétrico para identificar los perfiles de acumulación de lodos o sólidos sedimentables y de esta manera poder estimar el lodo que, acumulado en el fondo de las lagunas de estabilización, asimismo, determinar el volumen de agua residual útil en cada laguna.

Teniendo en cuenta a Oakley (2005, p. 20) y Sánchez y Matsumoto (2013, p. 70), previamente se realizó una cuadrícula representativa para cada unidad de tratamiento (laguna facultativa y laguna de maduración). Es así como, se precisaron los ejes para el levantamiento batimétrico en la laguna facultativa, la cuadrícula realizada identifica 7 ejes longitudinales espaciados a 10 metros y 7 ejes transversales, espaciados a 10 metros, exceptuando los dos primeros y dos últimos puntos, separados cada 3 metros y 4 metros respectivamente (Figura 7).

### Figura 7

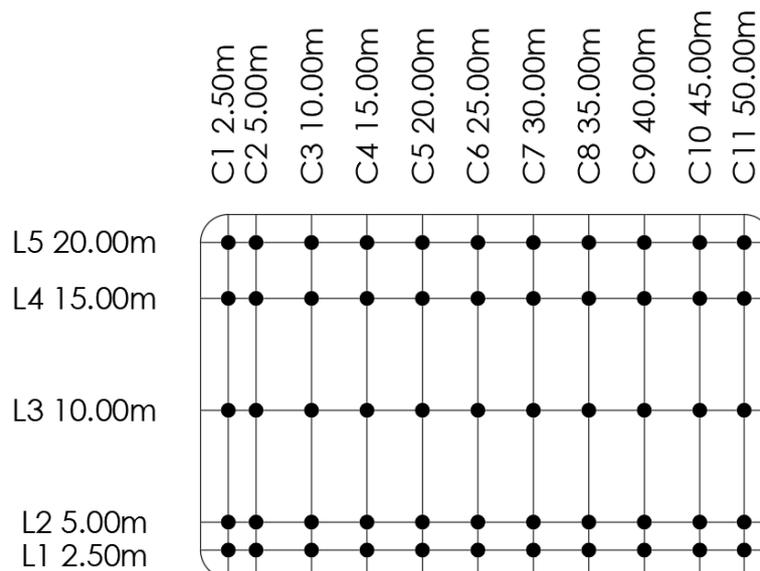
Ejes para el levantamiento batimétrico de la laguna facultativa



De la misma manera, se dispusieron los ejes en la laguna de maduración, se fijaron 5 puntos longitudinales espaciados a 5 metros y 11 puntos transversales, espaciados a 5 metros, con excepción de los dos primeros puntos, separados cada 2.5 metros (Figura 8).

### Figura 8

Ejes para el levantamiento batimétrico de la laguna de maduración



Considerando las disposiciones de Ministerio de Medio Ambiente y Agua de Bolivia (2018, p. 1), para mantener el alineamiento de los puntos en el terreno de acuerdo a la cuadrícula, se usaron sogas marcadas cada 10 metros de distancia entre

puntos transversales y, también estacas ubicadas por fuera de la laguna que fueron colocadas a 10 metros de distancia entre puntos longitudinales, de igual manera, para llevar a cabo el estudio batimétrico, se usó como material de ayuda una balsa de pesca y una regla de aluminio (Figura 7) para obtener los datos batimétricos sobre las profundidades de la laguna, la columna de agua y el lodo acumulado.

**Figura 9**

*Registro fotográfico de la medición de lodos con regla de aluminio y sobre la balsa de pesca*



Obtenida la información necesaria, se elaboraron perfiles transversales de la acumulación de sedimentos en AutoCAD y se calculó el volumen de lodos acumulados por hojas de cálculo en el software Excel.

**3.6. METODOLOGIA DEL OE.2: MONITOREO DE LA ZONA DE ESTUDIO MEDIANTE LA TOMA DE MUESTRA COMPUESTA DE AGUA RESIDUAL Y LA LECTURA DE CAUDALES EN AFLUENTE PARA ESTABLECER LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN Y CONSTANTE DE DEGRADACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DEL SISTEMA LAGUNAR**

El monitoreo de la zona de estudio se llevó a cabo a partir de:

***3.6.1. Toma de muestras compuestas de agua residual***

Según Cedeño-Muñoz (2020, p. 591), las muestras compuestas son una mezcla de muestras simples o puntuales tomadas in situ durante diferentes tiempos, por lo general, la mayoría de estas muestras son empleadas para observar las concentraciones medias de los parámetros analizados y asimismo, para determinar la carga contaminante o la eficiencia de un sistema de tratamiento de aguas residuales.

Teniendo en cuenta las conceptualizaciones de la toma de muestras compuestas, se tomaron muestras en la entrada del sistema lagunar (Afluente) y en la salida de este (Efluente), la toma se efectuó el día 31 de octubre de 2023, a las 8:30 a.m. y a las 11:30 a.m., una vez tomadas las muestras, estas fueron transportadas debidamente refrigeradas en hieleras a la ciudad de Guayaquil para ser ensayadas en laboratorio de agua residual acreditado (Ver Anexo 1). Se consideraron los siguientes parámetros a ensayar:

**Tabla 2**

*Parámetros a ensayar por laboratorio de agua residual acreditado*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>
pH	u pH
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/l
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l
Aceites y Grasas	mg/l
Coliformes Fecales	NMP/100ml

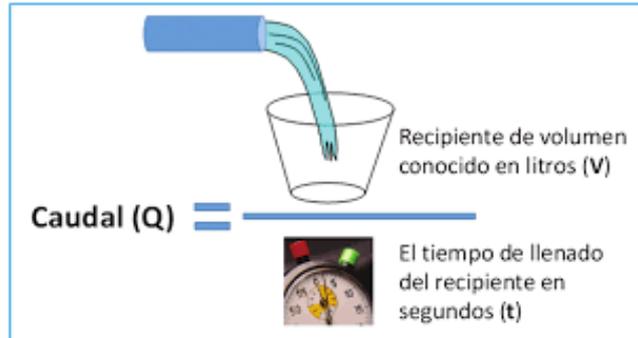
### ***3.6.2. Lectura de Caudales en la entrada del sistema lagunar (Afluente)***

Para llevar a cabo la lectura de caudales se consideró emplear el método de aforo volumétrico, método que de acuerdo a lo mencionado por Hidalgo (2017, p. 74), se determina el tiempo requerido para llenar un recipiente, calibrado a un volumen determinado, el proceso de medida se realiza por lo general de tres a cuatro

veces, o más, siempre tratando de minimizar el error y comparando los datos obtenidos, por ende, las medidas deben ser aproximadas en cada medida realizada.

### Figura 10

Formulación gráfica del método volumétrico



De acuerdo con lo observado en la figura 8, se tomaron caudales en un recipiente de capacidad 18.93 litros, y la medición del tiempo se efectuó mediante un cronómetro manual. Se tomaron caudales durante 5 días (Lunes-Viernes) en tiempos de 12 horas cada día (8:30 am – 19:30 pm), y por cada día se obtuvo el caudal medio diario (promedio de las 12 lecturas), los resultados se observan en la sección 4.2.

### 3.6.3. Obtención de la eficiencia de remoción de los parámetros estudiados

La eficiencia expresada en porcentaje en un tratamiento de aguas residuales relaciona la concentración de carga contaminante que entra al sistema y la carga contaminante que sale de este, la determinación de este porcentaje sirve para verificar el funcionamiento de una planta o sistema de tratamiento depurador de aguas residuales (Humanante et al., 2022, p. 179), su fórmula se expresa de la siguiente manera:

$$E (\%) = \frac{(\text{Concentración AF} - \text{Concentración EF})}{\text{Concentración AF}} * 100 \quad \text{Ec. (2)}$$

Donde:

**E:** Eficiencia de remoción de carga contaminante de un sistema o planta de tratamiento de aguas residuales expresado en porcentaje.

**Concentración AF:** Concentración de carga contaminante que ingresa a un sistema depurador de aguas residuales o también llamado afluente, expresada en mg/l.

**Concentración EF:** Concentración de carga contaminante que sale de un sistema depurador de aguas residuales o también llamado efluente, expresada en mg/l.

#### ***3.6.4. Obtención de la constante de biodegradación de materia orgánica de los parámetros estudiados***

La constante de degradación se considera un parámetro especial empleado para la medición de la velocidad en que se degrada un compuesto orgánico dentro de un determinado ambiente, es decir, es la tasa de descomposición de un compuesto dividido por la concentración del compuesto en cuestión. La ecuación para determinar este parámetro se basa en el modelo de Marais-Shaw empleado en diseños de Plantas o Sistemas de lagunas de estabilización (Velasco, Moncayo, & Chuquer, 2019, p. 33), a continuación se muestra la ecuación.

$$K = \frac{\text{Concentración AF}}{\text{Concentración EF} * TRH} - \frac{1}{TRH} \quad \text{Ec. (3)}$$

Donde:

**K:** Constante de biodegradación de materia orgánica expresada en 1/día o día<sup>-1</sup>.

**Concentración AF:** Concentración de carga contaminante que ingresa a un sistema depurador de aguas residuales o también llamado afluente, expresada en mg/l.

**Concentración EF:** Concentración de carga contaminante que sale de un sistema depurador de aguas residuales o también llamado efluente, expresada en mg/l.

**TRH:** Tiempo de retención hidráulica expresado en días.

Siguiendo las directrices que exponen los autores Velasco et al. (2019) en su investigación, se debe interpretar los resultados obtenidos en K, de acuerdo con lo expuesto en la siguiente Tabla:

**Tabla 3**

*Interpretación de resultados del valor k*

<b>Resultado</b>	<b>Interpretación</b>
K positivo o $K > 20 \text{ día}^{-1}$	El compuesto se degrada rápidamente.
K negativo	El compuesto no se degrada o se acumula.
K: 0	El compuesto se degrada a una tasa constante.
$K < 20 \text{ día}^{-1}$	El compuesto se degrada lentamente.

*Nota.* Tomado de Velasco et al., (2019).

### 3.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 4**

*Cuadro de Operacionalización de Variables*

Variables	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Escala
<b>Variable Independiente: Afluente y efluente del sistema lagunar</b>	Se define como afluente a la muestra tomada al ingreso del sistema lagunar y como efluente a la muestra tomada a la salida del sistema lagunar.	Calidad del afluente y efluente	Parámetros físicos	mg/l
			Parámetros Químicos	mg/l
			Parámetros biológicos o bacteriológicos	NMP/100ml
<b>Variable dependiente: Eficiencia de remoción</b>	La eficiencia expresada en porcentaje en un tratamiento de aguas residuales relaciona la concentración de carga contaminante que entra al sistema y la carga contaminante que sale de este (Humanante et al., 2022, p. 179).	Eficiencia de remoción de DBO5	DBO5 del afluente y DBO5 del efluente	mg/l
		Eficiencia de remoción de DQO	DQO del afluente y DQO del efluente	mg/l
		Eficiencia de remoción de SST	SST del afluente y SST del efluente	mg/l
		Eficiencia de remoción de Aceites y Grasas	Aceites y Grasas del afluente y Aceites y Grasas del efluente	mg/l
		Eficiencia de remoción de CF	CF del afluente y CF del efluente	NMP/100ml
		Lectura de Caudales	Caudal del afluente	m <sup>3</sup> /día
		Volumen de agua residual	Volumen de agua residual en laguna facultativa y de maduración	m <sup>3</sup>
Tiempo de retención hidráulica	TRH de laguna facultativa y TRH de laguna de maduración	día		
Constante de biodegradación	K de laguna facultativa y K de laguna de maduración	día <sup>-1</sup>		

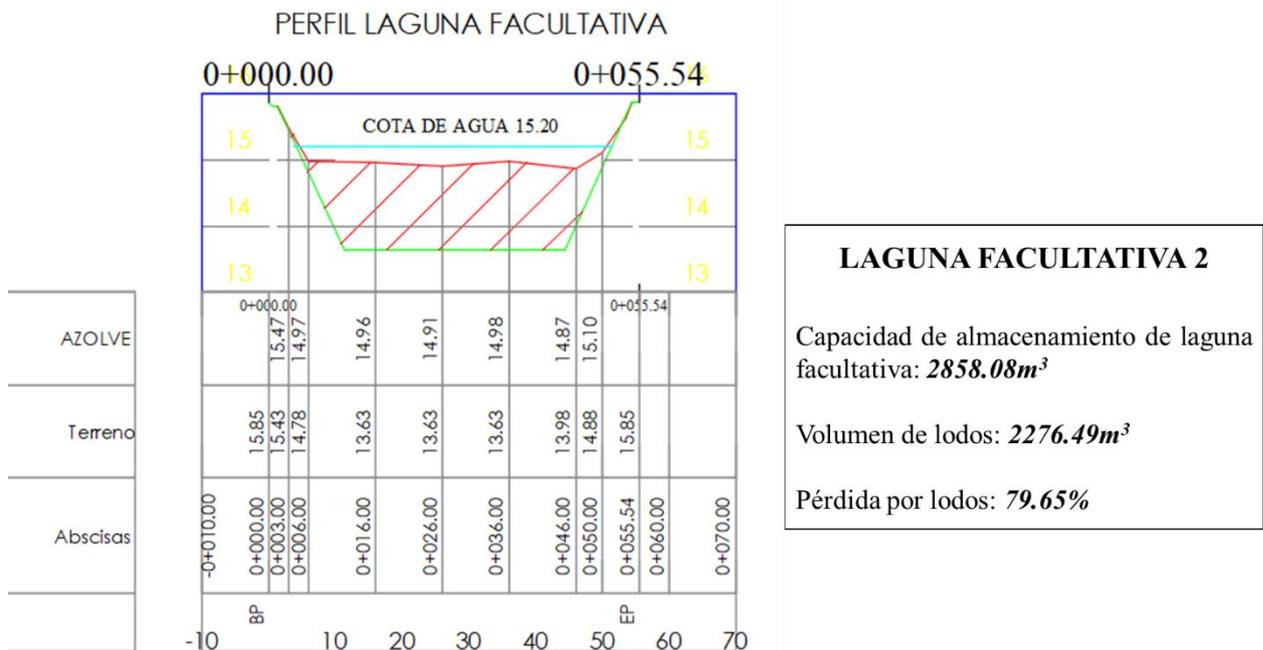
# CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

## 4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS OE.1, OBTENCIÓN VOLUMENES DE ACUMULACIÓN DE SEDIMENTOS EN LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN

Realizado el levantamiento batimétrico, en la laguna facultativa se determinó que, la capacidad de almacenamiento de agua residual es 2858.08 m<sup>3</sup> y el volumen de lodos o sedimentos alcanza un valor de 2276.49 m<sup>3</sup>, refiriendo una pérdida por azolve del 79.65% y obteniendo una capacidad de agua residual de **581.59 m<sup>3</sup>** de la capacidad total de la laguna facultativa 2. En la figura 11, se observa el perfil obtenido del levantamiento batimétrico respecto a la laguna facultativa.

**Figura 11**

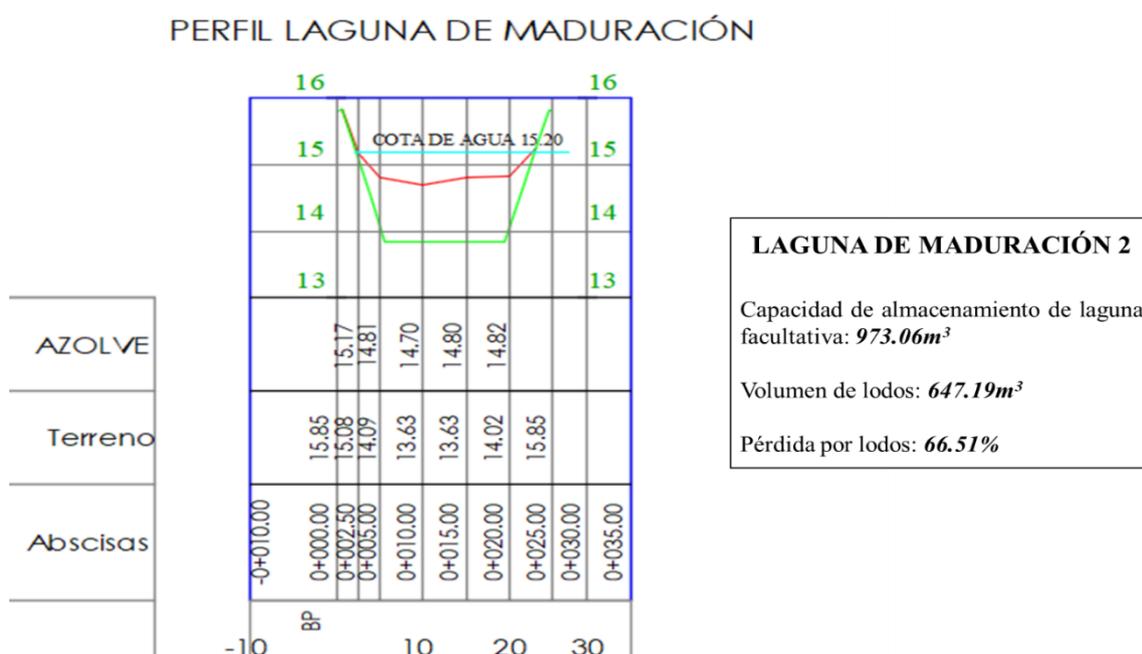
*Perfil de Laguna Facultativa 2*



En la laguna de maduración se obtuvo que, la capacidad de almacenamiento de agua residual es 973.06 m<sup>3</sup> y el volumen de lodos o sedimentos alcanza un valor de 647.19 m<sup>3</sup>, refiriendo una pérdida por azolve del 66.51% y obteniendo una capacidad de agua residual de **325.87 m<sup>3</sup>** de la capacidad total de la laguna. En la figura 12, se observa el perfil obtenido del levantamiento batimétrico respecto a la laguna de maduración.

**Figura 12**

*Perfil de Laguna de Maduración 2*



#### **4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS OE.2, MONITOREO DE LA ZONA DE ESTUDIO MEDIANTE LA TOMA DE MUESTRA COMPUESTA DE AGUA RESIDUAL Y LA LECTURA DE CAUDALES EN AFLUENTE PARA ESTABLECER LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN Y CONSTANTE DE DEGRADACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DEL SISTEMA LAGUNAR**

Respecto al segundo objetivo planteado en la investigación, se obtuvo lo siguiente:

### ***4.2.1. Resultados de la Toma de Muestras Compuestas de Agua Residual***

Realizada la toma de muestra compuesta en el afluente y efluente del sistema lagunar, se ensayaron en laboratorio de agua residual, en donde se obtuvieron los siguientes resultados mostrados a continuación en la tabla 5.

**Tabla 5**

*Resultados de la toma de muestra en laboratorio de agua residual acreditado*

<b>Parámetros</b>	<b>Afluente crudo</b>	<b>Efluente tratado</b>	<b>Límite de referencia (Efluente tratado)</b>	<b>Cumple (TULSMA, 2015)</b>
<b>pH</b>	7.25	7.71	6-9	SI
<b>DBO5 (mg/l)</b>	240.5	210.8	100	NO
<b>DQO (mg/l)</b>	515	450	200	NO
<b>SST(mg/l)</b>	168	134	130	NO
<b>Aceites y Grasas(mg/l)</b>	36	24.8	30	SI
<b>CF (NMP/100ml)</b>	5400000	490000	2000	NO

De la tabla 1, se logra identificar que del 100% de los parámetros evaluados, solo el 33.33% de ellos cumple con las regulaciones ecuatorianas en el efluente tratado, estos parámetros son el pH expresado en Unidades de pH ( $6 < \text{U pH} < 7.25$  U pH  $< 9$  U pH) y los Aceites y Grasas expresados en miligramos por litro ( $24.8 \text{ mg/l} < 30 \text{ mg/l}$ ).

Por otro lado, el 66.67% de los parámetros ensayados, no cumple con la regulación ecuatoriana en el efluente tratado, siendo así que, la DBO<sub>5</sub> expresada en mg/l ( $210.8 \text{ mg/l} > 100 \text{ mg/l}$ ), la DQO expresada en mg/l ( $450 \text{ mg/l} > 200 \text{ mg/l}$ ), los SST expresados en mg/l ( $134 \text{ mg/l} > 130 \text{ mg/l}$ ), y finalmente los CF expresados que exceden en grandes cantidades lo permitido en descargas a ríos de agua dulce ( $490000 \text{ NMP/100ml} > 2000 \text{ NMP/100ml}$ ).

#### 4.2.2. Resultados de la Lectura de Caudales al Ingreso del Sistema Lagunar

Después de haber tomado las lecturas de caudales en afluente durante 5 días de la semana (Lunes – Viernes), durante 12 horas por día empleando el método de aforo volumétrico, se obtuvo lo mostrado en la tabla 6.

**Tabla 6**

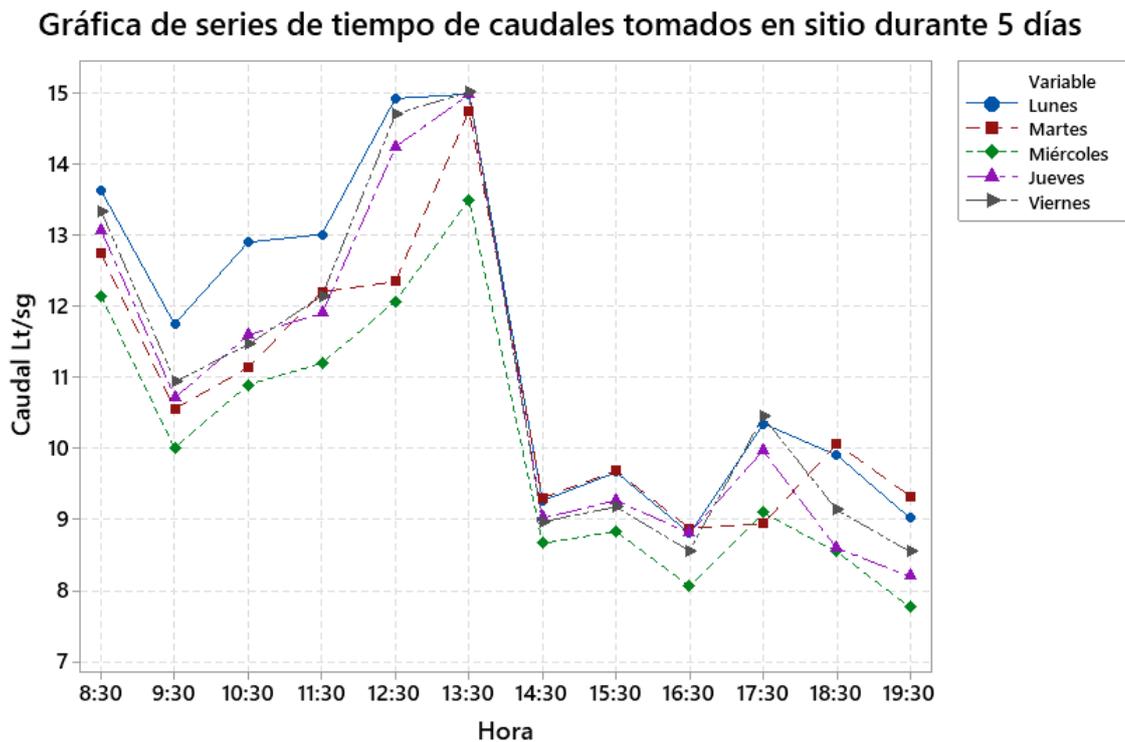
*Lecturas de caudales y caudales medios diarios en litros/segundos*

<b>Hora</b>	<b>Lunes</b>	<b>Martes</b>	<b>Miércoles</b>	<b>Jueves</b>	<b>Viernes</b>
<b>8:30:00 a.m.</b>	13.63	12.75	12.15	13.06	13.33
<b>9:30:00 a.m.</b>	11.75	10.56	10.01	10.72	10.94
<b>10:30:00 a.m.</b>	12.90	11.14	10.90	11.60	11.47
<b>11:30:00 a.m.</b>	13.01	12.20	11.20	11.90	12.15
<b>12:30:00 p.m.</b>	14.92	12.35	12.07	14.25	14.71
<b>13:30:00 p.m.</b>	14.98	14.75	13.50	14.98	15.02
<b>14:30:00 p.m.</b>	9.27	9.31	8.67	9.02	8.97
<b>15:30:00 p.m.</b>	9.67	9.69	8.84	9.27	9.18
<b>16:30:00 p.m.</b>	8.81	8.88	8.07	8.81	8.56
<b>17:30:00 p.m.</b>	10.35	8.95	9.10	9.97	10.45
<b>18:30:00 p.m.</b>	9.91	10.07	8.55	8.6	9.14
<b>19:30:00 p.m.</b>	9.02	9.33	7.77	8.2	8.55
<b>Caudal medio diario (lt/s)</b>	<b>11.52</b>	<b>10.83</b>	<b>10.07</b>	<b>10.87</b>	<b>11.04</b>

De acuerdo a lo analizado en la toma de caudales, cabe recalcar que el caudal medio en los 5 días evaluados es de 10.87 litros/segundos o también **939.17 m<sup>3</sup>/día**, en la tabla se observa que el lunes el sistema recibe más caudal y el miércoles el menor caudal de los días evaluados, estos caudales también se los puede interpretar mediante una gráfica de series de tiempo (Figura 13).

**Figura 13**

*Lectura de caudales tomados en sitio durante 5 días de la semana*



La Figura 13, demuestra que durante las 13:30 p.m. se da la mayor lectura de caudales, y la menor lectura se da a las 19:30 p.m., el mayor caudal de ingreso fue el viernes a las 13:30 p.m., y el menor caudal fue el día miércoles a las 19:30 p.m.

#### ***4.2.3. Resultados de la eficiencia de remoción de los parámetros estudiados***

Se determinó la eficiencia de remoción de la carga contaminante de los parámetros estudiados gracias a los resultados de los ensayos realizados en laboratorio de agua residual acreditado, se evaluó cada parámetro mediante la fórmula expuesta en la sección 3.6.3.

Se determinó que la Demanda Bioquímica de Oxígeno y la Demanda Química de Oxígeno, tienen un porcentaje muy bajo de lo que se necesita para tratar aguas residuales domésticas, siendo estos los parámetros más importantes en

tratamiento de aguas residuales, por su parte los Sólidos Suspendidos totales tiene una eficiencia de 20.23%, relativamente baja; los aceites y grasas cuentan con una eficiencia de 31.11% y los Coliformes Fecales pese a obtener más de un 90% de eficiencia, no es necesaria para lograr el 99.99% que exige la normativa ecuatoriana. Los resultados se pueden observar mediante un diagrama de barras por cada parámetro a continuación:

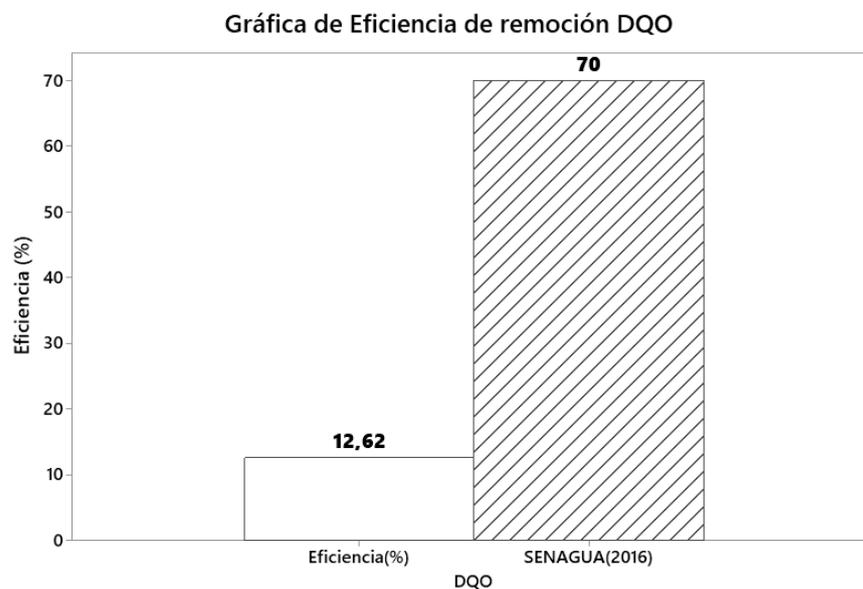
**Figura 14**

*Eficiencia de remoción de DBO*



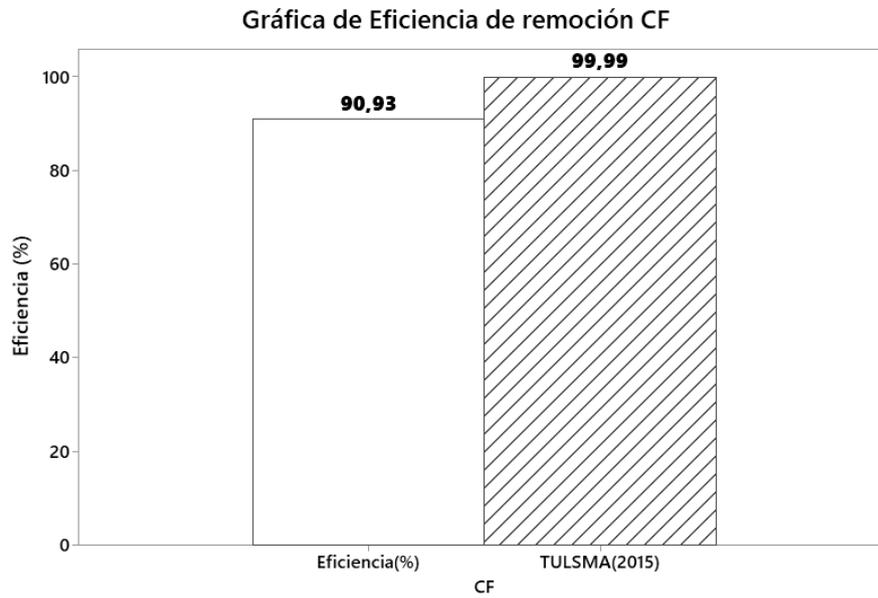
**Figura 15**

*Eficiencia de remoción de DQO*



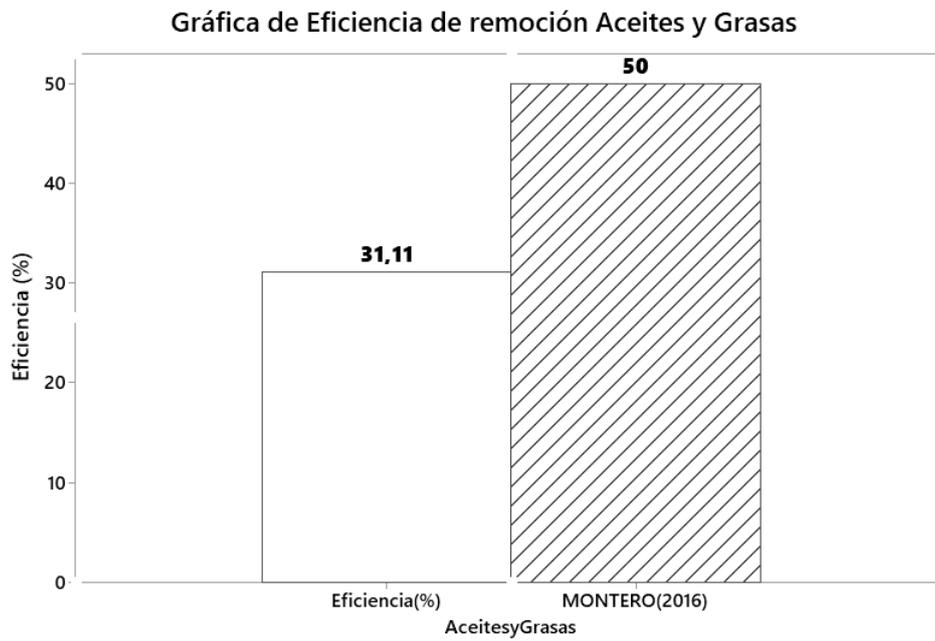
**Figura 16**

*Eficiencia de remoción de CF*



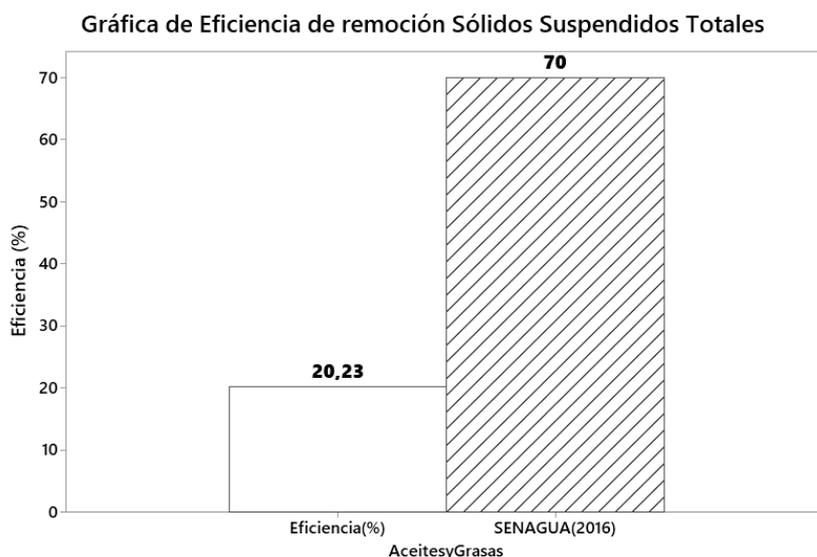
**Figura 16**

*Eficiencia de remoción de Aceites y Grasas*



**Figura 17**

*Eficiencia de remoción de SST*



#### ***4.2.4. Resultados de la constante de Biodegradación K***

Empleada la fórmula para hallar la constante de biodegradación, se obtuvo lo siguiente respecto a cada parámetro evaluado:

La constante de biodegradación para la  $DBO_5$  en la laguna facultativa 2 es  $0.11 < 20 \text{ día}^{-1}$  y para la laguna de maduración 2 es  $0.20 < 20 \text{ día}^{-1}$ , lo que refiere que el parámetro se degrada lentamente en ambas lagunas (Tabla 7).

**Tabla 7**

*Resultados de la constante de biodegradación de  $DBO_5$*

Laguna	AF (mg/L)	EF (mg/l)	V (m <sup>3</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /día)	TRH (día)	K (día <sup>-1</sup> )
Facultativa 2	240.5	210.8	581.59	469.59	1.24	0.11
Maduración 2	240.5	210.8	325.87	469.59	0.70	0.20

La constante de biodegradación para la DQO en la laguna facultativa 2 es  $0.11 < 20 \text{ día}^{-1}$  y para la laguna de maduración 2 es  $0.19 < 20 \text{ día}^{-1}$ , lo que refiere que el parámetro se degrada lentamente en ambas lagunas (Tabla 8).

**Tabla 8**

*Resultados de la constante de biodegradación de DQO*

<b>Laguna</b>	<b>AF</b> (mg/L)	<b>EF</b> (mg/l)	<b>V</b> (m <sup>3</sup> )	<b>Q</b> (m <sup>3</sup> /día)	<b>TRH</b> (día)	<b>K</b> (día <sup>-1</sup> )
<b>Facultativa 2</b>	515.0	450.0	581.59	469.59	1.24	0.11
<b>Maduración 2</b>	515.0	450.0	325.87	469.59	0.70	0.19

La constante de biodegradación para la SST en la laguna facultativa 2 es  $0.20 < 20 \text{ día}^{-1}$  y para la laguna de maduración 2 es  $0.36 < 20 \text{ día}^{-1}$ , lo que refiere que el parámetro se degrada lentamente en ambas lagunas (Tabla 9).

**Tabla 9**

*Resultados de la constante de biodegradación de SST*

<b>Laguna</b>	<b>AF</b> (mg/L)	<b>EF</b> (mg/l)	<b>V</b> (m <sup>3</sup> )	<b>Q</b> (m <sup>3</sup> /día)	<b>TRH</b> (día)	<b>K</b> (día <sup>-1</sup> )
<b>Facultativa 2</b>	168.0	134.0	581.59	469.59	1.24	0.20
<b>Maduración 2</b>	168.0	134.0	325.87	469.59	0.70	0.36

La constante de biodegradación para la Aceites y Grasas en la laguna facultativa 2 es  $0.36 < 20 \text{ día}^{-1}$  y para la laguna de maduración 2 es  $0.65 < 20 \text{ día}^{-1}$ , lo que refiere que el parámetro se degrada lentamente en ambas lagunas (Tabla 10).

**Tabla 10**

*Resultados de la constante de biodegradación de Aceites y Grasas*

<b>Laguna</b>	<b>AF</b> (mg/L)	<b>EF</b> (mg/l)	<b>V</b> (m <sup>3</sup> )	<b>Q</b> (m <sup>3</sup> /día)	<b>TRH</b> (día)	<b>K</b> (día <sup>-1</sup> )
<b>Facultativa 2</b>	36.0	24.8	581.59	469.59	1.24	0.36
<b>Maduración 2</b>	36.0	24.8	325.87	469.59	0.70	0.65

La constante de biodegradación para CF en la laguna facultativa 2 es  $8.08 < 20 \text{ día}^{-1}$  y para la laguna de maduración 2 es  $14.31 < 20 \text{ día}^{-1}$ , lo que refiere que el parámetro se degrada lentamente en ambas lagunas (Tabla 11).

**Tabla 11**

*Resultados de la constante de biodegradación de CF*

<b>Laguna</b>	<b>AF</b> (NMP/100ml)	<b>EF</b> (NMP/100ml)	<b>V</b> (m <sup>3</sup> )	<b>Q</b> (m <sup>3</sup> /día)	<b>TRH</b> (día)	<b>K</b> (día <sup>-1</sup> )
<b>Facultativa 2</b>	5400000	490000	581.59	469.59	1.24	8.08
<b>Maduración 2</b>	5400000	490000	325.87	469.59	0.70	14.31

### **Determinación de la Carga Superficial Aplicada (CSA) y porcentaje de Remoción**

Con los resultados de la DBO5 en la entrada de la laguna y su caudal promedio diario, se determinó la Carga Total Aplicada. Al dividir la CTA entre el área superficial de la laguna primaria (ha) se obtuvo la Carga Superficial Aplicada

$$CTA = 0,0864 * DBO5 * Qmun$$

$$CSA = \frac{CTA}{At}$$

Donde CSA: Carga Superficial Aplicada medida en KgDBO5/ha\*d

CTA: Carga Total Aplicada medida en kgDBO5/d

Qmun: Caudal de aguas residuales a la entrada de la laguna primaria en lps.

$$DBO5 \text{ de entrada} = 240,5 \frac{mg}{L}$$

$$Q \text{ de ingreso} = 10.87 \frac{L}{s}$$

0.0864

*A superficial* = 0.3 ha

## Incremento de población

Donde DBOpercápita: Producción de carga orgánica por persona diaria (gDBO/hab\*d)

CTA: Carga total aplicada (kg DBO/d)

P: Población conectada al alcantarillado sanitario que conduce a la PTAR.

$$Pf = 10279.74 \rightarrow \text{hab } 2023 \quad i = 3\%$$

$$Po = 7000 \rightarrow \text{hab } 2010$$

$$\begin{aligned} \frac{CTA}{Poblacion} &= \frac{225.869904}{10279.74} = 0.02197233 \\ &= 0.02197233 * 1000 \\ &= \mathbf{21.97233} \end{aligned}$$

$$Pf = 13815.74 \rightarrow \text{hab } 2033 \quad i = 3\%$$

$$Po = 7000 \rightarrow \text{hab } 2010$$

$$\begin{aligned} \frac{CTA}{Poblacion} &= \frac{225.869904}{13815.74} = 0.01634873 \\ &= 0.01634873 * 100 \\ &= \mathbf{16.3487373} \end{aligned}$$

$$CTA = 0.0864 * 240.5 * 10.87$$

$$CTA = 225.869904 \text{ KgDBO}/\text{dia}$$

$$CSA = \frac{225.869904}{0.3}$$

$$CTA = 752.89968 \frac{\text{KgDBO}}{\text{ha}} * c \text{ No cumple}$$

La laguna facultativa tiene una profundidad de 1,80 a 2,20m, la capa profunda es anaerobia y la capa superficial es aerobia, en el trópico acepta cargas superficiales entre 250 y 600 kg DBO/ha.d.. Es de tipo de laguna de estabilización más comúnmente usado.

# CAPÍTULO V: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

## 5.1. CONCLUSIONES

Del objetivo general planteado, se concluye que la eficiencia de remoción del sistema de tratamiento de aguas residuales está por debajo de los porcentajes permitidos en SENAGUA (2016) y TULSMA (2015), del 50% respecto a los parámetros DBO5, DQO, SST y Aceites y Grasas, no obstante, los CF tiene un 91% pero la normativa ecuatoriana exige que se cumpla una remoción del 99.99%, adicionalmente en el perímetro del sistema lagunar se evidencia que no hay suficiente cobertura vegetal que minimice la emisión de olores, en cuanto a los 2 módulos de tratamiento del sistema solamente se encuentra en funcionamiento el módulo 2 (laguna facultativa 2 y laguna de maduración 2) por el motivo de mantenimiento correctivo del módulo 1.

Del primer objetivo específico concluye que de acuerdo al levantamiento batimétrico el volumen útil es un 20% de la capacidad diseñada en la laguna facultativa, (volumen de sedimentos 80%) y el volumen útil 39% de la capacidad diseñada en la laguna de maduración (volumen de sedimento 61%), así mismo con los resultados de la DBO5 en la entrada de la laguna y su caudal promedio diario de 10.87 L/s (939.17 m<sup>3</sup>/día) lo que excede volumen útil de la laguna facultativa 1 (581.59 m<sup>3</sup>) , se determinó la Carga superficial Aplicada con un valor de 753 KgDBO/ha\*d, en el trópico se acepta cargas superficiales entre 250 y 600 kg DBO/ha.d. lo que no cumple para este tipo de laguna de estabilización el cual es el más comúnmente usado, además en la evaluación de los parámetros se determina que el agua del efluente no es típica de una zona urbana ( DBO 200 mg/L y DQO 400 mg/L), se evidencia que ingresan aguas residuales de origen industrial por su elevado valor en los parámetros de caracterización (DBO 240 mg/L y DQO 515 mg/L) con una concentración media.

Del segundo objetivo específico se determinó que los parámetros evaluados en un 33.33% cumplen con la regulación ecuatoriana, mientras que el 66.67% no cumple con la norma, por otro lado, los TRH están por debajo de los 2 días en ambas lagunas debido a que el caudal del efluente supera la capacidad del sistema y las constantes de biodegradabilidad están por debajo de 20 días<sup>-1</sup>, lo que demuestra que la carga contaminante se degrada muy lentamente.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- ✓ Se recomienda realizar el mantenimiento preventivo mensual para que se logre cumplir con la eficiencia y descargas de aguas residuales, teniendo en cuenta la importancia de remoción de lodos sedimentados existentes en la laguna facultativa y de maduración para mejorar los tiempos de retención hidráulica. Además, es necesario la limpieza y desbroce a la salida del canal de descarga ya que actualmente presenta maleza, madera y diferentes residuos sólidos que provoca estancamiento y desestabilización de taludes.
- ✓ Se deben construir cunetas perimetrales cubierta de polietileno de evacuación de aguas lluvias.
- ✓ Se pudo evidenciar que no existen tablones en las estructuras de entrada interconexión y salida es necesario que de manera urgente la empresa que administra los permisos de saneamiento de la provincia coloque los tablones en las estructuras mencionadas.
- ✓ Se sugiere que exista un mayor control en las conexiones a las cámaras colectoras del sistema lagunar ya que las aguas residuales de origen industrial afectan significativamente la composición química del efluente.
- ✓ Realizar controles periódicos de batimetría en el sistema lagunar con más frecuencia, para verificar la disminución de volúmenes causados por sedimentos y control de los tiempos de retención y redimensionar el área del sistema lagunar para aumentar captación de agua residual debido a un

incremento de la población lo que consecuentemente producirá un aumento en la concentración de materia orgánica, inorgánica y el caudal de entrada.

- ✓ Se recomienda a Aguapen-EP, con el objetivo de repotenciar la planta de tratamiento se contrate los estudios para la ampliación de la planta de tratamiento implementando un sistema lagunar en el que se considere revestimientos con polietileno de alta densidad para evitar filtraciones del agua residual sin tratar y tratada.
  
- ✓ Es necesario la reconfiguración de los caminos de servicio, así como también los caminos hacia la planta de tratamiento de agua residual.
  
- ✓ Se recomienda sembrar barreras de protección perimetral con árboles maderables como galán de la noche que emitan fragancia para evitar malos olores.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbas, H., Nasr, R., & Seif, H. (2006). Study of waste stabilization pond geometry for the wastewater treatment efficiency. *Ecological Engineering*, 28(1), 25-34. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2006.03.008>
- Ábrego-Góngora, C., Briones-Gallardo, R., Bernal-Jácome, L., & Escalas-Cañellas, A. (2015). Evaluation of Three Dynamic Models for Aerated Facultative Lagoons %J Journal of Water Resource and Protection. *Journal of Water Resource and Protection*, 7(14), 1131-1142. doi:<http://dx.doi.org/10.4236/jwarp.2015.714093>
- Al Hamedi, F. H., Kandhan, K., Liu, Y., Ren, M., Jaleel, A., & Alyafei, M. A. (2023). Wastewater Irrigation: A Promising Way for Future Sustainable Agriculture and Food Security in the United Arab Emirates. *Water*, 15(12). doi:<https://doi.org/10.3390/w15122284>
- Apuke, O. (2017). Quantitative Research Methods : A Synopsis Approach. *Arabian Journal of Business and Management Review (kuwait Chapter)*. 6, 40-47. doi:10.12816/0040336
- Baléo, J.-N., Humeau, P., & Cloirec, P. L. (2001). Numerical and experimental hydrodynamic studies of a lagoon pilot. *Water Research*, 35(9), 2268-2276. doi:[https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(00\)00502-9](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(00)00502-9)
- Barrasa, A., & Funtelsaz, C. (2002). Cómo se reflejan los resultados de investigación en un artículo original. *Matronas Profesión*, 3(9), 4-9.
- Beran, B., & Kargi, F. (2005). A dynamic mathematical model for wastewater stabilization ponds. *Ecological Modelling*, 181(1), 39-57. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2004.06.022>
- Carlino, P. (2021). Antecedentes y marco teórico en los proyectos de investigación: aportes para construir este apartado. *Material de cátedra para uso del Taller de escritura de proyecto de investigación de la Maestría en Formación Docente de la Universidad Pedagógica Nacional de Argentina*.
- Cedeño-Muñoz, H. A. (2020). Análisis de los parámetros de calidad del agua del efluente del río muerto para su posible reutilización del Cantón Manta, Ecuador. *Polo del Conocimiento*, 5(2), 26. doi:10.23857/pc.v5i2.1299
- Chávez, E. (2016). *Evaluación de la eficiencia de las lagunas de estabilización en la planta de tratamiento de aguas servidas en la ciudad de Balzar de la provincia de Guayas*. (Ingeniería en Gestión Ambiental), Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador.
- Cortés Martínez, F., Treviño Cansino, A., Alcorta García, M. A., Kalashnikov, V., & Luévanos Rojas, R. (2014). Mathematical Analysis for the Optimization of a Design in a Facultative Pond: Indicator Organism and Organic Matter. *Mathematical Problems in Engineering*, 2014, 652509. doi:10.1155/2014/652509
- Crini, G., & Lichtfouse, E. (2019). Advantages and disadvantages of techniques used for wastewater treatment. *Environmental Chemistry Letters*, 17(1), 145-155. doi:<https://doi.org/10.1007/s10311-018-0785-9>
- Demirbas, A., Edris, G., & Alalayah, W. M. (2017). Sludge production from municipal wastewater treatment in sewage treatment plant. *Energy Sources*,

- Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 39(10), 999-1006. doi:10.1080/15567036.2017.1283551
- Dos Santos, S. L., & Van Haandel, A. (2021). Transformation of Waste Stabilization Ponds: Reengineering of an Obsolete Sewage Treatment System. *Water*, 13(9). doi:<https://doi.org/10.3390/w13091193>
- Edokpayi, J., Odiyo, J., & Durowoju, O. (2017). Impact of Wastewater on Surface Water Quality in Developing Countries: A Case Study of South Africa. In T. Hlanganani (Ed.), *Water Quality* (pp. Ch. 18). Rijeka: IntechOpen.
- Englande, A. J., Krenkel, P., & Shamas, J. (2015). Wastewater Treatment & Water Reclamation☆. In *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*: Elsevier.
- Flores, A., & Pozo, E. (2022). *Evaluación estadística de los parámetros de análisis físico, químico y biológico de los afluentes y efluentes del sistema de tratamiento de aguas residuales regulado por la empresa pública mancomunada Aguapen-Ep, ubicado en la cabecera del Cantón Santa Elena, Provincia de Santa Elena*. (Ingeniería Civil), Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad, Ecuador.
- Gerba, C. P., & Pepper, I. L. (2009). Wastewater Treatment and Biosolids Reuse. *Environmental Microbiology*, 503-530. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-370519-8.00024-9>
- Guaranda, K. (2021). *Evaluación estadística de los parámetros físico-químico y biológico de los afluentes y efluentes del sistema de tratamiento de aguas residuales operado por Aguapen-EP de la Parroquia Anconcito del Cantón Salinas*. (Ingeniería Civil), Universidad Estatal Península de Santa Elena, Santa Elena, Ecuador.
- Hidalgo, L. (2017). *Guía Práctica para aforar en canales y cauces naturales, utilizando instrumentación básica y de bajo costo*. (Agua y Saneamiento Ambiental), Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Ho, L., Pham, D. T., Van Echelpoel, W., Muchene, L., Shkedy, Z., Alvarado, A., . . . Goethals, P. (2018). A Closer Look on Spatiotemporal Variations of Dissolved Oxygen in Waste Stabilization Ponds Using Mixed Models. *Water*, 10(2). doi:10.3390/w10020201
- Humanante, J., Moreno, L., Deza, C., Grijalva, A., Humanante, J., & Suárez, J. (2022). Evaluation of biological wastewater treatment in stabilization lagoons from Punta Carnero, Salinas – Ecuador. *Ambiente & Agua*, 17(2), e2822. doi:<https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2822>
- Humanante, J., Moreno, L., Grijalva-Endara, A., Saldoya, R., & Suárez, J. (2022). Eficiencia de remoción e impacto del sistema de tratamiento de aguas residuales del sector urbano y rural de la Provincia de Santa Elena. *Manglar*, 19(2), 177-187. doi:<http://doi.org/10.17268/manglar.2022.022>
- Imbeau, L., Tomkinson, S., & Malki, Y. (2021). Descriptive, Explanatory, and Interpretive Approaches. In (pp. 81-85).
- Jafarinejad, S. (2017). 6 - Treatment of Oily Wastewater. In S. Jafarinejad (Ed.), *Petroleum Waste Treatment and Pollution Control* (pp. 185-267): Butterworth-Heinemann.
- Kartal, B., Kuenen, J. G., & van Loosdrecht, M. C. M. (2010). Sewage Treatment with Anammox. *Science*, 328(5979), 702-703. doi:10.1126/science.1185941
- Kayombo, S., Mbwette, T. S. A., Mayo, A. W., Katima, J. H. Y., & Jørgensen, S. E. (2002). Diurnal cycles of variation of physical–chemical parameters in

- waste stabilization ponds. *Ecological Engineering*, 18(3), 287-291. doi:[https://doi.org/10.1016/S0925-8574\(01\)00086-6](https://doi.org/10.1016/S0925-8574(01)00086-6)
- Koop, S. H. A., & Van Leeuwen, C. J. (2017). The challenges of water, waste and climate change in cities. *Environment, Development and Sustainability*, 19(2), 385-418. doi:<https://doi.org/10.1007/s10668-016-9760-4>
- Langeveld, J. G., Post, J., Makris, K. F., Palsma, B., Kuiper, M., & Liefiting, E. (2023). Monitoring organic micropollutants in stormwater runoff with the method of fingerprinting. *Water Research*, 235, 119883. doi:<https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.119883>
- Laugesen CH, Fryd O, Koottatep T, Brix H (2010). Sustainable wastewater management in developing countries: New paradigms and case studies from the field. ASCE Press, Virginia, USA.
- Lofrano, G., & Brown, J. (2010). Wastewater management through the ages: A history of mankind. *Science of The Total Environment*, 408(22), 5254-5264. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.07.062>
- Marais, G., Ekama, G., & Wentzel, M. (2017). Application of the activated sludge model to aerated lagoons. *Water SA*, 43(2), 238-257. doi:<https://dx.doi.org/10.4314/wsa.v43i2.08>
- Majid, U. (2018). Research Fundamentals: Study Design, Population, and Sample Size. *Undergraduate Research in Natural and Clinical Science and Technology (URN CST) Journal*, 2. doi:10.26685/urncst.16
- Mateo-Sagasta, J., Gonzalez, G., & Thebo, A. (2017). *Producción, tratamiento y reutilización de aguas residuales municipales en América Latina y el Caribe*. Santiago, Chile: FAO.
- Matsumoto, T., & Sánchez Ortiz, I. A. (2010). EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR LAGUNAS FACULTATIVAS E IMPLICACIONES EN LA SALUD PÚBLICA. *Universidad y Salud*, 12, 65-78.
- Mello, A., & Wood Jr, T. (2019). What is applied research anyway? *Revista de Gestão*, 26, 338-339. doi:10.1108/REG-10-2019-128
- Ministerio de Medio Ambiente y Agua de Bolivia. (2018). *Estudio de Batimetría, Laguna anaeróbica - PTAR COSMOL R.L*. Retrieved from Santa Cruz, Bolivia:
- Montero-Vega, F. S., Molina-Cedeño, C. S., Pillco-Herrera, B. M., Sarduy-Pereira, L. B., & Diéguez-Santana, K. (2020). Evaluación del impacto ambiental de la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales. Caso río Pindo Chico, Puyo, Pastaza, Ecuador. *Ciencia, Ambiente y Clima*, 3(1), 23-39. doi:10.22206/cac.2020.v3i1.pp23-39
- Naidoo, S., & Olaniran, A. O. (2013). Treated wastewater effluent as a source of microbial pollution of surface water resources. *Int J Environ Res Public Health*, 11(1), 249-270. doi:10.3390/ijerph110100249
- Nola, R. (2007). The hypothetico-deductive method. In R. Nola (Ed.), *Theories of Scientific Method: An Introduction* (pp. 170-184): Acumen Publishing.
- Oakley, S. (2005). *Manual de Diseño, Construcción, Operación y Mantenimiento. Monitoreo y Sostenibilidad*. Retrieved from California, Estados Unidos de América:
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227-232. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>

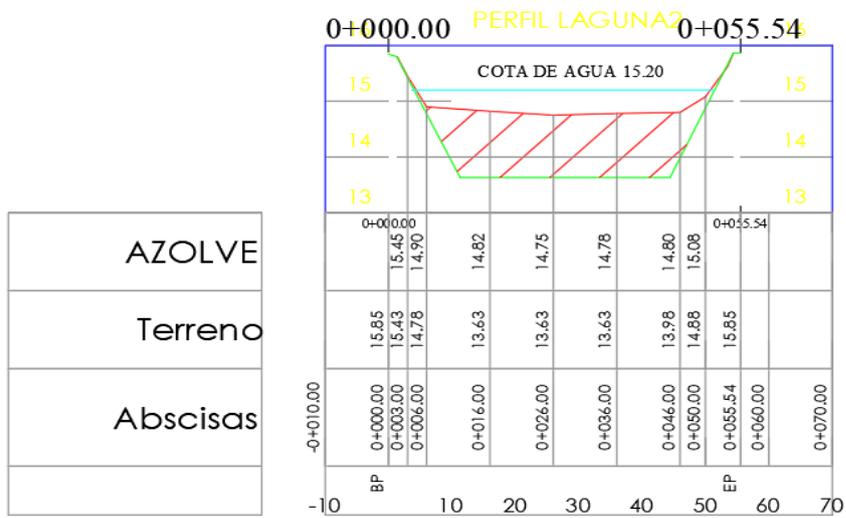
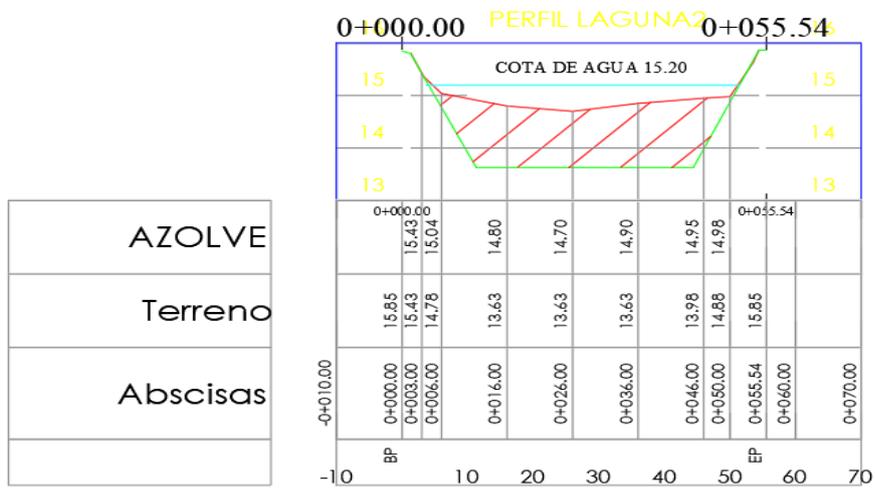
- Paco, P., & Rojas, D. (2020). *Evaluación de la eficiencia de remoción de lagunas de estabilización del centro poblado de Yaureccan, Huancavelica - 2018*. (Ingeniería Civil), Universidad Peruana de los Andes, Huancayo, Perú.
- Peña, S., Mayorga, J., Montoya, & Rubén. (2018). Propuesta de tratamiento de las aguas residuales de la ciudad de Yaguachi (Ecuador). *Conexões: Ciência e Tecnologia*, 39, 161-168.
- Rana, J., Luna Gutierrez, P., & Oldroyd, J. (2021). Quantitative Methods. In (pp. 1-6).
- Rittmann, B. E., & McCarty, P. L. (2020). Lagoons and Wetlands. In (2nd Edition ed.). New York: McGraw-Hill Education.
- Sagubay, L., Pazmiño, C., & Loaiza, J. (2018). Evaluación de las Lagunas de Estabilización de las Orquideas de la ciudad de Guayaquil. *RECIAMUC*, 2(1), 67-90. doi:<https://doi.org/10.26820/reciamuc/2.1.2018.67-90>
- Sánchez, I., & Matsumoto, T. (2013). Estudio de batimetría y eficiencia de un sistema de lagunas de estabilización. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 30(1), 65-78.
- Sharma, S., & Bhattacharya, A. (2017). Drinking water contamination and treatment techniques. *Applied Water Science*, 7(3), 1043-1067. doi:<https://doi.org/10.1007/s13201-016-0455-7>
- Sparks, T., & Chase, G. (2016). Section 5 - Solid-Liquid Filtration – Examples of Processes. In T. Sparks & G. Chase (Eds.), *Filters and Filtration Handbook* (Sixth Edition) (pp. 297-359). Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Tilley, E., Ulrich, L., Luthi, C., Reymond, P., Schertenleib, R., & Zurbrugg, C. (2014). *Compendium of Sanitation Systems and Technologies*. Dübendorf, Switzerland: 2nd Revised Edition, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag).
- Topare, N., Attar, S., & Manfe, M. (2011). Sewage/Wastewater treatment technologies: A review. *Scientific Reviews and Chemical Communication*, 1(1), 18-24.
- UNESCO. (2009). *Water in a changing world. The United Nations World Water Development Report 3*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris.
- Velasco, G., Moncayo, J., & Chuquer, D. (2019). Diagnóstico del sistema de tratamiento de aguas residuales de Manta. *Revista Infoanalítica*, 7, 27. doi:10.26807/ia.v7i1.93
- WHO. (2006). *WHO Guidelines for the Safe Use of Wastewater, excreta and greywater*. World Health Organization, Geneva.
- WHO/UNICEF. *Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation* (2014). Update: Progress on Drinking Water and Sanitation
- Wilas, J., Draszawka-Bołzan, B., Daniszewski, P., & Cyraniak, E. (2019). Wastewater Treatment Technologies. *World News of Natural Sciences*(4), 33-43. doi:<https://doi.org/10.2134/sbwtreatment.c2>
- WWAP. (2017). *The United Nations World Water Development Report 2017. Wastewater: The Untapped Resource*. In. París, UNESCO.
- Zapata Rivera, A. M., Ducoste, J., Peña, M. R., & Portapila, M. (2021). Computational Fluid Dynamics Simulation of Suspended Solids Transport in a Secondary Facultative Lagoon Used for Wastewater Treatment. *Water*, 13(17). doi:10.3390/w13172356

## **ANEXOS**

## **ANEXO I**

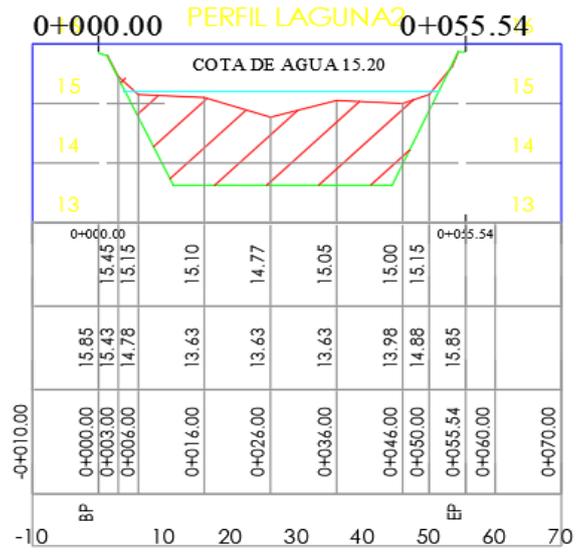
### **PERFILES DE LAGUNA FACULTATIVA 2**

Perfiles de laguna facultativa 2

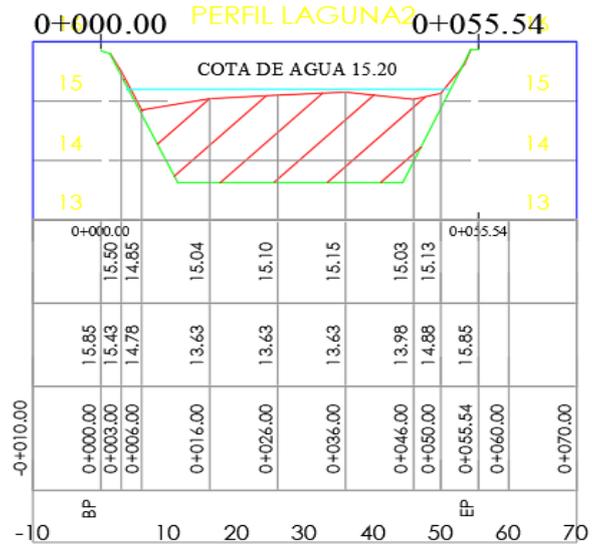




AZOLVE
Terreno
Abscisas



AZOLVE
Terreno
Abscisas



## **ANEXO II**

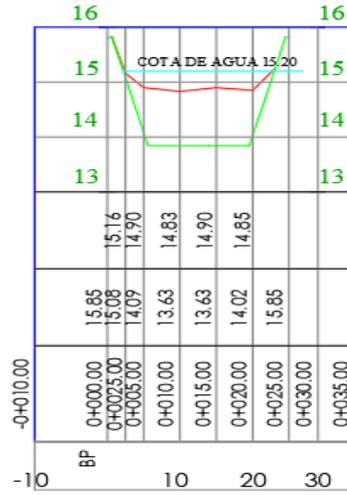
### **PERFILES DE LAGUNA DE MADURACIÓN 2**



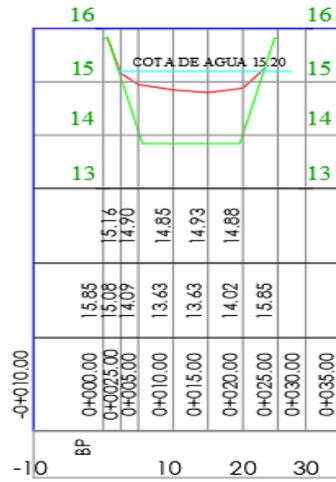




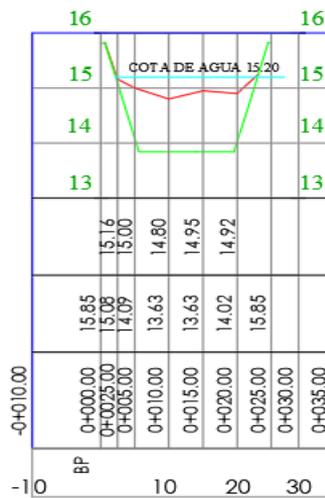
AZOLVE
Terreno
Abscisas



AZOLVE
Terreno
Abscisas



AZOLVE
Terreno
Abscisas



## **ANEXO III**

### **RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

# Afluente muestra 1 compuesta



INFORME DE RESULTADOS							No.0451-23
<b>FECHA DEL INFORME:</b> 2023/11/10 <b>INFORMACIÓN DEL CLIENTE</b> <b>Empresa :</b> <b>Dirección :</b> <b>Solicitado por :</b> Sr. Anthony Macias <b>CONDICIONES DEL ANÁLISIS</b> <b>F.Inicio del Análisis :</b> 2023/10/31 <b>T°C :</b> 27,9 <b>F.Fin del Análisis :</b> 2023/11/09 <b>%H :</b> 52,6		<b>DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA</b> <b>Tipo de Muestra :</b> Compuesta <b>Ubicación con GPS:</b> 525896,9763545 <b>Identificación de la muestra :</b> Entrada Laguna de Estabilizacion San Pablo Canton Santa Elena (Agua residual) <b>Norma técnica de muestreo :</b> INEN 2169/2176:2013 <b>Fecha de Toma :</b> 2023/10/31 <b>Responsable toma de muestra :</b> Muestra entregada por el cliente <b>Hora :</b> 8:30-11:30 <b>Fecha de Ingreso :</b> 2023/10/31					
RESULTADOS							
Parámetros	Unidades	Resultados	U*	Método de referencia	Procedimiento	Limites de referencia	
**pH a 25°C	u pH	7,25	0,1 u pH	SM 4500-H PE 1.1.	PE 1.1	6-9	
**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	240,5	13%	SM 5210B PE-1.3	PE 1.3	100	
**Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	515	8,9%	SM 5220 D PE 1.4	PE 1.4	200	
**Sólidos SuspendidosTotales (SST)	mg/l	168,0	19%	Standards methods – Método gravimétrico	PE 1.8	130	
**Aceites y Grasas	mg/l	36,0	14%	Standards methods 5520 D Extracción por Goldfish	PE 1.32	30	
Coliformes Fecales	NMP/100ml	540 x 10 <sup>4</sup>	--	Standard Methonds 9221E, 9221C, 9223 B (Tubos múltiples)	PE 1.23	2.000	

  
 MARIO ARTURO MARQUEZ GALLEGOS  
 Ing. Mario Márquez  
 Jefe del Laboratorio

#### NOTAS:

1. Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometidas al ensayo.
  2. No se debe reproducir el informe de manera parcial sólo en su totalidad.
  3. Las opiniones e interpretaciones no forman parte del alcance de acreditación solicitado al SAE.
  4. INGEESTUDIOS S.A. respetará la confidencialidad/imparcialidad y se registrará al cumplimiento de las leyes, compromisos contractuales y exigencias de la norma ISO 17025, en cuanto a este tema se refiere.
  5. Los límites de referencia en el presente informe corresponden a la Tabla 9 de la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua (Anexo I – Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del ambiente 2015)
- (\*\*) Parámetro incluido en el alcance de acreditación solicitado al SAE (Servicio de Acreditación Ecuatoriano).
- (U\*) Incertidumbre de medida

## Efluente muestra 2 compuesta



INFORME DE RESULTADOS							No.0452-23
<b>FECHA DEL INFORME:</b> 2023/11/10		<b>DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA</b>					
<b>INFORMACIÓN DEL CLIENTE</b>		<b>Tipo de Muestra</b> : Compuesta <b>Ubicación con GPS:</b> 525946,9763505 <b>Identificación de la muestra</b> : Salida Laguna de Estabilización San Pablo Canton Santa Elena (Agua residual) <b>Norma técnica de muestreo</b> : INEN 2169/2176:2013 <b>Fecha de Toma</b> : 2023/10/31 <b>Responsable toma de muestra</b> : Muestra entregada por el cliente <b>Hora</b> : 8:30-11:30 <b>Fecha de Ingreso</b> : 2023/10/31					
<b>Empresa</b> : <b>Dirección</b> : <b>Solicitado por</b> : Sr. Anthony Macias							
<b>CONDICIONES DEL ANÁLISIS</b>							
<b>F.Inicio del Análisis</b> : 2023/10/31 <b>T°C</b> : 27,9 <b>F.Fin del Análisis</b> : 2023/11/09 <b>%H</b> : 52,6							
RESULTADOS							
Parámetros	Unidades	Resultados	U*	Método de referencia	Procedimiento	Limites de referencia	
**pH a 25°C	u pH	7,71	0,1 u pH	SM 4500-H PE 1.1.	PE 1.1	6-9	
**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	210,8	13%	SM 5210B PE-1.3	PE 1.3	100	
**Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	450	8,9%	SM 5220 D PE 1.4	PE 1.4	200	
**Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	134,0	19%	Standards methods – Método gravimétrico	PE 1.8	130	
**Aceites y Grasas	mg/l	24,8	14%	Standards methods 5520 D Extracción por Goldfish	PE 1.32	30	
Coliformes Fecales	NMP/100ml	49 x 10 <sup>-4</sup>	--	Standard Methonds 9221E, 9221C, 9223 B (Tubos múltiples)	PE 1.23	2.000	

  
 MARIO ARTURO MARQUEZ GALLEGOS  
 Ing. Mario Márquez  
 Jefe del Laboratorio

### NOTAS:

1. Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometidas al ensayo.
  2. No se debe reproducir el informe de manera parcial sólo en su totalidad.
  3. Las opiniones e interpretaciones no forman parte del alcance de acreditación solicitado al SAE.
  4. INGESTUDIOS S.A. respetará la confidencialidad/imparcialidad y se registrará al cumplimiento de las leyes, compromisos contractuales y exigencias de la norma ISO 17025, en cuanto a este tema se refiere.
  5. Los límites de referencia en el presente informe corresponden a la Tabla 9 de la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua (Anexo I – Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del ambiente 2015)
- (\*\*) Parámetro incluido en el alcance de acreditación solicitado al SAE (Servicio de Acreditación Ecuatoriano).  
 (U\*) Incertidumbre de medida

## **ANEXO IV**

### **TOMA DE MUESTRAS COMPUESTAS**

*Toma de Muestras Compuestas (Afluente y Efluente)*



## **ANEXO V**

### **LEVANTAMIENTO BATIMETRICO DEL SISTEMA LAGUNAR**

*Laguna facultativa 2*



*Laguna de maduración 2*



*Obtención de puntos para perfiles longitudinales y transversales*



*Mantenimiento y remocion de lodos*

