



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE GUAYAQUIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES GRISES PROVENIENTES DEL ÁREA DE  
BIOSEGURIDAD DE UNA GRANJA AVÍCOLA PARA SU  
REUTILIZACIÓN EN RIEGO AGRÍCOLA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de INGENIERA AMBIENTAL

**AUTORAS:**

LOOR JIMENEZ JEIMMY ELIZABETH

RIVADENEYRA CORTÉS DOMÉNICA GABRIELA

**TUTOR:** ING. VIRGILIO ORDOÑEZ, PhD

Guayaquil-Ecuador

2025

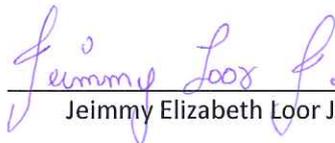
**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

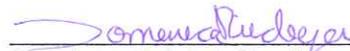
Nosotras, Jeimmy Elizabeth Loor Jiménez con documento de identificación N°0923091417, y Doménica Gabriela Rivadeneira Cortés, con documento de identificación N°0919663849, manifestamos que:

Somos las autoras y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 03 de febrero del año 2025

Atentamente,

  
Jeimmy Elizabeth Loor Jiménez  
0923091417

  
Doménica Gabriela Rivadeneira Cortés  
0919663849

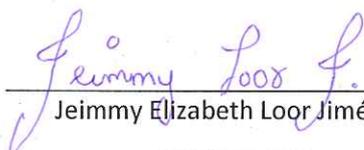
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL  
TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA  
SALESIANA**

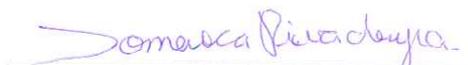
Nosotras, Jeimmy Elizabeth Loor Jiménez con documento de identificación No. 0923091417 y Doménica Gabriela Rivadeneyra Cortés con documento de identificación No. 0919663849, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo experimental; **DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES GRISES PROVENIENTES DEL ÁREA DE BIOSEGURIDAD DE UNA GRANJA AVÍCOLA PARA SU REUTILIZACIÓN EN RIEGO AGRÍCOLA**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIERAS AMBIENTALES, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 03 de febrero del año 2025

Atentamente,

  
\_\_\_\_\_  
Jeimmy Elizabeth Loor Jiménez  
0923091417

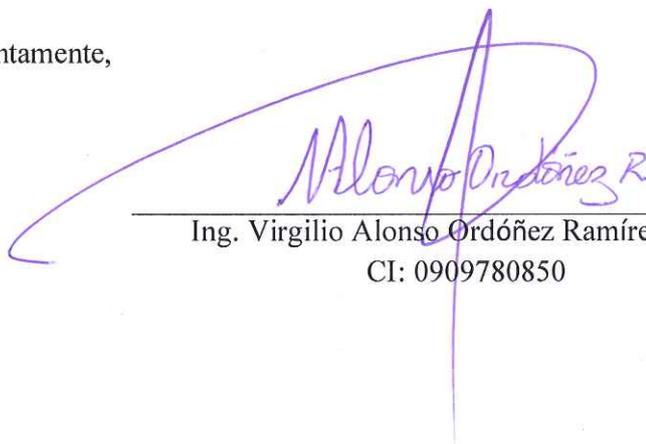
  
\_\_\_\_\_  
Doménica Gabriela Rivadeneyra Cortés  
0919663849

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Virgilio Alonso Ordóñez Ramírez con documento de identificación N° 0909780850, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES GRISES PROVENIENTES DEL ÁREA DE BIOSEGURIDAD DE UNA GRANJA AVÍCOLA PARA SU REUTILIZACIÓN EN RIEGO AGRÍCOLA**, realizado por Jeimmy Elizabeth Loor Jiménez con documento de identificación N° 0923091417 y por Doménica Gabriela Rivadeneyra Cortés con documento de identificación N° 0919663849, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 03 de febrero del año 2025

Atentamente,



---

Ing. Virgilio Alonso Ordóñez Ramírez, PHD  
CI: 0909780850

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi familia, cuyo amor y sacrificio fueron fundamentales para alcanzar esta meta tan importante. En especial, agradezco a mi madre, Magister Karina Jiménez Miranda, por sus valiosos consejos y su constante impulso hacia el crecimiento; a mi tío, Licenciado Luis Humberto Jiménez, por su apoyo incondicional y permanente; y a mi abuela, señora Cruz María Miranda, por su complicidad, confianza y por brindarme fortaleza en los momentos más difíciles.

*Jeimmy Elizabeth Loor Jiménez*

## **DEDICATORIA**

Le dedico el presente trabajo a mi madre, Doctora Ruth Cortés Levoyé, quien con todo su esfuerzo, amor y sacrificio me ayudó a alcanzar esta meta.

A mi hermano, Ingeniero Jorge Rivadeneyra Cortés, quien fue un apoyo fundamental en uno de los momentos más difíciles de mi vida. Sin él, no habría llegado hasta donde estoy hoy.

A mi padre, Ingeniero Jorge Rivadeneyra Camino, quien nunca dudó de mí ni de mis capacidades.

A mi abuela, Margarita Levoyé Fonda, que en paz descanse, quien me enseñó a sonreír siempre ante la vida.

Y, finalmente, me la dedico a mí misma, por no dudar de mí, por seguir adelante a pesar de todo, y por dejar esta huella como un recordatorio de que con esfuerzo, amor y dedicación puedo cumplir mis metas.

*Doménica Gabriela Rivadeneyra Cortés*

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer a mi madre por su amor incondicional y por inspirarme a ser mejor.

A mi hermano, quien me cuida y protege.

A mi padre, quien me enseñó el valor de ser uno mismo.

A la Ingeniera Carmen Palacios, y al Ingeniero Virgilio Ordóñez, por el conocimiento que nos transmitieron con entusiasmo y dedicación, Así mismo por comprenderme y apoyarme en una etapa compleja de mi vida.

A mi compañera de tesis y amiga, Jeimmy Loor, quien fue parte fundamental para lograr esta meta y con quien he compartido amenos momentos.

A mis buenos amigos que me han apoyado en todo.

Y, por último, a mis compañeros y profesores que han hecho de esta una buena etapa de mi vida, de quienes me llevo gratos recuerdos.

*Doménica Gabriela Rivadeneyra Cortés*

## **AGRADECIMIENTO**

Extiendo mi gratitud a mis estimados docentes: la Ingeniera Carmen Palacios Msc, el Ingeniero Marcelo Berrones, la Ingeniera Gabriela Andrade, y al Magister Virgilio Ordóñez, apreciado tutor de tesis, quien me acompañó desde el primer día del proceso de nivelación académica universitaria. Con su infinita paciencia y guía, marcaron cada paso de mi formación.

Agradezco afectuosamente a mi compañera de tesis, amiga y ahora colega, Doménica Rivadeneyra, cuyo apoyo y esfuerzo fueron determinantes para el logro de este éxito.

Finalmente, agradezco a los amigos y conocidos que formaron parte de este camino. Los llevaré siempre en mi corazón, pues cada uno contribuyó con un granito de arena en mi desarrollo personal y profesional. A todos ustedes, gracias por enseñarme a soñar en grande y a nunca rendirme.

*Jeimmy Elizabeth Loor Jiménez*

## RESUMEN

El presente estudio definió el diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales grises provenientes del área de bioseguridad de una granja avícola, con el objetivo de reutilizarla en riego agrícola, verificando la viabilidad técnica y financiera.

En la actividad avícola se evidenció un alto consumo de agua en la acción de control sanitario que involucra la higienización antes de ingresar a la granja, y la de mantenimiento de la sección.

En la unidad de análisis se descarga agua residual gris directamente al suelo, sin ningún tratamiento. Se escogieron 11 parámetros para caracterizar de los cuales 7 pertenecen a la Tabla 3 y Tabla 4 de los Criterios para Calidad de Agua en Riego Agrícola del Acuerdo Ministerial 097A Anexo 1. Los parámetros que excedieron los límites recomendables fueron sólidos suspendidos totales y turbidez.

Con los datos recopilados de la caracterización se realizó el tratamiento por medio de la prueba test de jarra obteniendo los resultados de 0,5 ml de cal para ajustar el pH, 16 ml de coagulante, creando flocs favorables según el índice de Willcomb con un valor de 8; Bueno. sedimentándose en 26 minutos.

Posterior a eso, se diseñó el sistema de tratamiento para el caudal que se genera, considerando un homogeneizador, un clarificador y un reservorio de agua tratada, con el que se alcanza la remoción requerida para el re uso.

Una vez diseñado el sistema se procedió a evaluar su viabilidad financiera comparando los costos de producción, con el costo de degradación del suelo, que este sufrirá a largo plazo por las descargar de agua residual gris sin tratamiento.

Por último, desde una perspectiva financiera, el proyecto es altamente rentable, ya que el beneficio de la conservación del suelo es mucho mayor que los costos involucrados en el tratamiento.

**Palabras clave:** sistema de tratamiento, agua residual gris, área de bioseguridad

## ABSTRACT

The present study defined the design of a greywater treatment system from the biosecurity area of a poultry farm, with the aim of reusing it for agricultural irrigation while verifying its technical and financial feasibility.

In poultry farming, a high water consumption was observed in sanitary control activities, which involve hygiene procedures before entering the farm and the maintenance of the section.

In the unit of analysis, greywater is discharged directly into the soil without any treatment. Eleven parameters were selected for characterization, seven of which belong to Tabla 3 y Tabla 4 de los Criterios para Calidad de Agua en Riego Agrícola del Acuerdo Ministerial 097A Annex 1. The parameters that exceeded the recommended limits were total suspended solids and turbidity.

Based on the data collected from the characterization, treatment was carried out using a jar test, obtaining results of 0.5 ml of lime to adjust the pH and 16 ml of coagulant, forming favorable flocs according to the Willcomb index with a value of 8 (Good), settling in 26 minutes.

Following this, the treatment system was designed for the generated flow, considering a homogenizer, a clarifier, and a treated water reservoir, achieving the required removal for reuse.

Once the system was designed, its financial feasibility was evaluated by comparing production costs with the long-term soil degradation cost caused by the discharge of untreated greywater.

Finally, from a financial perspective, the project is highly profitable, as the benefit of soil conservation is much greater than the costs involved in treatment.

**Keywords:** treatment system, gray water, biosecurity area

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	I
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA .....	II
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	III
DEDICATORIA.....	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO .....	VI
AGRADECIMIENTO .....	VII
RESUMEN .....	VIII
ABSTRACT .....	IX
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	XIV
1 INTRODUCCIÓN.....	1
<b>1.1 Problema .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Justificación .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Delimitación.....</b>	<b>3</b>
1.3.1 Delimitación geográfica.....	3
1.3.2 Delimitación temporal.....	4
1.3.3 Delimitación sectorial e institucional .....	4
<b>1.4 Pregunta de investigación.....</b>	<b>5</b>
<b>1.5 Objetivos.....</b>	<b>5</b>
1.5.1 Objetivo general.....	5
1.5.2 Objetivos específicos.....	5
<b>1.6 Hipótesis .....</b>	<b>5</b>
1.6.1 Hipótesis general .....	5
1.6.2 Hipótesis específicas .....	6
2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	7
<b>2.1 Definiciones .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2 Marco teórico .....</b>	<b>12</b>
2.2.1 Programación de muestreo .....	12
2.2.2 Muestreo y conservación .....	12
2.2.3 Análisis de la calidad de agua .....	12

2.2.4	Proceso de tratabilidad de agua .....	12
<b>2.3</b>	<b>Marco legal .....</b>	<b>15</b>
2.3.1	Constitución de la República del Ecuador (2008) .....	15
2.3.2	Normativa ambiental internacional .....	16
2.3.3	Normativa ambiental nacional .....	17
2.3.4	Norma técnica.....	18
<b>3</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>20</b>
<b>3.1</b>	<b>Diseño.....</b>	<b>20</b>
<b>3.2</b>	<b>Población y muestra .....</b>	<b>21</b>
<b>3.3</b>	<b>Variables .....</b>	<b>21</b>
3.3.1	Variable independiente.....	21
3.3.2	Variables dependientes.....	21
<b>3.4</b>	<b>Recopilación de datos .....</b>	<b>21</b>
<b>3.5</b>	<b>Recopilación de datos en la experimentación en laboratorio .....</b>	<b>24</b>
<b>3.6</b>	<b>Recopilación de datos del caudal del área de bioseguridad .....</b>	<b>26</b>
<b>3.7</b>	<b>Protocolos.....</b>	<b>26</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>32</b>
<b>4.1</b>	<b>Descripción del área de bioseguridad .....</b>	<b>32</b>
<b>4.2</b>	<b>Datos del caudal.....</b>	<b>33</b>
<b>4.3</b>	<b>Datos de la muestra cruda .....</b>	<b>34</b>
4.3.1	Datos de temperatura.....	34
4.3.2	Datos de potencial de hidrógeno.....	35
4.3.3	Datos de oxígeno disuelto .....	35
4.3.4	Datos de coliformes fecales.....	35
4.3.5	Datos de sólidos suspendidos totales .....	36
4.3.6	Datos de sólidos disueltos totales.....	37
4.3.7	Datos de turbidez.....	37
4.3.8	Datos de cloro.....	38
4.3.9	Datos de color .....	38
4.3.10	Datos aceite y grasas.....	39
4.3.11	Datos materia flotante .....	40
<b>4.4</b>	<b>Criterio Datos de muestra cruda .....</b>	<b>40</b>
4.4.1	Criterio de temperatura .....	40
4.4.2	Criterio del potencial de hidrógeno .....	42

4.4.3	Criterio de oxígeno disuelto .....	43
4.4.4	Criterio de coliformes fecales .....	44
4.4.5	Criterio de sólidos suspendidos totales.....	45
4.4.6	Criterio de sólidos disueltos totales .....	46
4.4.7	Criterio de turbidez .....	48
4.4.8	Criterio de cloro .....	48
4.4.9	Criterio de color .....	50
4.4.10	Criterio de aceite y grasas .....	50
4.4.11	Criterio de materia flotante.....	51
<b>4.5</b>	<b>Resultados de la experimentación .....</b>	<b>52</b>
4.5.1	Presentación de los datos de la experimentación .....	52
4.5.2	Presentación criterios resultados de experimentación.....	54
4.5.3	Consideraciones del sistema de tratamiento de agua residual gris.....	56
4.5.4	Componentes del sistema de tratamiento de agua residual gris .....	57
4.5.5	Esquema del tratamiento de agua residual gris .....	57
4.5.6	Descripción del sistema de tratamiento de agua residual gris.....	58
4.5.7	Dosificación.....	59
<b>4.6</b>	<b>Análisis Financiero .....</b>	<b>59</b>
4.6.1	Costo de terreno y obras civiles.....	59
4.6.2	Costo de maquinaria, mobiliario y equipos.....	60
4.6.3	Otros Activos.....	60
4.6.4	Inversión fija total .....	60
4.6.5	Materiales directos .....	61
4.6.6	Mano de obra directa.....	61
4.6.7	Costos directos de producción .....	62
4.6.8	Costos indirectos de producción.....	62
4.6.9	Costos totales de producción .....	62
4.6.10	Gastos generales y administrativos .....	63
4.6.11	Costos totales .....	63
4.6.12	Capital de trabajo.....	63
4.6.13	Beneficio del sistema .....	64
<b>4.7</b>	<b>Discusión.....</b>	<b>65</b>
<b>4.8</b>	<b>Comprobación de hipótesis.....</b>	<b>67</b>
4.8.1	Hipótesis 1 .....	67

4.8.2	Hipótesis 2 .....	67
4.8.3	Hipótesis 3 .....	69
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	71
5.1	<b>Conclusiones</b> .....	<b>71</b>
5.2	<b>Recomendaciones</b> .....	<b>71</b>
6	BIBLIOGRAFÍA.....	72
7	ANEXOS.....	76

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	P1 coordenadas punto de muestreo.....	3
<b>Tabla 2.</b>	Coordenadas del diseño del sistema .....	4
<b>Tabla 3.</b>	Parámetros a caracterizar AM097A.....	22
<b>Tabla 4.</b>	Plantilla recopilación de datos-parámetros .....	23
<b>Tabla 5.</b>	Plantilla criterio de los datos recopilados.....	24
<b>Tabla 6.</b>	Plantilla para pruebas test de jarra .....	25
<b>Tabla 7.</b>	Plantilla para resultados de experimentación .....	25
<b>Tabla 8.</b>	Datos recopilados del caudal .....	33
<b>Tabla 9.</b>	Datos de <i>temperatura</i> .....	34
<b>Tabla 10.</b>	Datos de <i>potencial de hidrógeno</i> .....	35
<b>Tabla 11.</b>	Datos de <i>oxígeno disuelto</i> .....	35
<b>Tabla 12.</b>	Datos de <i>coliformes fecales</i> .....	36
<b>Tabla 13.</b>	Datos de <i>sólidos suspendidos totales</i> .....	36
<b>Tabla 14.</b>	Datos de <i>sólidos disueltos totales</i> .....	37
<b>Tabla 15.</b>	Datos de <i>turbidez</i> .....	38
<b>Tabla 16.</b>	Datos de <i>cloro</i> .....	38
<b>Tabla 17.</b>	Datos de <i>color</i> .....	39
<b>Tabla 18.</b>	Datos de <i>aceite y grasas</i> .....	39
<b>Tabla 19.</b>	Datos de <i>materia flotante</i> .....	40
<b>Tabla 20.</b>	Criterio de <i>temperatura</i> .....	41
<b>Tabla 21.</b>	Criterio <i>potencial de hidrógeno</i> .....	42
<b>Tabla 22.</b>	Criterio de <i>oxígeno disuelto</i> .....	43
<b>Tabla 23.</b>	Criterio de <i>coliformes fecales</i> .....	44
<b>Tabla 24.</b>	Criterio de <i>Sólidos Suspendidos Totales</i> .....	45
<b>Tabla 25.</b>	Criterio de <i>sólidos disueltos totales</i> .....	47
<b>Tabla 26.</b>	Criterio de <i>turbidez</i> .....	48
<b>Tabla 27.</b>	Criterio de <i>cloro</i> .....	49
<b>Tabla 28.</b>	Criterio de <i>color</i> .....	50
<b>Tabla 29.</b>	Criterio de <i>aceite y grasas</i> .....	51
<b>Tabla 30.</b>	Criterio de <i>Materia Flotante</i> .....	52
<b>Tabla 31.</b>	Resultados prueba 1 .....	53
<b>Tabla 32.</b>	Resultado óptimo prueba 1.....	53

<b>Tabla 33.</b> Resultados prueba 2 .....	54
<b>Tabla 34.</b> Resultado óptimo prueba 2.....	54
<b>Tabla 35.</b> Criterios de resultados de experimentación .....	55
<b>Tabla 36.</b> Resultados del tratamiento .....	56
<b>Tabla 37.</b> Dosificación de reactivos .....	59
<b>Tabla 38.</b> Anexo 1. Terreno y obras civiles.....	59
<b>Tabla 39.</b> Anexo 2. Maquinaria, mobiliario y equipos.....	60
<b>Tabla 40.</b> Otros activos.....	60
<b>Tabla 41.</b> Inversión fija total.....	61
<b>Tabla 42.</b> Anexo 5. Materiales directos.....	61
<b>Tabla 43.</b> Mano de obra directa .....	61
<b>Tabla 44.</b> Anexo 6.1. Costos directos de producción.....	62
<b>Tabla 45.</b> Costos indirectos de producción.....	62
<b>Tabla 46.</b> Anexo 8. Costos Totales de Producción .....	62
<b>Tabla 47.</b> Gastos generales y administrativos.....	63
<b>Tabla 48.</b> Anexo 11. Costos Totales.....	63
<b>Tabla 49.</b> Capital de trabajo.....	64
<b>Tabla 50.</b> Análisis financiero .....	64
<b>Tabla 51.</b> Viabilidad financiera.....	65

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1.</b> Ubicación geográfica P1 de muestreo .....	3
<b>Ilustración 2.</b> Ubicación geográfica punto de diseño.....	4
<b>Ilustración 3.</b> Índice de Willcomb .....	14
<b>Ilustración 4.</b> Diagrama de flujo ingreso y salida granja avícola .....	32
<b>Ilustración 5.</b> Criterio referencia de temperatura.....	41
<b>Ilustración 6.</b> Criterio de potencial de hidrógeno .....	43
<b>Ilustración 7.</b> Criterio de oxígeno disuelto.....	44
<b>Ilustración 8.</b> Criterio de sólidos suspendidos <i>totales</i> .....	46
<b>Ilustración 9.</b> Criterio de <i>sólidos disueltos totales</i> .....	47
<b>Ilustración 10.</b> Criterio de cloro.....	49
<b>Ilustración 11.</b> Diseño de la unidad de análisis .....	57
<b>Ilustración 12.</b> Diseño AutoCad .....	58
<b>Ilustración 13.</b> Afectación del área.....	65

# CAPÍTULO I

## 1 INTRODUCCIÓN

### 1.1 Problema

En la actualidad las granjas avícolas juegan un papel importante en la alimentación de la población. El mercado de carne de pollo se ha vuelto demandante. En referencia a los datos obtenidos por la Corporación Nacional de Avicultores del Ecuador (CONAVE), en el año 2016 el país producía 230 millones de aves incrementado a 281 millones en el 2019, lo que representa un crecimiento del 22,17% durante esos cuatro períodos. Asimismo, se detalla en base a datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) el consumo per cápita en el 2016 fue de 25,17 kg por persona, mientras que en 2019 fue de 30,43 kg, evidenciando un incremento en el consumo de esta carne. (Giler, R. A. C., Vélez, I. V. P., & Díaz-Montenegro, J. A., 2023). por ende, si la demanda de carne de pollo crece, en consecuencia, la producción avícola.

En una granja avícola, las aves están bajo un control estricto de condiciones para maximizar la productividad, optimizar el bienestar animal y garantizar la seguridad alimentaria. Para ello, se implementan sistemas de manejo que incluyen control de temperatura, ventilación, alimentación, y programas de bioseguridad. (Zaquipulla, 2022). Las condiciones para la productividad de las granjas, hacen uso de los diferentes recursos naturales, pero sobre todo el agua al momento de llevar un control de bioseguridad. (Simbaña, 2021)

El área de bioseguridad desempeña un rol crucial en la prevención de la propagación de patógenos y contaminantes, ya que permiten que el personal se desinfecte antes y después de interactuar con animales y áreas críticas (Solano, 2021). Sin embargo, estas duchas generan un alto volumen de agua residual, que a menudo se eliminan sin ningún tratamiento. (Aguirre. 2023)

En una granja avícola ubicada en el cantón Isidro Ayora se descargan en el suelo agua residual gris provenientes del área de bioseguridad, que no cumplen con los límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097A Anexo 1 Recurso Agua del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, Tabla 3: Criterios de Calidad de Agua para Riego Agrícola e incumpliendo con el Anexo 2 Recurso Suelo artículo 4.2.5 de la prohibición de descargar, filtración, o

inyección de efluentes en el suelo y subsuelo. Añadido a esto, el artículo 4.3 de las actividades que degradan la calidad del suelo, del Acuerdo Ministerial 097A del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.

## **1.2 Justificación**

El tratamiento y reutilización de agua residual ha cobrado una gran importancia en la actualidad debido a la creciente escasez de agua en muchas regiones del mundo y a la necesidad de mejorar la sostenibilidad ambiental de las actividades humanas (Sala, Molinos, Fuentes, Hernández, 2020). En particular, el sector avícola, así como consume grandes volúmenes de agua también genera grandes cantidades de agua residual gris, lo que aumenta la presión sobre los recursos hídricos disponibles (García,2021).

En el año 2015 la Organización de las Naciones Unidas aprobó los Objetivos de Desarrollo Sostenible, los cuales tiene como meta mejorar la relación entre el medio ambiente y el ser humano, una vida digna para todos. Entre estos objetivos tenemos el Objetivo 6 de Agua Limpia y Saneamiento que nos indica; Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión y el saneamiento para todos. Añadido a esto, para el año 2030 una de las metas mundiales de los ODS, conjunto al Objetivo 17 de Alianzas para lograr los Objetivos, es disminuir en un 50% el agua residual que se vierten al medio ambiente sin tratar. Ahora bien, en el año 2018 Ecuador se declaró como un país comprometido con las ODS a través del Decreto Ejecutivo 371. Del mismo modo, años antes, el 30 de julio de 2015 se publicó el Acuerdo Ministerial 097A en el Registro Oficial Edición Especial N°387, que establece la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua.

Por consiguiente, las normativas ambientales y objetivos de desarrollo sostenible exigen el tratamiento y gestión adecuada del agua residual industriales, domésticas, e incluidas de las actividades agroindustriales. Por ende, diseñar un sistema de tratamiento del agua residual gris provenientes de una granja avícola para su reutilización en riego agrícola, no solo contribuiría al cumplimiento de la normativa, también con los objetivos de desarrollo sostenibles, así como, ofrecer una alternativa para uso responsable del recurso hídrico.

### 1.3 Delimitación

#### 1.3.1 Delimitación geográfica

El área de estudio para el levantamiento de información para la presente investigación se ha delimitado con las coordenadas geográficas detalladas a continuación, como punto 1 (P1);

Coordenadas punto de muestreo:

*Tabla 1. P1 coordenadas punto de muestreo*

P1 coordenadas UTM	
X	Y
596449,00 m E	9789037,00 m S

Fuente: Google Earth



*Ilustración 1. Ubicación geográfica P1 de muestreo*

Fuente: Google Earth

Coordenadas de diseño del sistema de tratamiento de agua residual gris:

*Tabla 2. Coordenadas del diseño del sistema*

Coordenadas UTM	
X	Y
596449,00 m E	9789037,00 m S

Fuente: Google Earth



*Ilustración 2. Ubicación geográfica punto de diseño*

Fuente: Google Earth

### *1.3.2 Delimitación temporal*

La presente investigación experimental se realizó en el intervalo de tiempo de noviembre del año 2024 hasta enero del año 2025. En este tiempo se realizó el levantamiento de información, experimentación y análisis de resultados.

### *1.3.3 Delimitación sectorial e institucional*

La presente investigación experimental se realizó en el área de bioseguridad de una granja avícola ubicada en la vía Las Mercedes, en la ciudad Isidro Ayora, cantón Isidro Ayora de la provincia del Guayas, en Ecuador.

## **1.4 Pregunta de investigación**

¿Cómo se puede elaborar un diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales grises provenientes del área de bioseguridad de una granja avícola, mediante procesos y operaciones unitarias, para ofrecer una alternativa de reutilización de agua en riego agrícola?

## **1.5 Objetivos**

### *1.5.1 Objetivo general*

Diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales grises provenientes del área de bioseguridad de una granja avícola mediante procesos y operaciones unitarias para su reutilización en riego agrícola.

### *1.5.2 Objetivos específicos*

- Caracterizar las aguas residuales grises provenientes del área de bioseguridad de una granja avícola mediante pruebas físicas, químicas y microbiológicas a fin de comparar los resultados con los criterios de calidad para agua de riego agrícola.
- Realizar pruebas de tratabilidad de las aguas residuales grises generadas en el área de bioseguridad mediante procesos primarios para remover la carga contaminante.
- Establecer un diseño de tratamiento de las aguas residuales grises provenientes del área de bioseguridad mediante un software de diseño y cálculos para verificar su viabilidad técnica y financiera.

## **1.6 Hipótesis**

### *1.6.1 Hipótesis general*

¿El diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales grises provenientes del área de bioseguridad de una granja avícola, mediante procesos y operaciones unitarias, permitirá ofrecer una alternativa para su reutilización en riego agrícola?

### 1.6.2 *Hipótesis específicas*

- ¿La caracterización de las aguas residuales grises provenientes del área de bioseguridad de una granja avícola, mediante pruebas físicas, químicas y microbiológicas permitirá comparar los resultados con los criterios de calidad para agua de riego agrícola?
- ¿El realizar pruebas de tratabilidad de las aguas residuales grises generada en el área de bioseguridad, mediante procesos primarios, permitirá remover la carga contaminante?
- ¿Al establecer un diseño de tratamiento de las aguas residuales grises provenientes del área de bioseguridad, mediante un software de diseño y cálculos, permitirá verificar su viabilidad técnica y financiera?

## CAPÍTULO II

### 2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 2.1 Definiciones

*Área de bioseguridad:* El área de bioseguridad de una granja avícola hace referencia al espacio físico delimitado para evitar la introducción y propagación de agentes patógenos con el fin de garantizar la sostenibilidad de la granja. De manera práctica, se puede decir que es la zona donde se encuentran las duchas de saneamiento. (Ludeña Quinche, 2021)

*Coloneros:* Los coloneros se conocen como las personas encargadas de sacar los pollos de los galpones cuando están listos para el sacrificio. Su trabajo consiste en capturar los pollos de manera eficiente y rápida para cargarlos en los camiones que los llevan al matadero.

Es una labor física intensa, normalmente realizada en horarios nocturnos o de madrugada para evitar el estrés térmico en las aves.

Es un término técnico manejado en las granjas avícolas de Isidro Ayora. (Aran, A.,2023)

*Vacunadoras:* Las vacunadora son mujeres que se encargan de vacunar a los pollos debido a que sus manos son más sensibles, cuidadosas, por ende, no matan a los pollos, ni rompen los huevos. (Gómez, M.,2021).

*Afluente:* Se conoce como afluente a todo tipo de residuo o desecho líquido resultante de diversos procesos industriales, residuos de excrementos, desechos de alimentos o agua lluvias, destinado a ingresar a un sistema de tratamiento de agua residual con el fin de reducir el impacto antes de su reutilización. Es el agua residual u otro líquido que ingresa a un cuerpo hídrico receptor, o planta de tratamiento. (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica [MAATE], 2015)

*Carga contaminante:* La carga contaminante es la cantidad de un contaminante aportada en una descarga de agua residual o presente en un cuerpo receptor expresada en unidades de masa por unidad de tiempo. (MAATE,2015)

*Agua dulce:* Es aquella que no contiene importantes cantidades de sales. Mantiene valores inferiores a 0.5 UPS (unidad práctica de salinidad que representa la cantidad de gramos de sales disueltas por kg de agua). (MAATE,2015)

Este tipo de agua se utiliza en las operaciones diarias de las granjas avícolas en el consumo de las aves, limpieza de las instalaciones, entre otras actividades esenciales en el proceso industrial.

*Caudal ambiental:* El caudal ambiental es crucial para evitar que el uso del agua para actividades productivas o la descarga de afluentes reduzcan o modifiquen de forma significativamente este caudal natural, lo que podría limitar la capacidad del ecosistema para sostener la vida acuática y otros servicios ambientales. Esta idea sugiere que, además de evaluar los recursos hídricos, es importante asegurar que el caudal restante en los cuerpos de agua sea adecuado para mantener sus sostenibilidad ecológica y social.

Los caudales o flujos ambientales pueden ser definidos como el régimen hídrico requerido para mantener la integridad, productividad, servicios y beneficio de los ecosistemas acuáticos, particularmente cuando se encuentra sujeta a regulación del caudal y alta competencia debido a la existencia de múltiples usos. (MAATE,2015)

*Efluente:* Descarga o vertido líquido proveniente de un proceso productivo o de una actividad determinada. (MAATE,2015)

*Calidad de agua:* Se utiliza esta terminología para expresar la composición del agua en estado natural y su afectación por la influencia de actividades naturales u antrópicas, provocando una alteración en su composición, resultando en una clasificación (bueno, regular, malo); de acuerdo al uso para el cual vaya a ser destinada esta agua. (Cumbal & Ordóñez, 2023)

*Contaminación del agua:* Es cualquier alteración a las características físicas, químicas o biológicas, a un ecosistema acuático en concentraciones tales que la hacen no apta para el uso deseado, generando efectos adversos a los seres humanos o al ambiente en general. (MAATE, 2015)

*Muestreo:* Es el proceso de tomar una porción, lo más representativa, de un volumen de agua para el análisis de varias características definidas. (MAATE, 2015)

*Muestra compuesta:* Cuando el agua a muestrear muestra variaciones en su composición, es recomendable recolectar muestras compuestas o alícuotas. Estas consisten en la combinación de pequeñas muestras individuales, las cuales pueden tomarse en función del tiempo o del flujo. Posteriormente, se mezclan para obtener una muestra total, que es enviada al laboratorio para su análisis. (Navas, E., 2017, p.221)

*Punto de muestreo:* Lugar de ubicación geográfica para toma de muestras. (MAATE, 2015)

*Coagulante:* En el tratamiento de aguas residuales, los coagulantes son sustancias químicas esenciales que facilitan la eliminación de partículas suspendidas y contaminantes. (Vásquez, D.,2023)

*Agua residual:* Las aguas residuales son todo tipo de agua cuya calidad se ha visto perjudicada por la actividad humana. De forma específica, es el efluente que se descarga a la red de alcantarillado, suelo o a los diferentes cuerpos hídricos provenientes de las casas particulares, instituciones, locales comerciales y de las diferentes industrias, que ha sido utilizado para diferentes propósitos, como limpieza, mantenimiento, entre otros.

Dentro del contexto de las granjas agrícolas, las aguas residuales son aquellas que han sido utilizadas en los diversos procesos industriales y que pueden contener una variedad de contaminantes físicos, químicos o biológicos. Después de salir de estos sitios, las aguas residuales se dirigen generalmente a una planta de tratamiento para mejorar su calidad antes de devolverlas al medio ambiente. De no ser tratadas adecuadamente, pueden causar serios problemas de contaminación. (Osorio, et al, 2021)

*Agua residual gris:* El agua residual gris es el agua generada a partir de actividades domésticas como el lavado de manos, duchas, lavadoras y lavavajillas, excluyendo las aguas que provienen de inodoros o desechos humanos. Esta agua contiene menos contaminantes que las aguas negras, lo que la hace adecuada para su tratamiento y reutilización en aplicaciones no potables, como el riego de jardines o la limpieza de exteriores. (MAATE, 2015)

*Caracterización del agua residual gris:* La caracterización del agua residual gris hace referencia al análisis de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua residual con el fin de identificar su carga contaminante, tratamiento y posterior re uso. (MAATE, 2015)

*Criterios de calidad de agua:* Son los criterios para la evaluación del cumplimiento de los valores de los parámetros escogidos con la normativa ambiental vigente. (MAATE, 2015)

#### *Parámetros físicos*

*Temperatura:* La temperatura es un parámetro super importante para la viscosidad y la velocidad de las reacciones químicas. Esta juega un papel importante en el proceso de coagulación. (Navas, E., 2017, p.59)

*Color:* El color está profundamente relacionado con la turbidez. (Navas, E., 2017, p.59)

*Turbidez:* Se conoce como el poco paso de la luz en una muestra debido a los materiales suspendidos que obstaculizan la misma. (Navas, E., 2017, p.59)

*Sólidos suspendidos totales:* Son los sólidos que restan de los totales y los disueltos.

*Sólidos disueltos totales:* son los sólidos que solo se puede calcular por medio de papel filtro debido a su tamaño en micrómetros

Los sólidos se los identifica dependiendo de su tamaño. (Navas, E., 2017, p.60)

#### *Parámetros químicos*

*Potencial de hidrógeno:* El pH es un parámetro que expresar la intensidad de las condiciones ácidas o básicas del agua. Así mismo, es un parámetro importante al momento de coagular. (Navas, E., 2017, p.60)

*Oxígeno disuelto:* Se refiere a la cantidad de oxígeno presente de forma gaseosa en el agua, que está disponible para ser utilizado por organismos acuáticos como bacterias y otros microorganismos. (Navas, E., 2017, p.65)

#### *Parámetro microbiológico*

*Coliformes fecales:* Es materia orgánica de origen fecal humana o animal, que se encuentra en el agua. (Navas, E., 2017, p.83)

*Reutilización de agua:* La reutilización de agua en el contexto del riego agrícola se refiere al proceso de utilizar agua tratada, proveniente de diversas fuentes como agua residual gris o negras, para irrigar cultivos. Esta agua debe ser previamente sometida a procesos de tratamiento que garanticen su calidad y seguridad, eliminando contaminantes y patógenos que puedan afectar tanto a la salud humana como al entorno agrícola. El riego agrícola con agua reutilizada es una estrategia clave para reducir la presión sobre las fuentes de agua dulce y garantizar el abastecimiento hídrico para las actividades agrícolas, especialmente en regiones áridas o semiáridas.

“El re uso de agua residual está definido como su aprovechamiento en actividades diferentes a las cuales fueron originadas” (MAATE, 2015). Los tipos y aplicaciones del re uso se clasifican de acuerdo al sector o infraestructura que recibe el beneficio, siendo estos el sector agrícola, industrial, urbano, recreacional, recarga de agua subterráneas, restauración de hábitats o ecosistemas y el aumento de las fuentes de agua potable. (Gutierrez Díaz, 2003)

*Tratamiento de agua residual:* Nomenclatura usada para referirse a la purificación o remoción de contaminantes de las aguas residuales. (MAATE, 2015)

*Tratamiento primario:* Trata del uso de operaciones físicas para la reducción de sólidos sedimentables y flotantes, como aceites y grasas presentes en el agua residual. (MAATE, 2015)

*Tratamiento secundario:* Define los procesos biológicos y/o químicos para reducción principalmente de compuestos orgánicos biodegradables y sólidos suspendidos. Este siempre inicia luego de un tratamiento primario (MAATE, 2015)

*Software de diseño:* El concepto de software de diseño hace referencia a un conjunto de herramientas digitales utilizadas para crear, modificar y gestionar representaciones visuales y funcionales de productos, sistemas o ideas. Estas herramientas se emplean en distintas áreas como el diseño gráfico, la arquitectura, la ingeniería, el diseño industrial, la animación y la creación multimedia. (Deng & Hager, 2019)

## 2.2 Marco teórico

### 2.2.1 Programación de muestreo

Una planificación adecuada del muestreo es fundamental para asegurar que los resultados sean representativos y cumplan con los objetivos del proyecto o programa de calidad del agua. La planificación debe incluir la definición clara de los objetivos del muestreo, la selección de métodos y técnicas apropiadas, la determinación del número y tipo de muestras, y la consideración de factores como la variabilidad temporal y espacial de la calidad del agua. Una planificación deficiente puede conducir a datos erróneos o no representativos, lo que afectaría la efectividad de las acciones correctivas o preventivas basadas en dichos datos. (U.S. Geological Survey [USGS], s.f.)

### 2.2.2 Muestreo y conservación

Un aspecto importante es la conservación de las muestras, la preparación del agua y el tratamiento durante el ensayo. El volumen, forma y material de los recipientes de recolección y almacenamiento de muestra dependerán de la naturaleza de la misma, del número de réplicas, del volumen requerido para los ensayos y de la necesidad de preservar la muestra antes de su procesamiento. (Navas, E., 2017, p.222)

### 2.2.3 Análisis de la calidad de agua

El análisis de los resultados de un programa de muestreo es parte fundamental de las decisiones que se tomen.

Los datos de calidad del agua se pueden presentar en forma de tablas o de gráficas. Aunque las gráficas no son tan buenas como las tablas cuando se requiere presentar la información en forma cuantitativa, ellas son muy recomendables cuando se quiere mostrar el comportamiento de los datos. (Navas, E., 2017, p.172)

### 2.2.4 Proceso de tratabilidad de agua

Para la tratabilidad del agua residual se debe evaluar la normativa ambiental vigente del país que compete. Según la normativa se aplica los diferentes tratamientos que necesite el agua residual. (Navas, E., 2017, p.51)

Las empresas que están conscientes de la necesidad de una administración responsable de los recursos naturales para la sostenibilidad de sus actividades manejan, de manera responsable, todos sus movimientos, minimizando aspectos

ambientales negativos que generan la producción industrial hacia su entorno. (Ordóñez, et al., 2020)

#### 2.2.4.1 Test de jarra

En una investigación científica en Arequipa Perú, se realizaron ensayos con agua de ribera en un equipo de test de jarra, considerando variables como el pH el DQO, entre otros. La problemática ambiental del estudio se basó en las descargas residuales no domésticas hacia la quebrada de Añashuayco, San Jacinto y río Chili, realizadas por parte de las industrias del sector de la curtiembre. (wine, M.,2024)

En la investigación se describió el test de jarra de la siguiente manera:

Es un ensayo de simulación de los procesos de coagulación y floculación, en donde se realiza una prueba piloto a nivel de laboratorio que permite obtener agua de buena calidad, y fácilmente por el proceso de decantación; los flóculos formados con diferentes dosis del coagulante dan como resultado valores de turbiedad diferentes.

“El test de jarra es un modelo predictivo orientado a optimizar las variables químicas del proceso de coagulación y floculación.” (wine, M.,2024)

Para el test de jarra es importante tomar en cuenta los siguientes parámetros y sus valores iniciales y finales, como; el color, la turbidez, los sólidos. Estos ayudan a determinar la eficiencia de la prueba. (Barreto, et al, 2020)

#### 2.2.4.2 Índice de willcomb

El índice de willcomb proporciona una medición indirecta de la calidad de los flóculos en función de su capacidad para sedimentarse, lo cual está relacionado con su tamaño y la eficiencia del proceso de floculación. (Alba, S. L. C.,2021).

**Índices de floculación de Willcomb (observación directa)**

Número del índice	Descripción
0	Flóculo coloidal. Ningún signo de aglutinación.
2	Visible. Flóculo muy pequeño, casi imperceptible para un observador no entrenado.
4	Disperso. Flóculo bien formado pero uniformemente distribuido. (Sedimenta muy lentamente o no sedimenta.)
6	Claro. Flóculo de tamaño relativamente grande pero que precipita con lentitud.
8	Bueno. Flóculo que se deposita fácil pero no completamente.
10	Excelente. Flóculo que se deposita completamente, dejando el agua cristalina.

**Ilustración 3. Índice de Willcomb**

**Fuente:** Comparador para estimar el tamaño del floc producido en la coagulación (según WRA)

2.2.4.3 Cloro y coliformes fecales

En una investigación científica de valoración y optimización de la dosificación de cloro en la planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Chota, nos expone como el cloro ayuda a la desinfección del agua residual y elimina los coliformes fecales. (Fustamante & Aurelio, 2023)

2.2.4.4 Sólidos suspendidos totales y la permeabilidad del suelo

En una investigación científica sobre la calidad de agua para riego y su posible efecto en el rendimiento de los cultivos, nos indica los efectos negativos de una alta concentración de sólidos suspendidos totales en el suelo, y como está afecta a su permeabilidad. Los sólidos llegan a tapar los poros del suelo creando una capa gruesa de sólido que no permite el acceso de nutrientes ocasionando que se erosione el mismo. (Armache & Alejandro, 2021)

2.2.4.5 Turbidez y calidad del suelo

En la investigación científica remoción de turbidez y color del agua de riego, con coagulantes y carbón activado, controlado por un sistema Arduino, se trata la turbidez de agua para riego debido a sus efectos negativos en el suelo, siendo un riesgo microbiológico para el ser humano y sus cultivos. (Lázaro & Meregildo, 2023)

#### 2.2.4.6 Cloro y calidad del suelo

El cloro según la investigación científica la calidad de agua para riego y su posible efecto en el rendimiento de los cultivos, es tóxico para las plantas. (Armache & Alejandro, 2021)

#### 2.2.4.7 Comprobación de hipótesis

Para determinar la comprobación de la hipótesis con muestras independientes se utiliza la prueba T de Student y su variación T de Welch. (Cano, Nery.,2024).

#### 2.2.4.8 Viabilidad financiera

Para la viabilidad financiera se tomó en cuenta el costo por degradación del suelo.

En una investigación científica se usó una metodología que evaluó el costo de reparar el suelo contaminado en un periodo de 8 años. El estudio usó un modelo matemático que confirmó la existencia de un daño ambiental al suelo, por efecto del cambio de variedad en este período de análisis, calculando un costo de USD 764,00/ha. para reparar este recurso. (Pino & Casanova, 2019)

### 2.3 Marco legal

#### 2.3.1 Constitución de la República del Ecuador (2008)

La Constitución de la República del Ecuador publicada en el Registro Oficial No.449, establece lo siguiente:

*Artículo 12: "El agua es un derecho humano y un bien común, indispensable para la vida, que tiene una función social y ambiental. El Estado garantizará el acceso al agua para el consumo humano, la agricultura, la producción de alimentos y la preservación del medio ambiente."*

*Artículo 14: "El Estado deberá garantizar la sostenibilidad de los recursos hídricos, estableciendo políticas públicas, y propiciar su uso racional y su conservación, en función del bienestar de la población y la protección del ecosistema."*

*Artículo 66, numeral 27: "El derecho a vivir en un ambiente libre de contaminación."*

### 2.3.2 Normativa ambiental internacional

#### Directrices de la OMS sobre la Reutilización de Agua Residual (2006)

La Organización Mundial de la Salud (OMS) tiene directrices específicas sobre la reutilización de agua residual para diferentes usos, incluidas las actividades agrícolas.

Directrices de la OMS para la reutilización de agua residual (2006):

*Sección 6: "Las aguas residuales tratadas pueden ser reutilizadas para riego agrícola, pero deben cumplir con parámetros microbiológicos y químicos estrictos, para evitar riesgos a la salud."*

*Sección 7: "El tratamiento de agua residual debe reducir los riesgos microbiológicos y químicos al nivel más bajo posible antes de su reutilización en la agricultura."*

Así mismo la OMS establece que el consumo mínimo recomendado para cubrir necesidades básicas (beber, higiene y cocina) es de 50 a 100 litros de agua por persona al día, aunque el promedio en países desarrollados es de 150 a 200 litros diarios por persona.

#### Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son un grupo de 17 metas universales establecidas por los estados que forman parte de las Naciones Unidas, que buscan enfrentar desafíos globales e importantes como la pobreza, el hambre, la salud, la gestión del agua y el saneamiento, entre otros.

#### ODS 6: Agua limpia y saneamiento

Este ODS busca garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos.

*Meta 6.3: "Mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando vertidos y minimizando la liberación de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo significativamente el vertido de nutrientes, mejorando el tratamiento de agua residual y la reutilización segura."*

*Meta 6.4: "Aumentar la eficiencia en el uso del agua en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de los recursos hídricos."*

Normas de construcción

Para las dimensiones se consideró la siguiente norma:

ISO 24516-1: Gestión de infraestructura de sistemas de agua potable y aguas residuales.

2.3.3 *Normativa ambiental nacional*

Código Orgánico del Ambiente (2017)

El Código Orgánico del Ambiente establece lo siguiente:

*Artículo 77: "Las aguas residuales, cuando no sean tratadas adecuadamente, deben ser gestionadas de manera que no representen un riesgo para la salud pública ni para el medio ambiente."*

*Artículo 80: "El tratamiento de agua residual debe realizarse con tecnologías que respeten los límites establecidos en las normativas de calidad ambiental."*

Acuerdo Ministerial 097A, Reforma del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.

La presente norma técnica determina o establece:

- 1. Los principios básicos y enfoque general para el control de la contaminación del agua;*
- 3. Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos;*
- 4. Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado;*
- 5. Permisos de descarga;*
- 7. Métodos y procedimientos para determinar parámetros físicos, químicos y biológicos con potencial riesgo de contaminación del agua.*

Ordenanza Municipal

La Ordenanza que Regula la aplicación del Manejo Ambiental del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Guayaquil es compatible con las políticas ambientales expedidas por la autoridad ambiental nacional, y establece los mecanismos de coordinación interinstitucional, la presentación, revisión y aprobación de estudios ambientales, los procedimientos de licenciamiento, los instrumentos de seguimiento y control ambiental, enmarcados en el Código Orgánico del Ambiente y su Reglamento, el Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental, el Sistema Único de Manejo Ambiental, en aplicación de las competencias de la M. I. Municipalidad de Guayaquil, en materia de prevención, mitigación y control de la calidad ambiental. Las normas contenidas en esta Ordenanza, así como las reglamentarias y demás disposiciones técnicas que emita la Autoridad Ambiental nacional vinculadas a esta materia se entenderán incorporadas y serán de cumplimiento obligatorio para todas las entidades, organismos y dependencias del sector público, personas naturales y jurídicas, comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y colectivos, que se encuentren permanente o temporalmente en el cantón Guayaquil.

La presente Ordenanza tiene por objeto, regular los procedimientos e instrumentos técnicos a ser implementados en toda obra, actividad o proyecto que genere impactos ambientales, a fin de prevenir, evitar, reducir, controlar y sancionar la contaminación y el daño ambiental.

Los principios en los que se basa la presente Ordenanza, son los establecidos en la norma jurídica vigente respecto a la gestión sobre la calidad ambiental, así como la responsabilidad de los daños ambientales: a) preventivo; b) precautelatorio; c) contaminador – propagador o quien contamina paga; d) contaminación en la fuente; e) corresponsabilidad en materia ambiental; f) responsabilidad objetiva; y, g) responsabilidad extendida del producto, productor e importador.

#### *2.3.4 Norma técnica*

Norma INEN 2169: "Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y Conservación de muestras"

Las aguas, especialmente las superficiales y, en mayor medida, las residuales, pueden experimentar cambios en distintos grados debido a reacciones físicas, químicas o biológicas que ocurren desde el muestreo hasta el inicio del análisis.

La naturaleza y la rapidez de estas reacciones hacen que, si no se toman las debidas precauciones durante el transporte y la conservación de las muestras en el laboratorio, las concentraciones obtenidas en el análisis podrían no reflejar las condiciones originales al momento del muestreo.

## CAPÍTULO III

### 3 MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología diseñada para el aprovechamiento de agua residual gris del área de bioseguridad de la avícola es de un enfoque experimental. La unidad de análisis fue una granja avícola ubicada en el cantón Isidro Ayora.

Los análisis se realizaron en los siguientes laboratorios; en los laboratorios de Ciencias de la Vida de la Universidad Politécnica Salesiana, campus María Auxiliadora; Así también se utilizó el laboratorio de microbiología de la unidad de análisis.

#### 3.1 Diseño

Para el diseño del sistema de tratamiento de agua residual gris se realizó lo siguiente:

##### *Caracterización del agua residual*

Se analizaron parámetros físico-químicos y microbiológicos en los laboratorios antes mencionados, comparando los resultados con los límites máximos permisibles establecidos por el Acuerdo Ministerial 097A Anexo 1 Tabla 3 y Tabla 4. Criterios para Calidad de Agua en Riego Agrícola.

De igual manera, los límites permisibles de los parámetros que no se encontraron en las tablas mencionadas previamente para riego, fueron comparados con la Tabla 9. Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce, y con otros criterios indagados.

Se comparó con la tabla 9 debido a que cerca de la granja avícola existen cuerpos de agua como riachuelos que se inundan en época de lluvia.

##### *Pruebas de tratabilidad*

Se realizaron pruebas en el test de jarra para determinar la necesidad de un pretratamiento, tratamiento primario y secundario para la remoción de contaminantes. Luego, se analizaron las muestras tratadas.

##### *Viabilidad financiera*

Estableciendo los componentes del sistema de tratamiento se evaluó su viabilidad financiera. Así mismo, se realizó una tabla comparativa del consumo de agua en un año de la granja y el ahorro que esta tendría con el sistema de tratamiento propuesto.

### **3.2 Población y muestra**

El sujeto de estudio fue el agua residual gris generada en el área de bioseguridad de una granja avícola ubicada en el cantón Isidro Ayora, provincia del Guayas, Ecuador. Para el muestreo, se tomó una muestra compuesta recolectada en una semana del ciclo de crianza de aves en la granja avícola. Las muestras se conservaron a una temperatura de 4 °C hasta su análisis en laboratorio. Los parámetros representativos incluyeron características físicas, químicas y microbiológicas.

### **3.3 Variables**

#### *3.3.1 Variable independiente*

La cantidad de agua residual gris del área de bioseguridad que se utiliza para la experimentación.

#### *3.3.2 Variables dependientes*

La concentración de sólidos suspendidos totales en el agua residual gris del área de bioseguridad de la granja avícola.

La cantidad de turbidez en el agua residual gris del área de bioseguridad de la granja avícola.

### **3.4 Recopilación de datos**

Recopilación de datos de muestra cruda

Los datos se recogieron en dos modalidades in situ (P1) y ex situ (laboratorios), para obtener más información de la evolución y el comportamiento de los parámetros del agua residual gris.

Los parámetros que se consideraron importantes de analizar fueron los siguientes:

**Tabla 3.** Parámetros a caracterizar AM097A

<b>No.</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Método</b>	<b>Normativa</b>	<b>Medición</b>
<b>1</b>	Temperatura	°C	Cuantitativo	AM97A	in situ/ex situ
<b>2</b>	Oxígeno Disuelto	mg/l	Cuantitativo	AM97A A1 Tabla 3	in situ
<b>3</b>	pH	pH	Cuantitativo	AM97A A1 Tabla 3	in situ/ex situ
<b>4</b>	Coliformes Fecales	NMP/ 100ml	Cuantitativo	AM97A A1 Tabla 3	ex situ
<b>5</b>	Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	Cuantitativo	AM97A	ex situ
<b>6</b>	Sólidos Disueltos Totales	mg/l	Cuantitativo	AM97A A1 Tabla 3	ex situ
<b>7</b>	Color	PtCo	Cuantitativo	AM97A	ex situ
<b>8</b>	Turbidez	UNT	Cuantitativo	AM97A	ex situ
<b>9</b>	Cloro	mg/l	Cuantitativo	AM97A	in situ
<b>10</b>	Aceites y grasas	Película Visible	Cualitativo	AM97A A1 Tabla 3	in situ
<b>11</b>	Materia flotante	Visible	Cualitativo	AM97A A1 Tabla 3	in situ

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

Los parámetros que no se encuentran en la Tabla3 y Tabla4 del Anexo 1 del Acuerdo Ministerial 097A fueron igualmente considerados debido a su importancia e impacto en la calidad del agua.

Se utilizó la siguiente tabla para la recopilación de datos de cada parámetro:

**Tabla 4.** Plantilla recopilación de datos-parámetros

<b>Punto de Muestreo</b>	P1	<b>Área</b>	Área de bioseguridad	
	X 596449,00 mE	<b>Parámetro</b>		
<b>Coordenadas</b>	Y 9789037,00 mS			
<b>Fecha de Medición</b>	<b>Hora de Medición</b>	<b>Medición</b>	<b>Unidad</b>	<b>Método</b>
<b>1er día</b>	-	-	-	-
<b>2do día</b>	-	-	-	-
<b>3er día</b>	-	-	-	-
<b>4to día</b>	-	-	-	-
<b>5to día</b>	-	-	-	-

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

Para analizar el criterio de los datos recopilados de cada parámetro se utilizó la siguiente tabla:

**Tabla 5.** Plantilla criterio de los datos recopilados

<i>“Nombre del Parámetro”</i>		
<b>Coordenadas</b>	<b>X</b>	596449,00 mE
	<b>Y</b>	9789037,00 mS
<b>Área</b>	Área de bioseguridad	

<b>Punto</b>	<b>Fecha de la medición</b>	<b>Hora de medición</b>	<b>Datos de medición</b>	<b>Promedio de la medición</b>	<b>Límite máximo permisible</b>	<b>Criterio (C/NC)</b>
<b>P1</b>	1er día	Hora	-			
<b>P1</b>	2do día	Hora	-			
<b>P1</b>	3er día	Hora	-	-	-	-
<b>P1</b>	4to día	Hora	-			
<b>P1</b>	5to día	Hora	-			

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

El análisis de los datos recopilados se realizó por medio del criterio Cumple (C) y No Cumple (NC) con los límites permisibles del Acuerdo Ministerial 097A Anexo 1 Tabla3 y Tabla 4. Criterios de Calidad de Aguas para Riego Agrícola.

Así mismo, como se mencionó anteriormente, los parámetros restantes fueron comparados con las demás tablas para tener un criterio general de ellos.

### **3.5 Recopilación de datos en la experimentación en laboratorio**

Para la ejecución de las pruebas de tratabilidad, se procedió en función de las características físicas, químicas y microbiológicas que presente el agua residual gris. Se realizaron pruebas en el test de jarra para determinar el tratamiento que esta precisa.

La tabla que se utilizó para la recopilación de los datos en la experimentación fue la siguiente:

**Tabla 6.** Plantilla para pruebas test de jarra

Jarra	Parámetros		Dosificación (ml)			Índice de Wilcomb
	Temperatura (°C)	pH	Cal	pH ajuste	Coagulante (Sulfato de Aluminio)	
J3						
J4						
J6						
J5						

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

La tabla que se utilizó para la recopilación de los resultados de la experimentación fue la siguiente:

**Tabla 7.** Plantilla para resultados de experimentación

Parámetros	Prueba 1		Criterio (C/NC)	Prueba 2		Criterio (C/NC)
	Valor Inicial	Valor Final		Valor Inicial	Valor Final	
Temperatura						
Oxígeno disuelto						
pH						
...						

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

El análisis de los resultados se realizó por medio del criterio Cumple (C) y No Cumple (NC) con solo los límites permisibles del Acuerdo Ministerial 097A Anexo 1 Tabla3 y Tabla4. Criterios de Calidad de Aguas para Riego Agrícola.

### **3.6 Recopilación de datos del caudal del área de bioseguridad**

Debido al bajo caudal que posee la descarga del agua residual gris del área de bioseguridad al día, se decidió obtener el valor del caudal de otra manera.

Se consideró lo siguiente:

El ingreso de las personas a la granja avícola suele variar, es decir no siempre entra la misma cantidad de personas en el mismo día, pero si existe una cantidad promedio que ingresa al mes.

Así mismo, al área de bioseguridad se le suele dar mantenimiento una vez por semana.

Por consiguiente, se escogieron tres hombres y tres mujeres en un día determinado para obtener un promedio del agua que consumen al momento de bañarse, a la entrada y salida de la granja. Y así, sumamos todos los litros antes considerados y obtenemos el caudal del área de bioseguridad al año.

### **3.7 Protocolos**

A continuación, los protocolos que se siguieron para la presente investigación experimental:

#### *Instrumentos y materiales*

Para la recolección de muestras de agua residual gris, se utilizó lo siguiente:

Instrumentos:

- Potenciómetro
- Oxigenómetro
- Termómetro digital
- Test de Jarra
- Estufa
- Clorímetro
- GPS
- Turbidímetro
- Balanza Analítica
- Colorímetro DR6000

Reactivos:

- Cal
- Sulfato de Aluminio
- Agua destilada
- Cloro
- Detergente neutro

Materiales:

- Vasos de Precipitación de 800 ml, 100 ml
- Agitador de vidrio
- Cajas Petri
- Vidrio Reloj
- Recipientes de muestras 100 ml
- Galoneras
- Jeringas de dosificación
- Pipetas Pasteur
- Celdas de 10ml
- Guantes
- Mascarilla

*Procedimientos para la recolección de muestras*

Se realizaron los siguientes procedimientos por cada parámetro:

*Temperatura*

Instrumentos y materiales:

- Frasco de muestra 100 ml
- Galonera esterilizada
- Termómetro digital
- GPS

Procedimiento in situ:

- Se procedió a tomar una muestra en un vaso de precipitación de 100ml en el punto de muestreo P1.
- Con el termómetro se midió la temperatura de forma digital.

- Se anotaron los resultados en la plantilla de recopilación de datos.

#### Procedimiento ex situ:

- Se procedió a tomar la muestra en un recipiente esterilizado de 100 ml en el punto de muestreo P1.
- Se conservaron las muestras a 4°C en el congelador para su posterior manipulación en el laboratorio.
- Se anotan los resultados en la plantilla de recopilación de datos.

#### *Oxígeno disuelto*

#### Instrumentos y materiales:

- Frasco de muestra 100 ml
- Oxigenómetro
- GPS

#### Procedimiento in situ:

- Se procedió a tomar una muestra en un vaso de precipitación de 100ml en el punto de muestreo P1.
- Con el oxigenómetro se midió la cantidad de oxígeno disuelto presente en la muestra.
- Se anotaron los resultados en la plantilla de recopilación de datos.

#### *Potencial de hidrógeno*

#### Instrumentos y materiales:

- Frasco de muestra 100 ml
- Galonera esterilizada
- Potenciómetro
- GPS

#### Procedimiento in situ:

- Se procedió a tomar una muestra en un vaso de precipitación de 100ml, en el punto de muestreo P1.
- Con el potenciómetro se midió el pH de forma digital.
- Se anotaron los resultados en la plantilla de recopilación de datos.

Procedimiento ex situ:

- Se procedió a tomar la muestra en un recipiente esterilizado de 100 ml el punto de muestreo P1.
- Se conservaron las muestras a 4°C en el congelador para su posterior manipulación en el laboratorio.
- Se anotaron los resultados en la plantilla de recopilación de datos en el laboratorio.

*Coliformes fecales*

Instrumentos y materiales:

- Frasco de muestra 100 ml
- Cajas Petri
- Vidrio Reloj
- GPS

Procedimiento ex situ:

- Se procedió a tomar la muestra en un recipiente esterilizado de 100ml, en el punto de muestreo P1.
- Se conservó la muestra a 4°C en el congelador para su posterior manipulación en el laboratorio (en 24 horas).
- Se anotaron los resultados del informe de laboratorio.

*Cloro*

Instrumentos y materiales:

- Frasco de muestra 100 ml
- Clorímetro
- GPS

Procedimiento in situ:

- Se procedió a tomar la muestra en un recipiente de muestra esterilizado en un tiempo de 5 min, en el punto de muestreo P1.
- Con el clorímetro se midió el cloro en la muestra.

- Se anotaron los resultados en la plantilla de recopilación de datos en el laboratorio.

### *Color*

#### Instrumentos y materiales:

- Frasco de muestra 100 ml
- DR6000
- GPS
- Celdas de 10ml

#### Procedimiento ex situ:

- Se procedió a tomar la muestra en un recipiente de muestra esterilizado de 100ml, en el punto de muestreo P1.
- Se conservó la muestra 4°C en el congelador para su posterior manipulación en el laboratorio.
- Con el DR6000 se midió el color presente en la muestra.
- Se anotaron los resultados en la plantilla de recopilación de datos en el laboratorio.

### *Turbidez*

#### Instrumentos y materiales:

- Frasco de muestra 100 ml
- Turbidímetros
- GPS

#### Procedimiento ex situ:

- Se procedió a tomar la muestra en un recipiente de 100 ml, en el punto de muestreo P1.
- Se conservó la muestra a 4°C en el congelador para su posterior manipulación en el laboratorio.
- Con el turbidímetro se midió el nivel de turbidez presente en la muestra.
- Se anotaron los resultados en la plantilla de recopilación de datos en el laboratorio.

### *Solidos suspendidos totales*

#### Instrumentos y materiales:

- Frasco de muestra 100 ml
- Estufa
- Balanza digital
- GPS

#### Procedimiento ex situ:

- Se procedió a tomar la muestra en un recipiente de muestra de 100 ml, en el punto de muestreo P1
- Se conservó la muestra a 4°C en el congelador para su posterior manipulación en el laboratorio.
- Con la estufa y otros instrumentos se obtuvo la cantidad de solidos totales de la muestra.
- Se anotaron los resultados en la plantilla de recopilación de datos en el laboratorio.

## CAPÍTULO IV

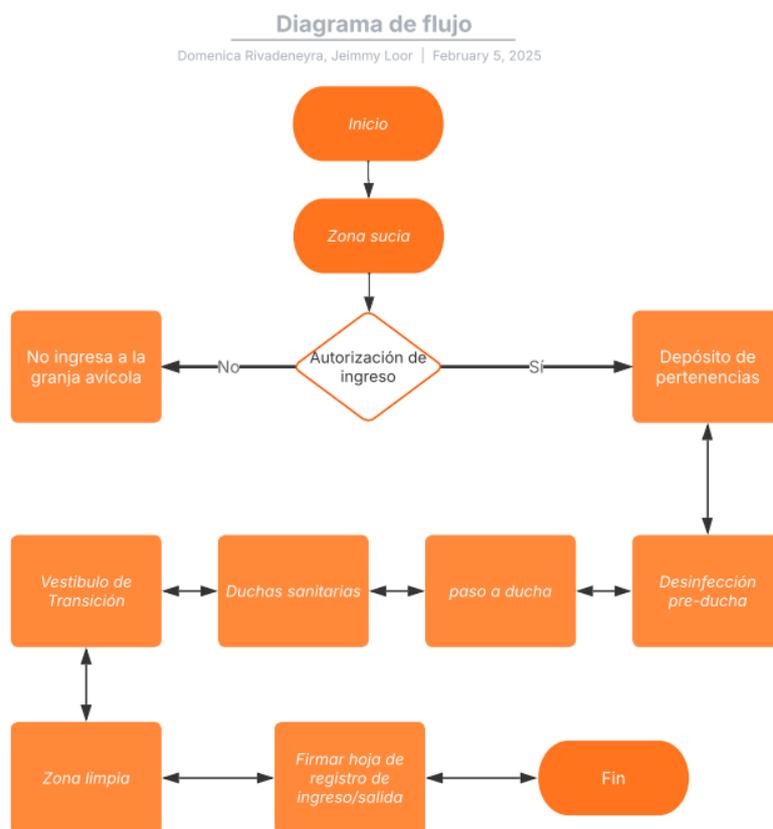
### 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Descripción del área de bioseguridad

El área de bioseguridad de la granja avícola o conocida también como área de filtro, es el espacio donde se encuentran las duchas que ayudan a prevenir la propagación de agentes patógenos al momento de ingresar y salir de la granja avícola. Está área consta de algunas secciones, como; estantería donde guardar los zapatos, área de recepción donde se cuelga la ropa, las duchas y otra área en donde uno se viste con la ropa suministrada por el departamento de calidad.

Añadido a esto, no se puede ingresar a granja sin pasar por esta área, así mismo, al momento de salir, es obligatorio.

En las siguientes ilustraciones se contempla el proceso obligatorio para el ingreso y salida de la granja avícola.



**Ilustración 4.** Diagrama de flujo ingreso y salida granja avícola

**Elaborador por:** Jemmy Loor, Doménica Rivadeneyra

## 4.2 Datos del caudal

Del análisis que se realizó para sacar el valor del caudal se obtuvieron los siguientes datos:

*Tabla 8. Datos recopilados del caudal*

Demanda	Consumo de agua			Total, promedio	
	Entrada	Salida	Total		
Por persona	Hombre	17,6 litros	18,2 litros	35,8 litros	37,5 litros
	Mujer	19,5 litros	19,7 litros	39,2 litros	
Mantenimiento del área					120,4 litros

**Elaborador por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

Luego, se revisaron los registros de bioseguridad de la entrada a la granja en el mes de diciembre (se consideró al total del personal que ingreso los 28 días del mes), registro que reflejó la entrada de 805 personas, entre coloneros, vacunadoras de pollo, galponeros, doctores, técnicos, personal del área de Control de calidad y personal de Instituciones de Control del Estado como Agrocalidad.

Por consiguiente:

$$\frac{37,5\text{ lts}}{\text{persona}} \times \frac{805\text{ persona}}{\text{mes}} = 30.187,5 \text{ lts/mes}$$

Se multiplicó el promedio de 37,5 litros por las 805 personas que ingresaron en el mes de diciembre y se obtuvo 30.187,5 lts/mes.

$$30.187,5 \frac{\text{lts}}{\text{mes}} \times 12 = 362.250\text{lts/año}$$

Luego ese valor se multiplicó por los 12 meses del año para obtener el valor del caudal al año, y dio 362.250lts/año.

Añadido a esto, para sacar el valor del caudal al año del mantenimiento que se realiza una vez a la semana, se multiplicó los 120,4 lts por los 4 días al mes para luego ese valor multiplicarlo por los 12 meses al año, y se obtuvo 5.779,2 lts/año.

$$120,4 \text{ lts} \times 4 = 481,6 \text{ lts/mes}$$

$$481,6 \frac{lbs}{mes} \times 12 = 5.779,2 \text{ lbs/año}$$

Por último, se sumaron los dos valores y se obtuvo el caudal del área de bioseguridad al año, el cual es de 368.029,2 lbs/año.

$$362.250 \frac{lbs}{año} + 5.779,2 \frac{lbs}{año} = 368.029,2 \text{ lbs/año}$$

$$368.029,2 \frac{lbs}{año} = 368,029 \text{ m}^3/\text{año}$$

Entonces, el caudal del área de bioseguridad es de 368,029m<sup>3</sup>/año

### 4.3 Datos de la muestra cruda

A continuación, la recopilación de datos de parámetro de la muestra cruda.

#### 4.3.1 Datos de temperatura

Datos recopilados de temperatura:

**Tabla 9.** Datos de temperatura

<b>Punto de Muestreo</b>	<b>P1</b>	<b>Área</b>	<b>Área de bioseguridad</b>	
<b>Coordenadas</b>	<b>X</b> 596449,00 mE	<b>Parámetro</b>	Temperatura	
	<b>Y</b> 978903,00 mS			
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Medición</b>	<b>Unidad</b>	<b>Método</b>
<b>06/01/25</b>	10h00	28,4	°C	In situ
<b>07/01/25</b>	10h00	27,8	°C	In situ
<b>08/01/25</b>	10h00	28	°C	In situ
<b>09/01/25</b>	10h00	27,7	°C	In situ
<b>10/01/25</b>	10h00	28.1	°C	In situ

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

Se realizó la medición en el punto de muestreo P1 en la unidad de análisis.

#### 4.3.2 Datos de potencial de hidrógeno

Datos recopilados del potencial de hidrógeno:

**Tabla 10.** Datos de potencial de hidrógeno

<b>Punto de Muestreo</b>	P1	<b>Área</b>	Área de bioseguridad	
<b>Coordenadas</b>	<b>X</b> 596449,00 mE	<b>Parámetro</b>	Potencial de Hidrógeno	
	<b>Y</b> 9789037,00 mS			
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Medición</b>	<b>Unidad</b>	<b>Método</b>
<b>06/01/25</b>	10h00	7,70	pH	In situ
<b>07/01/25</b>	10h00	7,77	pH	In situ
<b>08/01/25</b>	10h00	7,63	pH	In situ
<b>09/01/25</b>	10h00	7,61	pH	In situ
<b>10/01/25</b>	10h00	7,7	pH	In situ

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

Se realizó la medición en el punto de muestreo P1 en la unidad de análisis.

#### 4.3.3 Datos de oxígeno disuelto

Datos recopilados de oxígeno disueltos:

**Tabla 11.** Datos de oxígeno disuelto

<b>Muestreo</b>	P1	<b>Área</b>	De Bio	
<b>Coordenadas</b>	<b>X</b> 596449,00 mE	<b>Parámetro</b>	Oxígeno Disuelto	
	<b>Y</b> 9789037,00 mS			
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Medición</b>	<b>Unidad</b>	<b>Método</b>
<b>06/01/25</b>	10h20	3,77	mg/l	In situ
<b>07/01/25</b>	10h20	3,60	mg/l	In situ
<b>08/01/25</b>	10h20	2,81	mg/l	In situ
<b>09/01/25</b>	10h20	3,20	mg/l	In situ
<b>10/01/25</b>	10h20	3,52	mg/l	In situ

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

Se realizó la medición en el punto de muestreo P1 en la unidad de análisis.

#### 4.3.4 Datos de coliformes fecales

Datos recopilados de coliformes fecales:

**Tabla 12.** Datos de coliformes fecales

<b>Punto de Muestreo</b>	P1	<b>Área</b>	<b>Área de bioseguridad</b>		
<b>Coordenadas</b>	X	596449,00 mE	<b>Parámetro</b>	Coliformes Fecales	
	Y	9789037,00 mS			
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Medición</b>	<b>Unidad</b>	<b>Método</b>	
10/01/25	09h00	0	NMP	Ex situ	
13/01/25	10h00	0	NMP	Ex situ	
14/01/25	10h00	0	NMP	Ex situ	
15/01/25	10h00	0	NMP	Ex situ	
16/01/25	10h00	0	NMP	Ex situ	

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

Así mismo, se programaron diferentes días para recolectar y llevar la muestra cruda de coliformes fecales al laboratorio de la unidad de análisis.

Todos los resultados dieron valores de 0 NMP.

#### 4.3.5 Datos de sólidos suspendidos totales

Datos recopilados de sólidos suspendidos totales:

**Tabla 13.** Datos de sólidos suspendidos totales

<b>Punto de Muestreo</b>	P1	<b>Área</b>	<b>Área de bioseguridad</b>		
<b>Coordenadas</b>	X	596449,00 mE	<b>Parámetro</b>	Sólidos Suspendidos Totales	
	Y	9789037,00 mS			
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Medición</b>	<b>Unidad</b>	<b>Método</b>	
27/01/25	11h00	390	mg/l	Ex situ	
28/01/25	11h00	400	mg/l	Ex situ	
29/01/25	11h00	430	mg/l	Ex situ	
30/01/25	11h00	426	mg/l	Ex situ	
31/01/25	11h00	398	mg/l	Ex situ	

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

Se realizó la caracterización de las muestras crudas en el laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana.

#### 4.3.6 Datos de sólidos disueltos totales

Datos recopilados de los sólidos disueltos totales:

**Tabla 14.** Datos de sólidos disueltos totales

<b>Punto de Muestreo</b>	<b>P1</b>	<b>Área</b>	<b>Área de bioseguridad</b>		
<b>Coordenadas</b>	<b>X</b>	596449,00 mE	<b>Parámetro</b>	Sólidos Disueltos Totales	
	<b>Y</b>	9789037,00 mS			
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Medición</b>	<b>Unidad</b>	<b>Método</b>	
27/01/25	11h00	200	mg/l	Ex situ	
28/01/25	11h00	195	mg/l	Ex situ	
29/01/25	11h00	210	mg/l	Ex situ	
30/01/25	11h00	220	mg/l	Ex situ	
31/01/25	11h00	206	mg/l	Ex situ	

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

Se realizó la caracterización de las muestras crudas en el laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana.

#### 4.3.7 Datos de turbidez

Datos recopilados de la turbidez:

**Tabla 15.** Datos de turbidez

<b>Punto de Muestreo</b>	P1	<b>Área</b>	Área de bioseguridad		
<b>Coordenadas</b>	X	596449.00 mE	<b>Parámetro</b>	Turbidez	
	Y	9789037.00 mS			
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Medición</b>	<b>Unidad</b>	<b>Método</b>	
27/01/25	12h20	173,3	UNT	Ex situ	
28/01/25	12h00	187,4	UNT	Ex situ	
29/01/25	12h00	170,1	UNT	Ex situ	
30/01/25	12h00	182,6	UNT	Ex situ	
31/01/25	12h00	179,2	UNT	Ex situ	

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

Se realizó la caracterización de las muestras crudas en el laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana.

#### 4.3.8 Datos de cloro

Datos recopilados del cloro:

**Tabla 16.** Datos de cloro

<b>Punto de Muestreo</b>	P1	<b>Área</b>	Área de bioseguridad		
<b>Coordenadas</b>	X	596449,00 mE	<b>Parámetro</b>	Cloro	
	Y	9789037,00 mS			
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Medición</b>	<b>Unidad</b>	<b>Método</b>	
27/01/25	14h00	0,03	mg/l	In situ	
28/01/25	13h00	0,03	mg/l	In situ	
29/01/25	14h30	0,02	mg/l	In situ	
30/01/25	14h35	0,04	mg/l	In situ	
31/01/25	13h40	0,03	mg/l	In situ	

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

Se realizó la medición en el punto de muestreo P1 en la unidad de análisis.

#### 4.3.9 Datos de color

Datos recopilados de color:

**Tabla 17.** Datos de color

<b>Punto de Muestreo</b>	P1	<b>Área</b>	<b>Área de bioseguridad</b>	
<b>Coordenadas</b>	X 596449,00 mE	<b>Parámetro</b>	Color	
	Y 9789037,00 mS			
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Medición</b>	<b>Unidad</b>	<b>Método</b>
27/01/25	11h00	1525	PtCo	Ex situ
28/01/25	11h00	1620	PtCo	Ex situ
29/01/25	11h00	1512	PtCo	Ex situ
30/01/25	11h00	1215	PtCo	Ex situ
31/01/25	11h00	1617	PtCo	Ex situ

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

Se realizó la caracterización de las muestras crudas en el laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana.

#### 4.3.10 Datos aceite y grasas

Datos recopilados de aceite y grasas:

**Tabla 18.** Datos de *aceite y grasas*

<b>Punto de Muestreo</b>	P1	<b>Área</b>	<b>Área de bioseguridad</b>	
<b>Coordenadas</b>	X 596449,00 mE	<b>Parámetro</b>	Aceite y Grasas	
	Y 9789037,00 mS			
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Medición</b>	<b>Unidad</b>	<b>Método</b>
06/01/25	10h00	Ausencia	Película Visible	In situ
07/01/25	10h00	Ausencia	Película Visible	In situ
08/01/25	10h00	Ausencia	Película Visible	In situ
09/01/25	10h00	Ausencia	Película Visible	In situ
10/01/25	10h00	Ausencia	Película Visible	In situ

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

realizó la medición en el punto de muestreo P1 en la unidad de análisis.

#### 4.3.11 Datos materia flotante

Datos recopilados de materia flotante:

**Tabla 19.** Datos de materia flotante

<b>Punto de Muestreo</b>	P1	<b>Área</b>	Área de bioseguridad		
<b>Coordenadas</b>	X 596449,00 mE	<b>Parámetro</b>	Materia Flotante		
	Y 9789037,00 mS				
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Medición</b>	<b>Unidad</b>	<b>Método</b>	
06/01/25	10h00	Ausencia	Visible	In situ	
07/01/25	10h00	Ausencia	Visible	In situ	
08/01/25	10h00	Ausencia	Visible	In situ	
09/01/25	10h00	Ausencia	Visible	In situ	
10/01/25	10h00	Ausencia	Visible	In situ	

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

Se realizó la medición en el punto de muestreo P1 en la unidad de análisis.

#### 4.4 Criterio Datos de muestra cruda

Se analizaron los criterios de cada parámetro para conocer el cumplimiento con el Acuerdo Ministerial 097A Anexo 1 Tabla 3 y Tabla 4. Criterios para Calidad de Agua en Riego Agrícola.

##### 4.4.1 Criterio de temperatura

El criterio de temperatura es el siguiente:

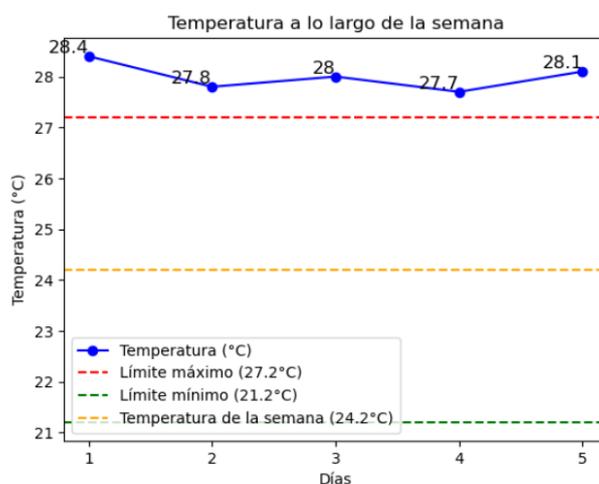
**Tabla 20.** Criterio de temperatura

Temperatura						
Coordenadas		X	596449,00 mE			
		Y	9789037,00 mS			
Área		Área de bioseguridad				
Punto	Fecha de la medición	Hora de medición	Datos de medición (°C)	Promedio de la medición (°C)	Límite de referencia AM097A (°C)	Criterio (C/NC)
P1	06/01/25	10h00	28,4			
P1	07/01/25	10h00	27,8			
P1	08/01/25	10h00	28	28	Condición natural $\pm 3$	C
P1	09/01/25	10h00	27,7			
P1	10/01/25	10h00	28.1			

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

La temperatura en la semana del 06 al 10 de enero del 2025, fue de 24, 2°C. Tomando en consideración la Tabla 9. Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce, la cual indica que la temperatura debe estar en condición natural de  $\pm 3$ , resultando en un límite máximo de 27,2°C y uno inferior de 21,2°C.

En el siguiente gráfico se visualiza el criterio para la temperatura en base al límite considerado como referencia de la tabla 9.



**Ilustración 5.** Criterio referencia de temperatura

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

Los datos recopilados en la semana sobrepasan el límite de referencia, debido a que el área de las duchas cuenta con una cisterna que almacena el agua hasta su uso y el espacio de las duchas es un lugar cerrado y hermético.

#### 4.4.2 Criterio del potencial de hidrógeno

El criterio del potencial de hidrógeno es el siguiente:

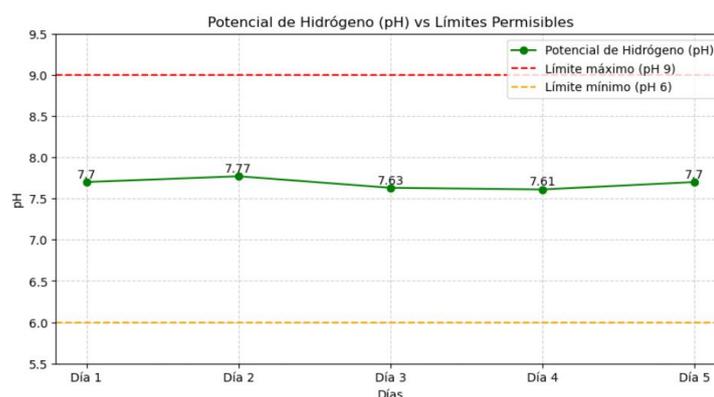
**Tabla 21.** Criterio potencial de hidrógeno

Potencial de Hidrógeno (pH)						
<b>Coordenadas</b>		<b>X</b>	596449,00 mE			
		<b>Y</b>	9789037,00 mS			
<b>Área</b>		Área de bioseguridad				
<b>Punto</b>	<b>Fecha de la medición</b>	<b>Hora de medición</b>	<b>Datos de medición (pH)</b>	<b>Promedio de la medición (pH)</b>	<b>Límite Máximo Permisible AM097A (pH)</b>	<b>Criterio (C/NC)</b>
<b>P1</b>	06/01/25	10h00	7,70			
<b>P1</b>	07/01/25	10h00	7,77			
<b>P1</b>	08/01/25	10h00	7,63	7,68	6-9	C
<b>P1</b>	09/01/25	10h00	7,61			
<b>P1</b>	10/01/25	10h00	7,7			

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

Se obtuvo un promedio de las mediciones tomadas del potencial de hidrogeno y se evaluó si cumple o no con el límite máximo permisible de la Tabla 3. Criterio de Calidad de Agua para Riego Agrícola. Anexo 1 Calidad de Agua del Acuerdo Ministerial 097A,

En el siguiente gráfico se visualiza el criterio del potencial de hidrógeno:



*Ilustración 6. Criterio de potencial de hidrógeno*

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

El parámetro de potencial de hidrógeno cumple en promedio con los límites máximos permisibles de la Tabla 3. Criterio de Calidad de Agua para Riego Agrícola. Anexo 1 Calidad de Agua del Acuerdo Ministerial 097A.

#### 4.4.3 Criterio de oxígeno disuelto

El criterio de oxígeno disuelto es el siguiente:

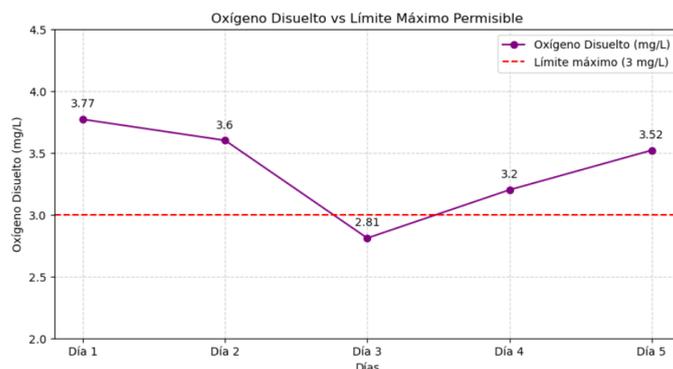
**Tabla 22.** Criterio de oxígeno disuelto

Oxígeno Disuelto						
Coordenadas		X	596449,00 mE			
		Y	9789037,00 mS			
Área		Área de bioseguridad				
Punto	Fecha de la Medición	Hora de Medición	Datos de medición (mg/l)	Promedio de la medición (mg/l)	Límite Máximo Permissible AM097A (mg/l)	Criterio (C/NC)
P1	06/01/25	10h20	3,77			
P1	07/01/25	10h20	3,60			
P1	08/01/25	10h20	2,81	3,38	3	C
P1	09/01/25	10h20	3,20			
P1	10/01/25	10h20	3,52			

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

Se obtuvo un promedio de las mediciones tomadas del oxígeno disuelto y se evaluó si cumple o no con el límite máximo permisible de la Tabla 3. Criterio de Calidad de Agua para Riego Agrícola. Anexo 1 Calidad de Agua del Acuerdo Ministerial 097A.

En el siguiente gráfico se visualiza el criterio del oxígeno disuelto:



**Ilustración 7.** Criterio de oxígeno disuelto

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

El parámetro de oxígeno disuelto cumple en promedio con los límites máximos permisibles de la Tabla 3. Criterio de Calidad de Agua para Riego Agrícola. Anexo 1 Calidad de Agua del Acuerdo Ministerial 097A.

#### 4.4.4 Criterio de coliformes fecales

El criterio de coliformes fecales es el siguiente:

**Tabla 23.** Criterio de coliformes fecales

Coliformes Fecales						
Coordenadas		X	596449,00 mE			
		Y	9789037,00 mS			
Área		Área de bioseguridad				
Punto	Fecha de la medición	Hora de medición	Datos de medición (NMP)	Promedio de la medición (NMP)	Límite Máximo Permisible AM097A (NMP)	Criterio (C/NC)
P1	10/01/25	09h00	0			
P1	13/01/25	10h00	0			
P1	14/01/25	10h00	0	0	1000	C
P1	15/01/25	10h00	0			
P1	16/01/25	10h00	0			

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

El parámetro de coliformes fecales cumple en promedio con los límites máximos permisibles de la Tabla 3. Criterio de Calidad de Agua para Riego Agrícola. Anexo 1 Calidad de Agua del Acuerdo Ministerial 097A. Debido a que, le añaden una cantidad de cloro a la cisterna del área de bioseguridad cada semana para mantener los protocolos de seguridad y de desinfección de la granja, y esto ayuda a mantener el agua desinfectada.

#### 4.4.5 Criterio de sólidos suspendidos totales

El criterio de sólidos suspendidos totales es el siguiente:

**Tabla 24.** Criterio de Sólidos Suspendidos Totales

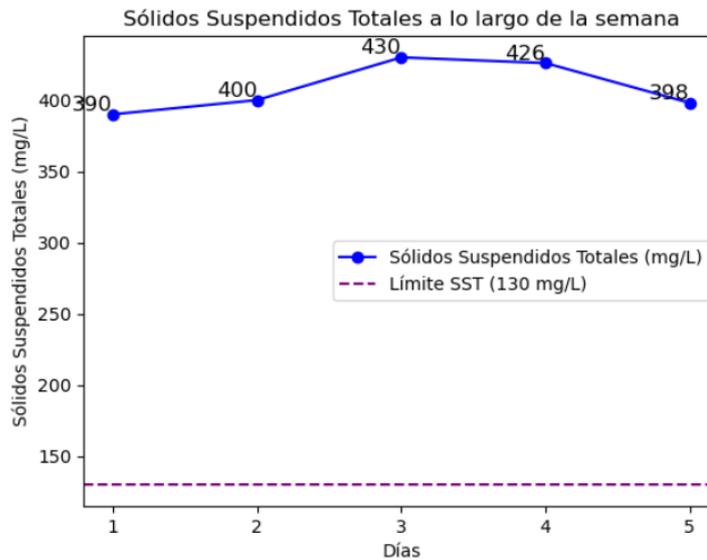
<b>Sólidos Suspendidos Totales</b>		
<b>Coordenadas</b>	<b>X</b>	596449,00 mE
	<b>Y</b>	9789037,00 mS
<b>Área</b>	Área de bioseguridad	

<b>Punto</b>	<b>Fecha de la medición</b>	<b>Hora de medición</b>	<b>Datos de medición (mg/l)</b>	<b>Promedio de Medición (mg/l)</b>	<b>Límite de referencia AM097A (mg/l)</b>	<b>Criterio (C/NC)</b>
<b>P1</b>	27/01/25	11h00	390			
<b>P1</b>	28/01/25	11h00	400			
<b>P1</b>	29/01/25	11h00	430	408,8	130	NC
<b>P1</b>	30/01/25	11h00	426			
<b>P1</b>	31/01/25	11h00	398			

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

Los sólidos suspendidos totales no se encuentran en la tabla 3 y 4 para riego, por ende, se tomó en consideración la Tabla 9. Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce, la cual indica un límite de referencia de 130mg/l.

En el siguiente gráfico se visualiza el criterio de los sólidos suspendidos totales:



**Ilustración 8.** Criterio de sólidos suspendidos *totales*

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

El parámetro de Sólidos Suspendidos Totales no cumple en promedio con el límite de referencia de la Tabla 9. Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce.

Este parámetro es de suma importante al momento de tratar el agua de riego debido a que, si se encuentra en una concentración alta, puede afectar a la fertilidad del suelo, ocasionando impedimento en el drenaje natural que posee el suelo.

#### 4.4.6 Criterio de sólidos disueltos *totales*

El criterio de sólidos disueltos *totales* es el siguiente:

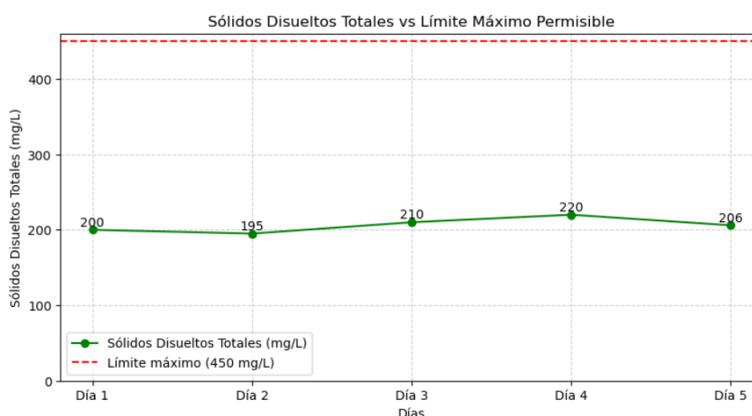
**Tabla 25.** Criterio de sólidos disueltos totales

<b>Sólidos Disueltos Totales</b>					
<b>Coordenadas</b>		<b>X</b>	596449,00 mE		
		<b>Y</b>	9789037,00 mS		
<b>Área</b>		Área de bioseguridad			
<b>Punto</b>	<b>Fecha de la medición</b>	<b>Hora de medición</b>	<b>Datos de medición (mg/l)</b>	<b>Límite Máximo Permissible AM097A (mg/l)</b>	<b>Criterio (C/NC)</b>
<b>P1</b>	27/01/25	11h00	200	206,2	450
<b>P1</b>	28/01/25	11h00	195		
<b>P1</b>	29/01/25	11h00	210		
<b>P1</b>	30/01/25	11h00	220		
<b>P1</b>	31/01/25	11h00	206		

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

Se obtuvo un promedio de las mediciones tomadas de los sólidos disueltos totales y se evaluó si cumple o no con el límite máximo permisible de la Tabla 4. Criterio de Calidad de Agua para Riego Agrícola. Anexo 1 Calidad de Agua del Acuerdo Ministerial 097A.

En el siguiente gráfico se visualiza el criterio de los sólidos disueltos totales:



**Ilustración 9.** Criterio de *sólidos disueltos totales*

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

El parámetro de sólidos disueltos totales cumple en promedio con los límites máximos permisibles de la Tabla 4. Criterio de Calidad de Agua para Riego Agrícola. Anexo 1 Calidad de Agua del Acuerdo Ministerial 097A.

#### 4.4.7 Criterio de turbidez

El criterio de turbidez es el siguiente:

**Tabla 26.** Criterio de turbidez

<b>Turbidez</b>						
<b>Coordenadas</b>		<b>X</b>	596449,00 mE			
		<b>Y</b>	9789037,00 mS			
<b>Área</b>		Área de bioseguridad				
<b>Punto</b>	<b>Fecha de la medición</b>	<b>Hora de medición</b>	<b>Datos de medición (UNT)</b>	<b>Promedio de la medición (UNT)</b>	<b>Límite referencia (UNT)</b>	<b>Criterio (C/NC)</b>
<b>P1</b>	27/01/25	12h20	173,3			
<b>P1</b>	28/01/25	12h00	187,4			
<b>P1</b>	29/01/25	12h00	170,1	178,52	70% de remoción = 53,55	NC
<b>P1</b>	30/01/25	12h00	182,6			
<b>P1</b>	31/01/25	12h00	179,2			

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

La turbidez no se encuentra reflejada en la tabla 3 y 4 para riego, por lo tanto, se siguió un criterio de una experimentación científica en donde se realizó una remoción de 70% de contaminación a la turbidez de agua para riego. Se consideró este porcentaje para el dato recolectado promedio de 178,52 UNT, dando como valor óptimo para la turbidez de 53,55 UNT.

La importancia de reducir el porcentaje de turbidez porque este puede afectar a la calidad del suelo.

#### 4.4.8 Criterio de cloro

El criterio de cloro es el siguiente:

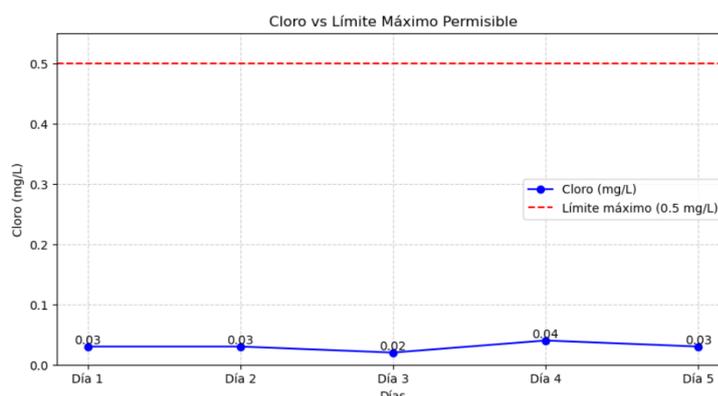
**Tabla 27.** Criterio de cloro

Cloro						
Coordenadas		X	596449,00 mE			
		Y	9789037,00 mS			
Área		Área de bioseguridad				
Punto	Fecha de la medición	Hora de medición	Datos de medición (mg/l)	Promedio de medición (mg/l)	Límite referencia AM097A (mg/l)	Criterio (C/NC)
P1	27/01/25	14h00	0,03			
P1	28/01/25	13h00	0,03			
P1	29/01/25	14h30	0,02	0,03	0,5	C
P1	30/01/25	14h35	0,04			
P1	31/01/25	13h40	0,03			

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

El cloro no se encuentra en la tabla 3 y 4 para riego, por ende, se tomó en consideración la Tabla 9. Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce, la cual indica un límite de referencia de 0,5 mg/l.

En el siguiente gráfico se visualiza el criterio de cloro:



**Ilustración 10.** Criterio de cloro

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

El parámetro de cloro no cumple en promedio con el límite de referencia de la Tabla 9. Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce.

Añadido a esto, el cloro es perjudicial para el riego agrícola debido a su alto contenido tóxico para las plantas.

#### 4.4.9 Criterio de color

El criterio de color es el siguiente:

**Tabla 28.** Criterio de color

<b>Color</b>						
<b>Coordenadas</b>		<b>X</b>	596449,00 mE			
		<b>Y</b>	9789037,00 mS			
<b>Área</b>		Área de bioseguridad				
<b>Punto</b>	<b>Fecha de la medición</b>	<b>Hora de medición</b>	<b>Datos de medición (PtCo)</b>	<b>Promedio de medición (PtCo)</b>	<b>Límite referencia AM097A</b>	<b>Criterio (C/NC)</b>
<b>P1</b>	27/01/25	11h00	1525			
<b>P1</b>	28/01/25	11h00	1620			
<b>P1</b>	29/01/25	11h00	1512	1497,8	Inapreciable en dilución: 1/20	NC
<b>P1</b>	30/01/25	11h00	1215			
<b>P1</b>	31/01/25	11h00	1617			

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

El color no se encuentra en la tabla 3 y 4 para riego, por ende, se tomó en consideración la Tabla 9. Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce, la cual indica un límite de referencia de inapreciable en dilución: 1/20.

El color es fundamental en la prueba de jarra debido a que ayuda a determinar la eficiencia y comportamiento de la experimentación.

#### 4.4.10 Criterio de aceite y grasas

El criterio de aceite y grasas es el siguiente:

**Tabla 29.** Criterio de aceite y grasas

<b>Aceites y Grasas</b>						
<b>Coordenadas</b>		<b>X</b>	596449,00 mE			
		<b>Y</b>	9789037,00 mS			
<b>Área</b>		Área de bioseguridad				
<b>Punto</b>	<b>Fecha de la medición</b>	<b>Hora de medición</b>	<b>Datos de medición (película visible)</b>	<b>Promedio de medición (visible)</b>	<b>Límite Máximo Permisible AM097A</b>	<b>Criterio (C/NC)</b>
<b>P1</b>	06/01/25	10h00	Ausencia			
<b>P1</b>	07/01/25	10h00	Ausencia			
<b>P1</b>	08/01/25	10h00	Ausencia	Ausencia	Ausencia	C
<b>P1</b>	09/01/25	10h00	Ausencia			
<b>P1</b>	10/01/25	10h00	Ausencia			

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

El parámetro de aceite y grasas cumple en promedio con los límites máximos permisibles de la Tabla 3. Criterio de Calidad de Agua para Riego Agrícola. Anexo 1 Calidad de Agua del Acuerdo Ministerial 097A.

#### 4.4.11 Criterio de materia flotante

El criterio de materia flotante es el siguiente:

**Tabla 30.** Criterio de Materia Flotante

<b>Materia Flotante</b>						
<b>Coordenadas</b>			<b>X</b>	596449,00 mE		
			<b>Y</b>	9789037,00 mS		
<b>Área</b>			<b>Área de bioseguridad</b>			
<b>Punto</b>	<b>Fecha de la medición</b>	<b>Hora de medición</b>	<b>Datos de medición (visible)</b>	<b>Promedio de medición (visible)</b>	<b>Límite Máximo Permisible AM097A</b>	<b>Criterio (C/NC)</b>
<b>P1</b>	06/01/25	10h00	Ausencia			
<b>P1</b>	07/01/25	10h00	Ausencia			
<b>P1</b>	08/01/25	10h00	Ausencia	Ausencia	Ausencia	C
<b>P1</b>	09/01/25	10h00	Ausencia			
<b>P1</b>	10/01/25	10h00	Ausencia			

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

El parámetro de materia flotante cumple en promedio con los límites máximos permisibles de la Tabla 3. Criterio de Calidad de Agua para Riego Agrícola. Anexo 1 Calidad de Agua del Acuerdo Ministerial 097A.

#### 4.5 Resultados de la experimentación

En la experimentación se realizaron las siguientes actividades:

- La experimentación del agua mediante proceso físico químico presentados en la tabla de resultados.
- Determinación de criterios de los resultados de la experimentación
- Tratamiento del agua residual gris indicando las consideraciones, sus componentes, el esquema, descripción del sistema y la dosificación.
- Viabilidad Financiero

##### 4.5.1 Presentación de los datos de la experimentación

Se realizaron dos pruebas de laboratorio para determinar el tratamiento que requería el agua residual gris. Se utilizó el índice de Willcomb para determinar la eficiencia de la experimentación.

Los datos recopilados fueron los siguientes:

**Tabla 31.** Resultados prueba 1

<b>Prueba 1</b>						
<b>Jarra</b>	<b>Parámetros</b>		<b>Dosificación (ml)</b>			<b>Índice de Willcomb</b>
	Temperatura (°C)	pH	Cal (ml) 4%	pH Ajustado	Coagulante (Sulfato de Aluminio) (ml) 1%	
<b>J1</b>	23,7	7,44	1	8,50	2	2
<b>J2</b>	23,6	7,34	0,5	8,25	5	2
<b>J3</b>	23,6	7,33	0,5	7,98	9	4
<b>J4</b>	22,76	7,33	0,5	8,12	11	4
<b>J5</b>	22,8	7,32	0,5	8,00	12	4
<b>J6</b>	22,7	7,33	0,5	8,11	15	6

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

El pH de la muestra que se transportó al laboratorio para la experimentación se encuentra en un promedio de 7,36, indicando una disminución del pH en comparación del dato recopilado en la medición in situ.

El resultado más óptimo que se obtuvo en el test de jarra fue de la jarra número J6, con 0,5 ml de cal para ajustar el pH a 8,11, y con 15 ml de coagulante, con un índice de Willcomb de 6; Claro, sedimentándose en 30 minutos.

**Tabla 32.** Resultado óptimo prueba 1

<b>No. Jarra</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Cal (ml) 4%</b>	<b>pH Ajustado</b>	<b>Coagulante (ml) 1%</b>	<b>Tiempo (min)</b>
<b>J6</b>	22,7	0,5	8,11	15	30

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

Se realizó la segunda prueba para mejorar los resultados obtenido de la primera experimentación. Se tomó en cuenta la dosis de 15 ml de coagulante para la nueva dosificación. Se eligieron las siguientes dosis de Sulfato de Aluminio; 15 ml, 16ml, 18ml, 19 ml, 21ml, y 25ml.

Se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 33.** Resultados prueba 2

Jarra	Prueba 2					Índice de Willcomb (mm)
	Parámetros		Dosificación (ml)			
	Temperatura (°C)	pH	Cal (ml) 4%	pH Ajuste	Coagulante (Sulfato de Aluminio) (ml) 1%	
<b>J1</b>	25,8	7,61	0,5	7,9	15	6
<b>J2</b>	25,8	7,52	0,5	7,89	16	8
<b>J3</b>	25,8	7,56	0,5	7,9	18	4
<b>J4</b>	25,9	7,47	0,5	7,86	19	4
<b>J5</b>	25,8	7,54	0,5	7,92	21	2
<b>J6</b>	25,8	7,53	0,5	7,90	25	2

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

El resultado óptimo que se obtuvo en la segunda prueba del test de jarra fue de la jarra número J2, con 0,5 ml de cal para ajustar el pH a 7,89, y con 16 ml de coagulante, creando flocs favorables según el índice de Willcomb con un valor de 8; Bueno. sedimentándose en 26 minutos.

**Tabla 34.** Resultado óptimo prueba 2

No. Jarra	Temperatura (°C)	Cal (ml) 4%	pH Ajustado	Coagulante (ml) 1%	Tiempo (min)
<b>J2</b>	25,8	0,5	7,89	16	26

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

#### 4.5.2 Presentación criterios resultados de experimentación

Los resultados fueron evaluados de acuerdo a los límites máximo permisibles de la Tabla 3 y Tabla 4 Criterios de Calidad de Aguas para Riego Agrícola. Anexo 1 Calidad del Agua del Acuerdo Ministerial 097A.

Se obtuve el promedio de los datos obtenidos en las pruebas realizadas para evaluar el criterio final de la experimentación.

**Tabla 35.** Criterios de resultados de experimentación

Parámetro	Prueba 1		Criterio (C/NC)	Prueba 2		Criterio (C/NC)
	Valor Inicial	Valor Final		Valor Inicial	Valor Final	
<b>Temperatura</b>	23,4	23,56	C	25,82	25,98	C
<b>pH</b>	7,36	8,11	C	7,54	7,88	C
<b>Color</b>	1497,8 PtCo	102 PtCo	C	180,9 PtCo	58 PtCo	C
<b>Turbidez</b>	173,3 UNT	12,2 UNT	C	182,6 UNT	10.1 UNT	C
<b>Sólidos suspendidos totales</b>	390 mg/l	0,36 mg/l	C	426 mg/l	0,4 mg/l	C
<b>Sólidos disueltos totales</b>	200 mg/l	0,1 mg/l	C	220 mg/l	0,15 mg/l	C

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

Los resultados de la experimentación cumplen con los límites máximo permisibles de la Tabla 3 y Tabla 4 Criterios de Calidad de Aguas para Riego Agrícola. Anexo 1 Calidad del Agua del Acuerdo Ministerial 097A.

Resultados de tratamiento

En la siguiente tabla se puede observar los resultados de todos los parámetros del tratamiento:

**Tabla 36. Resultados del tratamiento**

<b>Discusión de Resultados</b>					
<b>No.</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valores Muestra cruda</b>	<b>Valor Muestra Tratada</b>	<b>Criterio (C/NC)</b>
1	Temperatura	°C	28	25,98	C
2	Potencial de hidrogeno	pH	7,68	7,88	C
3	Oxígeno disuelto	mg/l	3,38	3	C
4	Coliformes fecales	NMP	0	0	C
5	Sólidos suspendidos totales	mg/l	408,8	0	C
6	Sólidos disueltos totales	mg/l	206,2	0	C
7	Turbidez	mg/l	178,52	10,1	C
8	Color	PtCo	1497,8	58	C
9	Cloro	mg/l	0,03	0.03	C
10	Aceites y grasas	Película Visible	Ausencia	Ausencia	C
11	Materia flotante	Visible	Ausencia	Ausencia	C

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

Como se observa los parámetros en promedio cumplen con los límites máximos permisibles dispuestos por la normativa ambiental vigente.

Con los resultados obtenidos se procedió con el diseño del sistema de tratamiento del agua residual gris

#### 4.5.3 Consideraciones del sistema de tratamiento de agua residual gris

En sistemas de abastecimiento de agua potable, se suele considerar un margen adicional del 10% al 20% sobre la capacidad de diseño para cubrir posibles incrementos en la demanda y garantizar la continuidad del servicio.

Aplicando este criterio, el caudal por los 7 días de la semana es de 7.66 m<sup>3</sup>, se recomienda aumentar la capacidad de la estructura al 15% dando un valor de 8.80 m<sup>3</sup> a la semana

El sistema tendrá un tanque reservorio en donde se almacenará el agua residual gris durante los 7 días hasta su mantenimiento para que al séptimo día la bomba traslade el agua residual al clarificador. Cabe recalcar que el mantenimiento se realizará cada dos semanas.

#### 4.5.4 Componentes del sistema de tratamiento de agua residual gris

Para los componentes del sistema de tratamiento del agua residual gris se tomaron en cuenta las consideraciones antes mencionadas.

Componentes para el sistema:

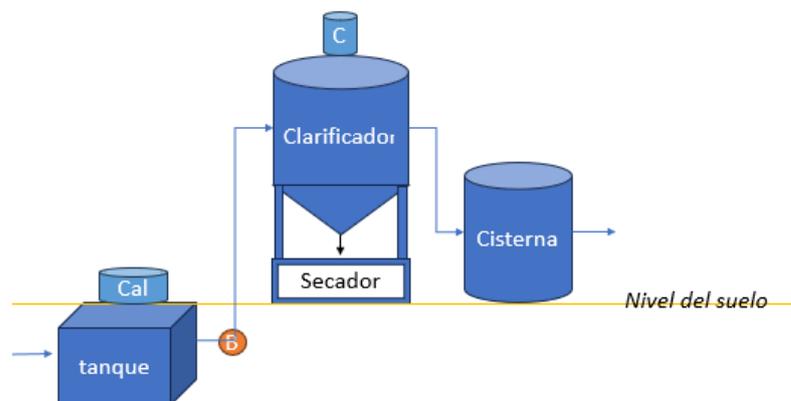
- Tanque (reservorio inicial)
- Tuberías
- Bomba
- Tanque de clarificación
- Mezclador
- Motor reductor
- Secadora
- Tanque/ cisterna (reservorio final)
- Reactivos (Cal y Sulfato de Aluminio)

#### 4.5.5 Esquema del tratamiento de agua residual gris

Se realizaron dos diseños uno simple y uno más detallado con el software AutoCAD.

##### *Diseño de la unidad de análisis*

En el primer diseño se puede observar los componentes del sistema de tratamiento de agua residual gris del área de bioseguridad, en donde, tenemos los 2 tanques, bomba, tanque clarificador, secador, y los reactivos.



**Ilustración 11.** Diseño de la unidad de análisis

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

El área es de  $34,3 \text{ m}^2$ .

La línea de color amarillo simula el nivel del suelo.

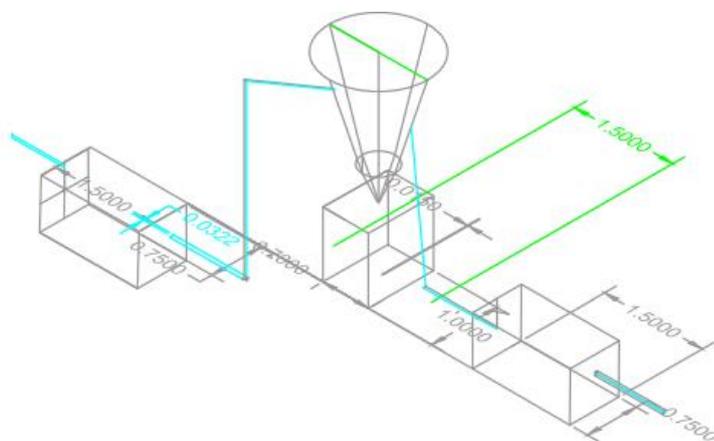
El tanque reservorio inicial se ubicará bajo el nivel del suelo, y las flechas azules indican la dirección del tratamiento del agua residual.

El clarificador tendrá un secador en la parte de abajo en donde caerán los lodos activados.

La cisterna almacenará el agua tratada para su uso diario.

### *Diseño AutoCAD*

El diseño del sistema con las dimensiones es el siguiente:



**Ilustración 12.** Diseño AutoCad

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

En el diseño de AutoCad se puede evidenciar las dimensiones de cada componente del sistema.

Las líneas azules simulan las tuberías y la acota verde nos indica el diámetro que tiene que tener el clarificador.

Los tanques son de  $1.5 \times 0.75\text{m}$  y el secador de lodos es de  $1 \times 0.7 \text{ m}$ .

#### *4.5.6 Descripción del sistema de tratamiento de agua residual gris*

El sistema de tratamiento comienza en el tanque (reservorio inicial) donde se almacenará el agua residual del área de bioseguridad hasta  $8,9 \text{ m}^3$ , luego la bomba trasladará el agua al clarificador. Del mismo modo, los reactivos se añadirán un

día a la semana. Posterior a eso el agua pasará a la cisterna, en donde será reutilizada para riego agrícola y las diferentes actividades de limpieza.

#### 4.5.7 Dosificación

La dosificación de los reactivos es la siguiente:

**Tabla 37.** Dosificación de reactivos

Reactivo	Frecuencia	Caudal (m3)	Dosis (L)
Cal 4%	Cada 7 días	8	5
Sulfato de Aluminio 1%	Cada 7 días	8	160

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

Para determinar la dosis se utilizó el resultado óptimo de las diferentes pruebas realizadas en el test de jarra. Resultando en lo siguiente; Cal del 4% con una dosis de 0,5 ml y Sulfato de Aluminio del 1% a 16 ml, ambos en 800ml.

#### 4.6 Análisis Financiero

El costo de construir un sistema de tratamiento de aguas residuales en Ecuador, que incluya los componentes mencionados, puede variar significativamente según factores como la calidad de los materiales, la mano de obra, la ubicación y las especificaciones técnicas como las leyes. A continuación, se proporciona una estimación general basada en la información disponible:

##### 4.6.1 Costo de terreno y obras civiles

El costo del sistema del terreno y obras civiles es el siguiente:

**Tabla 38.** Anexo 1. Terreno y obras civiles

ANEXO 1			
TERRENOS Y OBRAS CIVILES			
DESCRIPCION	COSTO UNITARIO	CANTIDAD metros cuadrados	TOTAL
Terreno	0	34,3	0,00
Área de Bodega	0	0	0,00
Área de Administración	0	0	0,00
Tumbado	0	0	0,00
Construcción de la unidad de tratamiento	100	34,3	3.430,00
Instalación de puntos eléctricos	30	4	120,00
<b>TOTAL</b>			<b>3.550,00</b>

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

El sistema de tratamiento va a estar ubicado en el exterior del área de bioseguridad, el terreno ya forma parte de la granja avícola, con un área de 34,3 m<sup>2</sup>. Se necesita ampliar los puntos eléctricos.

#### 4.6.2 Costo de maquinaria, mobiliario y equipos

El costo de la maquinaria, mobiliario y equipos es el siguiente:

**Tabla 39.** Anexo 2. Maquinaria, mobiliario y equipos

<b>ANEXO 2</b>			
<b>MAQUINARIAS, MOBILIARIOS Y EQUIPOS</b>			
<b>DESCRIPCION</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TOTAL</b>
Tanques	150,00	3	450,00
Bombas	50,00	2	100,00
Válvulas	15,00	4	60,00
Tuberías y accesorios	15,00	4	60,00
Cables	1,12	10	11,20
Motor reductor	830,00	1	830,00
Mezclador	20,00	1	20,00
Plataforma	100,00	1	100,00
Techado	400,00	1	400,00
Interruptores, breaker	50,00	4	200,00
Vigas metálicas	50,00	10	500,00
Piso de concreto	120,00	34,3	4.116,00
<b>TOTAL</b>			<b>2.031,20</b>

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

Se detallan todos los materiales necesarios para la construcción del sistema de tratamiento.

#### 4.6.3 Otros Activos

El costo otros activos es el siguiente:

**Tabla 40.** Otros activos

<b>ANEXO 3</b>			
<b>OTROS ACTIVOS</b>			
<b>DESCRIPCION</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TOTAL</b>
Instalaciones eléctricas	100,00	4	400,00
<b>TOTAL</b>			<b>400,00</b>

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

Se tomó en cuenta las instalaciones eléctricas, por 4 puntos.

#### 4.6.4 Inversión fija total

La inversión fija total es la siguiente:

**Tabla 41. Inversión fija total**

<b>ANEXO 4</b>			
<b>INVERSION FIJA TOTAL</b>			
<b>REF.</b>	<b>CONCEPTO</b>	<b>VALOR</b>	<b>%</b>
<b>ANEXO 1</b>	TERRENOS Y OBRAS CIVILES	3.550,00	59,35
<b>ANEXO 2</b>	MAQUINARIAS, MOBILIARIOS Y EQUIPOS	2.031,20	33,96
<b>ANEXO 3</b>	OTROS ACTIVOS	400,00	6,69
<b>TOTAL</b>		<b>5.981,20</b>	<b>100,00</b>

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

La inversión fija total es de \$5.981,20. es decir, lo que costará construir el sistema de tratamiento.

#### 4.6.5 *Materiales directos*

El costo de los materiales directos es el siguiente:

**Tabla 42. Anexo 5. Materiales directos**

<b>ANEXO 5</b>			
<b>MATERIALES DIRECTOS</b>			
<b>DESCRIPCION</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Sulfato de Aluminio Tipo A</b>	1	38	38,40
<b>Cal</b>	6,64	5	31,87
<b>TOTAL</b>			<b>70,27</b>

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

Los materiales directos para el sistema son los reactivos, la Cal y el coagulante Sulfato de Aluminio. 38 kg y 5kg al año de reactivos.

#### 4.6.6 *Mano de obra directa*

El costo de la mano de obra directa es el siguiente:

**Tabla 43. Mano de obra directa**

<b>ANEXO 6</b>			
<b>MANO DE OBRA DIRECTA</b>			
<b>DESCRIPCION</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Operarios</b>	7.200,00	1	7.200,00
<b>TOTAL</b>			<b>7.200,00</b>

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

El costo de los operarios es de \$ 7.200,00.

#### 4.6.7 Costos directos de producción

Los costos directos de producción son los siguientes:

**Tabla 44.** Anexo 6.1. Costos directos de producción

ANEXO 6.1			
COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCIÓN			
DESCRIPCION	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
Mantenimiento	200,00	2	400,00
Energía	5,00	12	60,00
<b>TOTAL</b>			<b>460,00</b>

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

El mantenimiento y la energía son los costos directos de producción. La energía por los 12 meses del año y el mantenimiento 2 veces al año.

#### 4.6.8 Costos indirectos de producción

Los costos indirectos de producción son los siguientes:

**Tabla 45.** Costos indirectos de producción

ANEXO 7			
COSTOS INDIRECTOS DE PRODUCCIÓN			
DESCRIPCION	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
Guardián	0,00	12	0,00
Contratista	0,00	12	0,00
<b>TOTAL</b>			<b>0,00</b>

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

En la granja avícola ya trabajan guardias en el área de bioseguridad.

No hay necesidad de contratista.

#### 4.6.9 Costos totales de producción

Los costos totales de producción son los siguientes:

**Tabla 46.** Anexo8. Costos Totales de Producción

ANEXO 8			
COSTOS TOTALES DE PRODUCCIÓN			
REF.	CONCEPTO	VALOR	%
ANEXO 5	MATERIALES DIRECTOS	70,27	0,91
ANEXO 6	LABOR DIRECTA	7.200,00	93,14
ANEXO 6.1	COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCION	460,00	5,95
ANEXO 7	COSTOS INDIRECTOS DE PRODUCCION	0,00	0,00
	<b>TOTAL</b>	<b>7.730,27</b>	<b>100,00</b>

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

El costo total de producción es \$ 7.730,27.

#### 4.6.10 Gastos generales y administrativos

Los gastos generales y administrativos son los siguientes:

**Tabla 47.** Gastos generales y administrativos

<b>ANEXO 9</b>				
<b>GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS</b>				
<b>9.1 PERSONAL ADMINISTRATIVO</b>				
<b>CARGO</b>	<b>NUMERO</b>	<b>SUELDO MENSUAL</b>	<b>SUELDO ANUAL</b>	<b>TOTAL, ANUAL</b>
<b>Administrador</b>	1	1.000,00	12.000,00	12.000,00
	<b>TOTAL</b>	<b>1.000,00</b>	<b>12.000,00</b>	<b>12.000,00</b>

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

El sueldo total anual del administrador es de \$12.000,00

#### 4.6.11 Costos totales

Los costos totales son los siguientes:

**Tabla 48.** Anexo 11. Costos Totales

<b>ANEXO 11</b>			
<b>COSTOS TOTALES</b>			
<b>REF.</b>	<b>CONCEPTO</b>	<b>VALOR</b>	<b>%</b>
<b>ANEXO 8</b>	COSTO TOTAL DE PRODUCCION	7.730,27	39,18
<b>ANEXO 9</b>	GASTOS ADMINISTRATIVOS GENERALES	12.000,00	60,82
	<b>TOTAL</b>	<b>19.730,27</b>	<b>100,00</b>

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

El costo total al año es de \$ 19.730,27.

#### 4.6.12 Capital de trabajo

El capital de trabajo es el siguiente:

**Tabla 49.** Capital de trabajo

ANEXO 13			
CAPITAL DE TRABAJO			
REF.	CONCEPTO	VALOR	%
ANEXO 5	MATERIALES DIRECTOS	70,27	0,36
ANEXO 6	LABOR DIRECTA	7.200,00	36,49
ANEXO 6,1	COSTO DIRECTO DE PRODUCCION	460,00	2,33
ANEXO 7	COSTO INDIRECTO DE PRODUCCION	0,00	0,00
ANEXO 9	GASTOS ADMINISTRATIVOS	12.000,00	60,82
	<b>TOTAL</b>	<b>19.730,27</b>	<b>100,00</b>

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

El capital de trabajo por un año es de 19.730,27.

#### 4.6.13 Beneficio del sistema

El análisis de la viabilidad financiera es el siguiente:

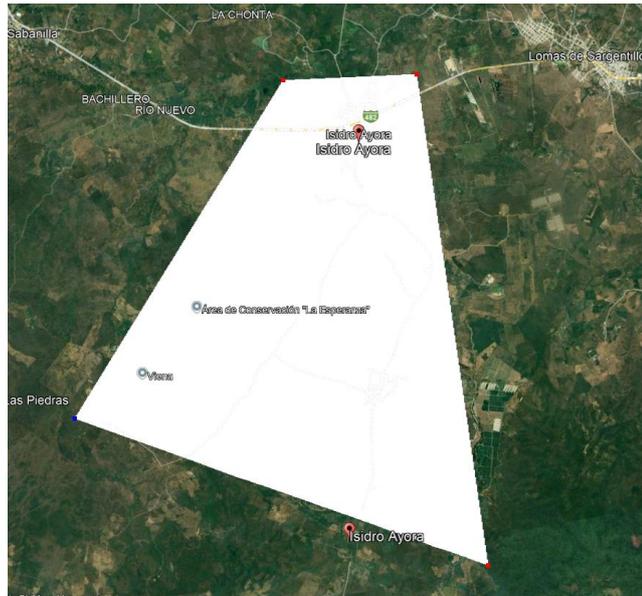
**Tabla 50.** Análisis financiero

Inversión fija	\$ 5.981,20
Capital de trabajo	\$ 19.730,27
Tarifa anual del pozo	\$ 87,4
Costo degradación del suelo	\$6.459.543,6

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

La inversión fija es de \$5.981,20 y los costos totales de producción son de \$19.730,27. La tarifa al año del pozo de agua potable es de \$87,4, debido a que no cobran por lectura de medidor de caudal.

Así mismo, se obtuvo el costo de la degradación del suelo ampliando el área de afectación del suelo, considerando el área que es de 84549.176 m<sup>2</sup> de área que ocupa las instalaciones en el cantón de Isidro Ayora.



**Ilustración 13.** Afectación del área

**Fuente:** Google Earth

Se convirtió el área a hectáreas dando un valor de 8454,9 ha. Luego se multiplicó por el factor de la degradación del suelo que está estimado en un valor \$764,00/ha, dando un resultado de \$6459.543,6.

**Tabla 51.** Viabilidad financiera

Gastos proyecto	\$ 25.798,87
Ahorro	\$ 6.459.543,6
Beneficio	\$6.433.744,73

**Elaborado por:** Jeimmy Loor, Doménica Rivadeneyra

Existe un Beneficio de \$6.433.744,73.

#### **4.7 Discusión**

Los resultados obtenidos en el presente estudio demuestran que el sistema de tratamiento de aguas residuales grises provenientes del área de bioseguridad de una granja avícola, diseñado mediante procesos y operaciones unitarias, constituye una alternativa viable y eficiente para la reutilización de estas aguas en riego agrícola. El sistema mostró una notable eficacia en la reducción de la concentración de sólidos suspendidos totales y turbidez, alcanzando parámetros dentro de los límites recomendados para riego agrícola.

Estos hallazgos son consistentes con estudios previos, como el de Lázaro & Meregildo (2023), quienes también evaluaron el tratamiento de turbidez y color en aguas de riego utilizando coagulantes y carbón activado, controlados por un sistema Arduino. Su investigación subraya la importancia de mantener la turbidez dentro de niveles seguros para evitar efectos negativos sobre la calidad del suelo durante la reutilización del agua, lo cual refuerza la viabilidad de nuestro sistema en términos de calidad de agua tratada.

Sin embargo, una limitación importante del sistema fue la viabilidad financiera. A pesar de los beneficios ambientales y agrícolas, el costo inicial del tratamiento fue considerable, especialmente debido a la falta de control sobre el consumo de agua en la granja, lo que incrementa los costos operativos. A pesar de esta limitación, se realizó un análisis de costos a largo plazo que incluyó el impacto de la descarga de aguas residuales al suelo, conocido como el costo de degradación del suelo. Este enfoque reveló que, a largo plazo, los beneficios derivados de la implementación del sistema de tratamiento serían superiores al costo de no tratar las aguas residuales, considerando la necesidad futura de recuperar tierras agrícolas degradadas.

Desde una perspectiva práctica, el sistema propuesto no solo ofrece una solución económica y sostenible para el tratamiento de aguas residuales en la granja avícola, sino que también amplía el conocimiento sobre el tratamiento y reutilización de aguas grises en contextos agroindustriales, lo que podría contribuir al desarrollo de modelos más eficientes para la gestión de recursos hídricos en la agricultura.

Para investigaciones futuras, se recomienda evaluar el desempeño del sistema en condiciones de mayor variabilidad en el caudal, así como analizar su viabilidad financiera bajo un marco regulatorio que controle el consumo de agua, lo cual podría mejorar la sostenibilidad económica del proyecto. Además, sería útil explorar el impacto de este tratamiento en la calidad del suelo a largo plazo y su integración con otras prácticas agrícolas sostenibles.

## 4.8 Comprobación de hipótesis

### 4.8.1 Hipótesis 1

#### *Turbidez*

Hipótesis Nula ( $H_0$ ): La media de los datos recopilados no es significativamente diferente del límite de referencia.

Hipótesis Alternativa ( $H_A$ ): La media de los datos recopilados es significativamente diferente del límite de referencia.

$H_0: \mu = 53.55$   $H_A: \mu \neq 53.55$

Se usa una prueba t de una muestra porque estamos comparando una muestra con un valor de referencia.

Promedio de los Datos      178.52

Desviación estándar    6.966132356

Número de observaciones    5

Estadístico t    40.11428449

Calcular el valor p (prueba t de dos colas, porque queremos ver si es diferente y no solo mayor o menor)      2.30759E-06

#### *Interpretación de resultados*

"Si  $p < 0.05$ : Rechazamos  $H_0$ , lo que indica que la turbidez es significativamente diferente del límite de referencia.

Si  $p \geq 0.05$  No hay suficiente evidencia para concluir que la turbidez es diferente del límite."

Esto indica que la media de los datos recopilados es estadísticamente distinta al valor de referencia.

Dado que la media de los valores recopilados es mucho mayor que el límite de referencia, podemos afirmar con confianza que la turbidez está significativamente por encima del umbral.

### 4.8.2 Hipótesis 2

Importante porque afecta la claridad del agua y puede obstruir filtros o tuberías.

Clave en la calidad del agua tratada, ya que los sólidos disueltos pueden incluir sales, metales y otros contaminantes.

Indicador visual de la calidad del agua. La turbidez elevada indica presencia de partículas en suspensión.

Refleja la eliminación de materia orgánica y contaminantes químicos.

Escogí esos cuatro valores (sólidos suspendidos totales, sólidos disueltos totales, turbidez y color) porque representan parámetros clave en la calidad del agua y muestran una reducción significativa después del tratamiento, lo que permite evaluar la efectividad del proceso.

*¿por qué no se incluyeron otros parámetros?*

Temperatura, ph, cloro: presentan cambios pequeños y cumplen con la normativa, por lo que su reducción no es estadísticamente relevante.

Coliformes fecales, aceites y materia flotante: son variables cualitativas (presencia/ausencia), y las pruebas *t* requieren datos cuantitativos."

Planteamiento de la hipótesis para Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Hipótesis nula (H0): No hay reducción significativa en los SST. Es decir,  $\mu_{antes} = \mu_{despues}$

Hipótesis alternativa (H1): El tratamiento reduce significativamente los SST. Es decir,  $\mu_{antes} > \mu_{despues}$

Parámetro	Antes del tratamiento	Después del tratamiento	Diferencia (Antes - Después)
Sólidos Suspendidos Totales	400	0	400
Sólidos Disueltos Totales	200	0	200
Turbidez	273.3	10.1	263.2
Color	1525	58	1467
Cálculo de la Media de las Diferencias			582.55
Cálculo de la Desviación Estándar de las Diferencias			595.512449
Cálculo del Estadístico t			1.95646624
Cálculo del p-valor			0.07267635

### *Interpretación*

Dado que el p-valor es mayor que el nivel de significancia típico  $\alpha=0.05$ , no hay suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula (H0). Esto significa que, según esta prueba, no se puede afirmar con certeza estadística que el tratamiento reduce significativamente los parámetros evaluados.

Sin embargo, en la tabla los valores después del tratamiento son significativamente menores en términos prácticos, y cumplen con las normativas

(C = Cumple). Es posible que con una muestra más grande los resultados sean más concluyentes.

*¿Porque se escoge la prueba t?*

La prueba t pareada es la mejor opción porque:

Se compara la misma muestra de agua antes y después del tratamiento.

La muestra es pequeña (n=4).

Es una comparación cuantitativa (mg/L, PtCo).

Se desconoce la varianza poblacional, por lo que la distribución t es más adecuada.

#### *4.8.3 Hipótesis 3*

Hipótesis Nula (H0): No hay una diferencia significativa entre los costos (inversión + producción + consumo de agua) y el beneficio de la degradación del suelo. Hipótesis Alternativa (HA): Hay una diferencia significativa entre los costos y la degradación del suelo.

H0:(Inversión + Costos Totales + Consumo de Agua) – Degradación Suelo = 0

HA: (Inversión + Costos Totales + Consumo de Agua ) – Degradación Suelo != 0

Se utilizará una prueba t de una muestra para verificar si la diferencia esperada es significativamente distinta de 0.

Este valor representa la diferencia entre costos y beneficios. -6433744.73

Calcula la diferencia total (Costos - Beneficio)      \$(6,433,744.73)

desviación estándar    4004.363997

Número de observaciones (n) de los costos    3

estadístico t    -2788.047583

valor p 1.28647E-07

#### *Interpretación de los Resultados*

Si  $p < 0.05$ : Rechazamos H0 → La diferencia entre los costos y el beneficio es significativa.

Si  $p \geq 0.05$ : No hay suficiente evidencia para concluir que los costos y el beneficio son significativamente diferentes.

El valor p obtenido es 1.28647E-07, que equivale a 0.000000128647.

Esto significa que  $p < 0.05$ , lo que indica una diferencia altamente significativa.

### *Conclusión*

Como el valor p es extremadamente pequeño ( $p < 0.05$ ), rechazamos la hipótesis nula  $H_0$ .

Esto confirma que la diferencia entre los costos y el beneficio es estadísticamente significativa.

Dado que la diferencia es negativa y muy grande en magnitud, indica que el beneficio de la degradación del suelo supera ampliamente los costos.

Conclusión práctica: Desde una perspectiva financiera, el proyecto es altamente rentable, ya que el beneficio de la conservación del suelo es mucho mayor que los costos involucrados.

## CAPÍTULO V

### 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- Se caracterizó el agua residual gris provenientes del área de bioseguridad de la granja avícola mediante pruebas físicas, químicas y microbiológicas determinándose que a fin de comparar los resultados con los criterios de calidad para agua de riego agrícola de la Tabla 3 y Tabla 4. Anexo 1. Calidad del Agua del Acuerdo Ministerial 097A.
- Se realizaron pruebas de tratabilidad del agua residual gris generada en el área de bioseguridad mediante procesos primarios para remover la carga contaminante.
- Se estableció un diseño de tratamiento de agua residual gris provenientes del área de bioseguridad mediante diseño y cálculos para verificar su viabilidad financiera.

#### 5.2 Recomendaciones

- Es necesario continuar caracterizando el agua residual gris provenientes del área de bioseguridad de una granja avícola mediante pruebas físicas, químicas y microbiológicas a fin de comparar los resultados con los criterios de calidad para agua de riego agrícola para mantener un adecuado re uso.
- Es deseable realizar pruebas de tratabilidad del agua residual gris generada en el área de bioseguridad de manera preventiva para verificar el contenido de la carga contaminante.
- Se recomienda implementar el diseño propuesto y mantener un control permanente sobre el sistema de tratamiento de agua residual gris provenientes del área de bioseguridad para asegurar la calidad en el re uso.

## 6 BIBLIOGRAFÍA

1. Aguirre, A. (2023). Universidad Nacional de Trujillo. Obtenido de <https://dspace.unitru.edu.pe/server/api/core/bitstreams/1eeac7a3-edb9-42b7-b0fc-dd565f9ce0ce/content>
2. Gallardo, J. (2022). Universidad Técnica de Machala. Obtenido de <https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/19832/1/ECUACA-2022-MV-DE00008.pdf>
3. García, K. (2021). Universidad Católica de Santa María. Obtenido de <https://repositorio.ucsm.edu.pe/server/api/core/bitstreams/bd8d678c-c655-4e7d-af8f-cb8ca5aa3899/content>
4. Ministerio del Ambiente. (2015). Acuerdo Ministerial 097 A Anexo 1. En LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA (pág. 8). Quito.
5. Ministerio del Ambiente. (2015). Acuerdo Ministerial 097A Anexo 2. En LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL DEL RECURSO SUELO Y CRITERIOS DE REMEDIACIÓN PARA SUELOS CONTAMINADOS (pág. 26). Quito.
6. Osorio, M., Negrete, J., Loor, X., & Riera, E. (2021). Polo del Conocimiento. Obtenido de [file:///C:/Users/MAQ-GYE/Downloads/Dialnet-LaCalidadDeLasAguaResidualDomesticas-7926905%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/MAQ-GYE/Downloads/Dialnet-LaCalidadDeLasAguaResidualDomesticas-7926905%20(1).pdf)
7. Salas, R., Molinos, M., Fuentes, R., & Hernandez, F. (2020). Respositorio Internacional de la Universidad de Alicante. Obtenido de [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/119387/1/Sala-Garrido\\_etal\\_2020\\_PresupGastoPublico.pd8.f](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/119387/1/Sala-Garrido_etal_2020_PresupGastoPublico.pd8.f)
8. Simbaña, G. (2021). Universidad Técnica de Machala. Obtenido de <https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16933/1/ECFCS-2021-GEA-DE00008.pd>
9. Ludeña Quinche, M.S. (2021) Importancia de la implementación y control de la bioseguridad en granjas de producción de pollos de carne (examen complejo). UTMACH, Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias, Machala, Ecuador.
10. Albarracin Montaña, H. (2019). Valoración sobre las prácticas de sostenibilidad de los productos sólidos generados en las plantas de beneficio en el sector avícola del área metropolitana de Bucaramanga. Universidad Santo Tomás.
11. Zaquipulla Delgado, C. A. (2022). Evaluación del manejo integral y parámetros productivos de pollos de engorde en la granja avícola San Bernardo, parroquia San Joaquín, cantón El Triunfo, provincia del Guayas.

12. García, K. (2021). Universidad Católica de Santa María. Obtenido de <https://repositorio.ucsm.edu.pe/server/api/core/bitstreams/bd8d678c-c655-4e7d-af8f-cb8ca5aa3899/content>
13. Osorio, M., Negrete, J., Llor , X., & Riera, E. (2021). Polo del Conocimiento. Obtenido de [file:///C:/Users/MAQ-GYE/Downloads/Dialnet-LaCalidadDeLasAguaResidualDomesticas-7926905%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/MAQ-GYE/Downloads/Dialnet-LaCalidadDeLasAguaResidualDomesticas-7926905%20(1).pdf)
14. López, M., Martínez, E., & González, A. (2020). Reutilización de agua residual: una revisión sobre el tratamiento y aplicaciones en la sostenibilidad urbana. *Revista de Ingeniería Ambiental*, 12(3), 45-58. <https://doi.org/10.1016/j.ria.2020.05.004>
15. Anderson, R. E., & Martinez, C. J. (2019). *Fundamentals of water treatment: Processes and technologies*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-13342-6>
16. Pérez, M., & González, J. (2020). Análisis de la influencia del oxígeno disuelto en el tratamiento de agua residual urbanas. *Revista Internacional de Ingeniería Ambiental*, 12(3), 45-58. <https://doi.org/10.1016/j.ria.2020.06.007>
17. American Public Health Association. (2020). *Standard methods for the examination of water and wastewater (23rd ed.)*. American Public Health Association. <https://www.apha.org>
18. Liao, C., & Zhang, Y. (2021). Advances in the measurement of water quality parameters: A review of technologies for environmental monitoring. *Environmental Science and Technology*, 55(8), 5272-5287. <https://doi.org/10.1021/es10436z>
19. United States Environmental Protection Agency. (2019). *Guidelines for water quality monitoring and analysis: Techniques for environmental monitoring*. U.S. EPA. <https://www.epa.gov>
20. Constitución de la República del Ecuador. (2008).
- NORMA NTE INEN 2169 AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y . (2013). Quito.
21. Deng, X., & Hager, W. W. (2019). Software system design based on patterns for Newton-type methods. arXiv. <https://arxiv.org/abs/1905.04642>
22. Jhonny, M. (2023). Universidad César Vallejo. Obtenido de <file:///C:/Users/59399/Downloads/Trabajofinaldereusodeaguas.pdf>
23. Estrella, M., & Pruna, D. (2021). Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/22066/3/CD%2011572.pdf>
24. OPS (Ed.). (1988). *Guías para la calidad del agua potable*, vol. 3. Pan American Health Organization.
25. U.S. Geological Survey (USGS). (s.f.). Obtenido de [https://pubs.usgs.gov/of/2000/ofr00-213/pdf/ofr00-213\\_span\\_v2.pdf](https://pubs.usgs.gov/of/2000/ofr00-213/pdf/ofr00-213_span_v2.pdf) page=11

26. Sierra Ramírez, C. A. (2011). *Calidad del agua: evaluación y diagnóstico*: ( ed.). Bogotá, Colombia: Ediciones de la U. Recuperado de <https://elibronet.ecups.idm.oclc.org/es/ereader/bibliotecaups/70981?page=56,218,423>.
27. Navas Cuenca, E. (Coord.) (2017). *Calidad de aguas: usos y aprovechamiento*: ( ed.). Málaga, Editorial ICB. Recuperado de <https://elibronet.ecups.idm.oclc.org/es/ereader/bibliotecaups/113231?page=165>.  
Investigaciones Científicas
28. wine, M. (2024). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Obtenido de <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/553a591a-208d-4a15-b13f-22de56e8f286/content>
29. Cano, Nery. (2024). Repositorio UPS. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/27477/1/UPS-GT004990.pdf>
30. Alba, S. L. C. (2021). Evaluación de técnicas para la reducción de la concentración de sólidos sedimentables en los vertimientos producidos en la minería de carbón en el municipio de Guachetá, Cundinamarca. *Ingeniería Investigación y Desarrollo: I2+ D*, 21(1), 5-17.
31. Aran, A. (2023). Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil. Obtenido de <http://204.199.82.243:8080/bitstream/handle/123456789/1813/Gesti%20estrat%20a%20gica%20para%20optimizar%20la%20eficiencia%20y%20eficacia%20del%20personal%20administrativo%20de%20la%20Empresa%20Av%20adcola.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
32. Gómez, M. (2021). Universidad de los Andes. Obtenido de <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/0ca87c9a-5df7-4dbc-97c0-cd1a556ade63/content>
33. World Health Organization. (2003). *Domestic water quantity, service level and health*. Geneva: World Health Organization.
34. Pino Peralta, S. L., & Casanova Montero, A. (2019). Estimación del costo de reparación del daño ambiental en el suelo de cacao en la provincia de Cotopaxi-Ecuador. *REVISTA CIENTÍFICA ECOCIENCIA*, 6(1), 1–16. <https://doi.org/10.21855/ecociencia.61.146>
35. Vásquez, D. (2023). Universidad de Cuenca. Obtenido de <https://rest-dspace.ucuenca.edu.ec/server/api/core/bitstreams/a29b80d0-3277-4d0f-84b0-225d92cfb3ac/content>
36. Armache, M., & Alejandro, I. (2021). *La calidad de agua para riego y su posible efecto en el rendimiento de los cultivos*. BABAHOYO: UTB, 2021.
37. Fustamante, C., & Aurelio, A. (2023). *Valoración y optimización de la dosificación de cloro en la planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Chota*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

38. Lázaro Bacilio, R. J., & Meregildo Collave, C. X. (2023). Remoción de turbidez y color del agua de riego, con coagulantes y carbón activado, controlado por un sistema Arduino (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO).
39. Barreto, S., Vargas, D., Martínez, L., & Gómez, S. (2020). Dialnet. Obtenido de file:///C:/Users/59399/Downloads/Dialnet-EvaluacionDeCoagulantesNaturalesParaElTratamientoD-7319508.pdf
40. Ordóñez Ramírez, V. A., Palacios Limones, C. E., López Vargas, A. F., & Suárez Escobar, I. E. (2020). Optimización del sistema de tratamiento fisicoquímico de una estación depuradora de aguas residuales de bebidas gaseosas. *Industrial data*, 22(2), 199–212. <https://doi.org/10.15381/idata.v22i2.16291>

## 7 ANEXOS

**Anexo 1.** Acuerdo Ministerial 097A, Reforma al Texto Unificado de Legislación Secundario de Medio Ambiente, Anexo 1 Tabla 3 Criterio de Calidad de Aguas para Riego Agrícola

TABLA 3: CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA RIEGO AGRICOLA			
PARAMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y grasas	PelículaVisible		Ausencia
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico	As	mg/l	0,1
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Cinc	Zn	mg/l	2,0
Cobalto	Co	mg/l	0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,2
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	1000
Cromo	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,1
Flúor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Huevos de parásitos			Ausencia
Litio	Li	mg/l	2,5
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,001
Manganeso	Mn	mg/ l	0, 2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	0,2
Nitritos	NO <sub>2</sub>	mg/l	0,5
Oxígeno Disuelto	OD	mg/l	3
pH	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/l	5,0
Selenio	Se	mg/l	0,02
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/l	250
Vanadio	V	mg/l	0,1

Documento con posibles errores digitalizado de la publicación original. Favor verificar con imagen.

 No imprima este documento a menos que sea absolutamente necesario.

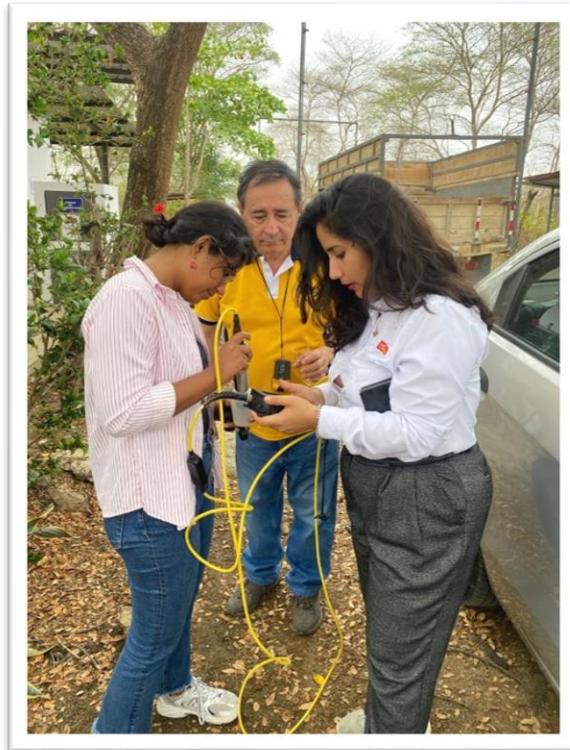
**Anexo 2.** Acuerdo Ministerial 097A, Reforma al Texto Unificado de Legislación Secundario de Medio Ambiente, Anexo 1 Tabla 4 Parámetros de los niveles de la calidad de agua para riego

**TABLA 4: PARÁMETROS DE LOS NIVELES DE LA CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO**

PROBLEMA POTENCIAL	UNIDADES	GRADO DE RESTRICCIÓN *		
		Ninguno	Ligero Moderado	Severo
<b>Salinidad: (1)</b>	<u>milimhos/cm</u>	<u>0,7</u>	<u>0,7-3,0</u>	<u>&gt;3,0</u>
<u>CE (2) SDT</u>	<u>mg/l</u>	<u>450</u>	<u>450-2000</u>	<u>&gt;2000</u>
(3)				
<b>Infiltración: (4)</b>				
<u>RAS=0-3yCE=</u>		<u>0, 7</u>	<u>0, 7-0, 2</u>	<u>&lt;0, 2</u>
<u>RAS=3-6yCE=</u>		<u>1, 2</u>	<u>1, 2-0, 3</u>	<u>&lt;0, 3</u>
<u>RAS=6-</u>		<u>2</u>	<u>3 1,9-0</u>	<u>&lt;0,5</u>
<u>RAS=12-</u>		<u>2,9</u>	<u>2,9-1, 3</u>	<u>&lt;1,3</u>
<u>20yCE=</u>		<u>5,0</u>	<u>5,0-2, 9</u>	<u>&lt;2, 9</u>
<b>Toxicidad por iones</b>	<u>meq/l</u>	<u>3,0</u>	<u>3,0-9,0</u>	<u>&gt;9</u>
<b>específicos (5) Sodio:</b>	<u>meq/l</u>	<u>3,0</u>	<u>3,0</u>	<u>&gt;10</u>
<u>Irrigación superficial RAS (6)</u>	<u>meq/l</u>	<u>4,0</u>	<u>4,0-10,0</u>	<u>&gt;10</u>
<u>Aspersión</u>	<u>meq/l</u>	<u>3,0</u>	<u>3,0 0,7-</u>	<u>&gt;3</u>
<b>Cloruros:</b>	<u>mg/l</u>	<u>0,7</u>	<u>3,0</u>	
<u>Irrigación superficial</u>				
<u>Aspersión</u>				
<b>Boro:</b>				
<b>Efectos misceláneos (7)</b>				
<u>Nitrógeno (N-NO<sub>3</sub>)</u>	<u>mg/l</u>	<u>5,0</u>	<u>5,0-30,0</u>	<u>&gt;30</u>
<u>Bicarbonato (HCO<sub>3</sub>) Solo</u>	<u>meq/l</u>	<u>1,5</u>	<u>1,5-8,5</u>	<u>&gt;8,5</u>
<u>aspersión</u>				
<b>pH</b>	Rango normal		6,5-8,4	

\* Es el grado de limitación, que indica el rango de factibilidad para el uso del agua en riego.

### Anexo 3. Medición de oxígeno disuelto



### Anexo 4. Dato de oxígeno disuelto



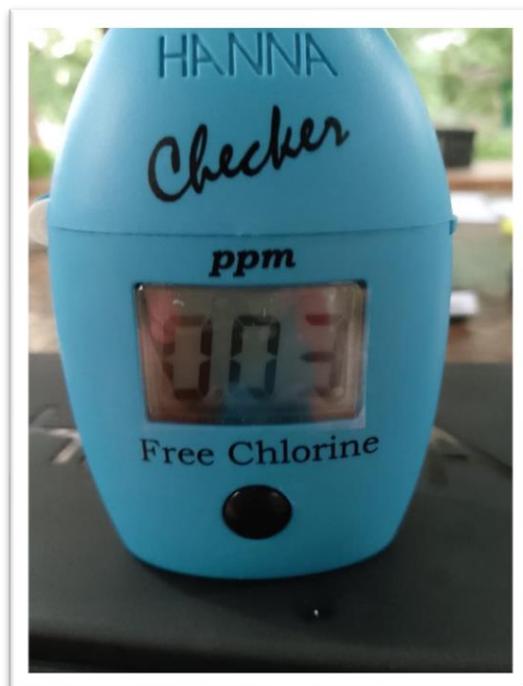
### Anexo 5. Medición de pH



### Anexo 6. Medición de pH



### Anexo 7. Medición de Cloro



### Anexo 8. Experimentación



## Anexo 9. Experimentación



## Anexo 10. Sólidos Suspendidos Totales



**Anexo 11. Dato Turbidez muestra cruda**



**Anexo 12. Dato Turbidez muestra tratada**



**Anexo 13.** Experimentación análisis de sólidos



**Anexo 14.** Experimentación



## Anexo 15. Recopilación Datos Color DR6000

