

# UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**TESIS**

**EFICIENCIA DE LA LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN ESPINAR PARA EL  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL DISTRITO DE PUNO - 2025**

**PRESENTADA POR:**

**RINA FERNANDA ALVAREZ JOVE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PUNO – PERÚ**

**2026**



Repositorio Institucional ALCIRA by [Universidad Privada San Carlos](https://www.upsc.edu.pe/) is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



# 13.2%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 15 APR 2026, 11:06 PM

## Originality & Authorship Report

Your text is highlighted according to the matched content in the results above.

● IDENTICAL  
1.21%

● CHANGED TEXT  
11.99%

## Report #32499203

RINA FERNANDA ALVAREZ JOVE // EFICIENCIA DE LA LAGUNA DE ESTABILIZACION ESPINAR PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL DISTRITO DE PUNO

- 2025 RESUMEN La investigación evaluó la eficiencia de la Laguna de estabilización Espinar - Puno, el monitoreo se realizó fechas distintas, considerando parámetros fisicoquímicos y microbiológico, para lo cual se tomaron muestras de 3.5 litros del afluente y el efluente en las dos fechas de monitoreo, tal como indica el protocolo de muestreo, donde dichas muestras fueron enviadas al laboratorio LACUAMEQ E.I.R.L. para su respectivo análisis. Se organizaron los resultados obtenidos en el laboratorio con el fin de compararlos con los LMP establecidos para las plantas de tratamiento de aguas residuales según indica el D.S. N° 003-2010-MINAM. Los análisis mostraron una elevada concentración, donde el afluente presentó concentraciones de 200.0 y 245.0 mg/L para SST, 31.5 y 32.3 mg/L para aceites y grasas, 129.1 y 125.0 mg/L para DBO5, 320 y 412 mg/L para DQO y  $4.6 \times 10^7$  y  $9.3 \times 10^6$  NMP/100 ml para coliformes termotolerantes. En el efluente los resultados fueron de 143.0 y 130 mg/L para SST, 29.2 y 19.6 mg/L para aceites y grasas, 119.1 y 116.0 mg/L para DBO5, 243.0 y 230.0 mg/L para DQO y  $9.0 \times 10^5$  y  $9.2 \times 10^5$  NMP/100 ml para coliformes termotolerantes. Asimismo, se determinó el porcentaje de eficiencia, en donde los SST presentó un 46.93% de eficiencia, los aceites y grasas un 39.31, para DBO5 un 7.2%

**UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**  
**TESIS**

**EFICIENCIA DE LA LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN ESPINAR PARA EL  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL DISTRITO DE PUNO - 2025**

**PRESENTADA POR:**

**RINA FERNANDA ALVAREZ JOVE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**


**INGENIERO AMBIENTAL**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:   
Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

PRIMER MIEMBRO

:   
M.Sc. KORINA ASQUI GOMEZ

SEGUNDO MIEMBRO

:   
Mtra. NATALY SILVIA GARCIA VILCA

ASESOR DE TESIS

:   
Dra. MARLENE CUSI MONTESINOS

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Ambiental

Línea de investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 24 de abril del 2026.

## DEDICATORIA

A Dios, que me ha dado la bendición de vivir una vida maravillosa, llena de alegrías y aprendizaje, a mi Niño Jesús de Oquechupa, Virgencita de Candelaria y Copacabana, por escuchar mis oraciones en los momentos de angustia y por darme fortaleza cuando sentía que no podía más, en cada dificultad encontré consuelo en mi fé y en cada logro sentí su guía y protección.

A mi papá que, aunque ya no esté físicamente a mi lado, su amor, sus enseñanzas y ejemplo siguen guiando cada paso que doy, por su apoyo en mi decisión de estudiar una segunda carrera desde el primer momento; esta tesis es el resultado de años de esfuerzo, pero también es fruto de los valores que sembraste en mí: constancia, responsabilidad y perseverancia. Tu respaldo fue mi impulso más grande y aunque hoy no estés físicamente, este logro lleva tu nombre y tu amor en cada página.

A mi mamá, por nunca dejarme sola en esta decisión, por sostenerme en los momentos difíciles, tu comprensión, tu apoyo incondicional, por cuidar mi corazón y sostenerme en este proceso. Tu presencia ha sido mi fortaleza y tu confianza mi impulso para seguir adelante, por esa razón este logro es también tuyo, porque sin ti nada de esto habría sido posible.

A mi hermana Lucero, por su sinceridad, su ejemplo, sus consejos, por enseñarme a ser fuerte ante las dificultades y por recordarme siempre la importancia de no rendirme.

A mi hermana Claudia, por su alegría, su madurez admirable, su fortaleza silenciosa y por el apoyo sincero que siempre me brindó. A pesar de ser menor, muchas veces fue ejemplo de responsabilidad, paciencia y comprensión.

A mi abuelita Julia y a toda mi familia, por su amor, unión y apoyo incondicional durante estos años.

## AGRADECIMIENTOS

A mis padres, hermanas y familia por el apoyo, cuidado y guía en todo momento de mi vida.

A la Universidad Privada San Carlos y docentes de mi Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental por formarme profesionalmente en esta carrera.

A mi asesora Dra. Marlene Cusi Montesino por la paciencia y dedicación durante el desarrollo de esta tesis, por las observaciones y seguimiento constante para poder culminar este proyecto. Le agradezco profundamente el tiempo y compromiso brindado en este proceso.

A todas las personas que estuvieron presentes durante todo este proceso llamado vida.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ANEXOS	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	11

### CAPÍTULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.2. ANTECEDENTES	14
1.3. OBJETIVOS	18

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO	19
2.1.1. LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN ESPINAR	19
2.1.2. SISTEMAS DE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN	20
2.1.3. FACTORES FÍSICOS QUE CONDICIONAN EL DESEMPEÑO DE LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN.	20
2.1.4. EFICIENCIA DE LAS LAGUNAS DE OXIDACIÓN	21
2.1.5. AGUAS RESIDUALES	21
2.1.6. "CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES"	23
2.1.7. MARCO LEGAL	25

<b>2.2. MARCO CONCEPTUAL</b>	<b>26</b>
<b>2.3. HIPÓTESIS</b>	<b>26</b>

### **CAPÍTULO III**

#### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

<b>3.1. ZONA DE ESTUDIO</b>	<b>28</b>
<b>3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA</b>	<b>29</b>
3.2.1. POBLACIÓN	29
3.2.2. MUESTRA	29
<b>3.3. MÉTODO Y TÉCNICAS</b>	<b>29</b>
3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN:	29
3.3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:	30
3.3.3. MATERIALES	30
3.3.4. EQUIPOS	30
3.3.5. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO	30
3.3.6. INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	31
<b>3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES</b>	<b>34</b>
<b>3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO</b>	<b>35</b>

### **CAPÍTULO IV**

#### **EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

<b>4.1. ANALIZAR LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AFLUENTE Y EFLUENTE DE LA LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN ESPINAR DEL DISTRITO DE PUNO</b>	<b>36</b>
<b>4.2. COMPARAR LOS PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICOS CON LOS LMP PARA LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL EFLUENTE DE LA LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN ESPINAR DEL DISTRITO DE PUNO</b>	<b>42</b>
<b>4.3. DETERMINAR EL PORCENTAJE DE EFICIENCIA DE LA LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN ESPINAR DEL DISTRITO DE PUNO</b>	<b>48</b>

<b>CONCLUSIONES</b>	<b>57</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>58</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>59</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>64</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 01:</b> "Requisitos para la recolección de muestras de aguas residuales y preservación de las muestras."	32
<b>Tabla 02:</b> Valores de los LMP según D.S. N° 003-2010-MINAM	33
<b>Tabla 03:</b> Variables de estudio	35
<b>Tabla 04:</b> Concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el afluente de la Laguna de Estabilización Espinar	37
<b>Tabla 05:</b> Concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el efluente de la Laguna de Estabilización Espinar	40
<b>Tabla 06:</b> Características fisicoquímicos y microbiológicos del primer monitoreo en la Laguna de Estabilización Espinar	43
<b>Tabla 07:</b> Características fisicoquímicos y microbiológicos del segundo monitoreo en la Laguna de Estabilización Espinar	46
<b>Tabla 08:</b> Eficiencia de los parámetros analizados	49
<b>Tabla 09:</b> Análisis estadístico del parámetro de Temperatura	50
<b>Tabla 10:</b> Análisis estadístico del parámetro de pH	51
<b>Tabla 11:</b> Análisis estadístico del parámetro de SST	52
<b>Tabla 12:</b> Análisis estadístico del parámetro de Aceites y grasas	53
<b>Tabla 13:</b> Análisis estadístico del parámetro de DBO5	54
<b>Tabla 14:</b> Análisis estadístico del parámetro de DQO	55
<b>Tabla 15:</b> Análisis estadístico del parámetro de Coliformes termotolerantes	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 01:</b> Ubicación de la Laguna de estabilización Espinar - Puno	29
<b>Figura 02:</b> Parámetros fisicoquímicos en el afluente de la laguna de estabilización Espinar	38
<b>Figura 03:</b> Parámetro microbiológico en el afluente de la laguna de estabilización Espinar	39
<b>Figura 04:</b> Parámetros fisicoquímicos en el efluente de la laguna de estabilización Espinar	41
<b>Figura 05:</b> Parámetro microbiológico en el efluente de la laguna de estabilización Espinar	42
<b>Figura 06:</b> Comparación de los parámetros fisicoquímicos con los LMP	44
<b>Figura 07:</b> Comparación de los coliformes termotolerantes con los LMP	45
<b>Figura 08:</b> Comparación de los parámetros fisicoquímicos con los LMP	47
<b>Figura 09:</b> Comparación de los parámetros fisicoquímicos con los LMP	48
<b>Figura 10:</b> Recolección de muestras en la primera fecha de monitoreo	70
<b>Figura 11:</b> Evidencia fotográfica del primer fecha de monitoreo	70
<b>Figura 12:</b> Recolección de muestras en la segunda fecha de monitoreo	71
<b>Figura 13:</b> Rotulando y acondicionando los envases para la toma de muestras	71
<b>Figura 14:</b> Evidencia fotográfica de la segunda fecha de monitoreo	72

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo 01:</b> Matriz de consistencia	65
<b>Anexo 02:</b> Panel fotográfico	70
<b>Anexo 03:</b> Resultados de laboratorio del primer monitoreo realizado	73
<b>Anexo 04:</b> Resultados de laboratorio del segundo monitoreo realizado	75

## RESUMEN

La investigación evaluó la eficiencia de la Laguna de estabilización Espinar - Puno, el monitoreo se realizó fechas distintas, considerando parámetros fisicoquímicos y microbiológico, para lo cual se tomaron muestras de 3.5 litros del afluente y el efluente en las dos fechas de monitoreo, tal como indica el protocolo de muestreo, donde dichas muestras fueron enviadas al laboratorio LACUAMEQ E.I.R.L. para su respectivo análisis. Se organizaron los resultados obtenidos en el laboratorio con el fin de compararlos con los LMP establecidos para las plantas de tratamiento de aguas residuales según indica el D.S. N° 003-2010-MINAM. Los análisis mostraron una elevada concentración, donde el afluente presentó concentraciones de 200.0 y 245.0 mg/L para SST, 31.5 y 32.3 mg/L para aceites y grasas, 129.1 y 125.0 mg/L para DBO5, 320 y 412 mg/L para DQO y  $4.6 \cdot 10^7$  y  $9.3 \cdot 10^6$  NMP/100 ml para coliformes termotolerantes. En el efluente los resultados fueron de 143.0 y 130 mg/L para SST, 29.2 y 19.6 mg/L para aceites y grasas, 119.1 y 116.0 mg/L para DBO5, 243.0 y 230.0 mg/L para DQO y  $9.0 \cdot 10^5$  y  $9.2 \cdot 10^5$  NMP/100 ml para coliformes termotolerantes. Asimismo, se determinó el porcentaje de eficiencia, en donde los SST presentó un 46.93% de eficiencia, los aceites y grasas un 39.31, para DBO5 un 7.2% de eficiencia, para DQO un 44.17 y para coliformes termotolerantes un 90.10% de eficiencia. Se concluye que, no existe diferencia estadísticamente significativa en el tratamiento de aguas residuales de la laguna de estabilización Espinar de Puno.

**Palabras claves:** Afluentes, Aguas residuales, Efluente, Eficiencia, Laguna de estabilización y efluentes

## ABSTRACT

The research evaluated the efficiency of the Espinar-Puno stabilization pond. Monitoring was conducted on different dates, considering physicochemical and microbiological parameters. For this purpose, 3.5-liter samples of the influent and effluent were taken on both monitoring dates, as indicated in the sampling protocol. These samples were sent to the LACUAMEQ E.I.R.L. laboratory for analysis. The results obtained in the laboratory were organized for comparison with the maximum permissible limits (MPL) established for wastewater treatment plants, as indicated in Supreme Decree No. 003-2010-MINAM. The analyses showed a high concentration, where the influent presented concentrations of 200.0 and 245.0 mg/L for TSS, 31.5 and 32.3 mg/L for oils and fats, 129.1 and 125.0 mg/L for BOD<sub>5</sub>, 320 and 412 mg/L for COD and  $4.6 \times 10^7$  and  $9.3 \times 10^6$  MPN/100 ml for thermotolerant coliforms. In the effluent, the results were 143.0 and 130 mg/L for TSS, 29.2 and 19.6 mg/L for oils and greases, 119.1 and 116.0 mg/L for BOD<sub>5</sub>, 243.0 and 230.0 mg/L for COD, and  $9.0 \times 10^5$  and  $9.2 \times 10^5$  MPN/100 mL for thermotolerant coliforms. The percentage of efficiency was also determined, showing 46.93% efficiency for TSS, 39.31% for oils and greases, 7.2% for BOD<sub>5</sub>, 44.17% for COD, and 90.10% for thermotolerant coliforms. It is concluded that there is no statistically significant difference in the wastewater treatment of the Espinar stabilization pond in Puno.

**Keywords:** Influent, Wastewater, Effluent, Efficiency, Stabilization pond and effluents

## INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales representan un recurso de gran importancia, ya que contribuyen al desarrollo sostenible al promover una mayor reutilización del agua y buscar reducir a la mitad su vertimiento sin tratamiento; sin embargo, aún es elevada la cantidad de aguas residuales que son descargadas al medio físico sin haber sido sometidos a un proceso de depuración previo. Como resultado de la ausencia de tratamiento, a nivel global se descargan aguas contaminadas con fosfatos, nitratos y disolventes en diferentes cuerpos de agua, los cuales terminan llegando al mar, ocasionando impactos perjudiciales en el medio ambiente y salud pública (Guillen & Páliz, 2021).

En este marco, el estudio se enfoca en un tema de gran relevancia ambiental, ya que cobra importancia debido a que los efluentes provenientes de dicha laguna son vertidos directamente al lago Titicaca, un cuerpo de agua con características particulares y vulnerable debido a su naturaleza endorreica.

Desde la perspectiva ambiental, la investigación resulta significativa porque permitirá determinar la eficiencia de la laguna de estabilización Espinar, cuyo efluente se descarga directamente en la bahía interior de Puno del lago Titicaca. Para ello, como referencia se tomó los límites máximos permisibles (LMP) vigentes en el país para los diferentes parámetros analizados.

Asimismo, el estudio brindará información que dará paso a una comprensión más clara del funcionamiento de un sistema simple de tratamiento de aguas de desecho, en el contexto de las condiciones particulares y específicas de la ciudad de Puno, ubicada a 3800 msnm. En estas condiciones, la menor concentración de oxígeno y las bajas temperaturas pueden reducir la actividad de los microorganismos encargados de los procesos de descomposición de compuestos orgánicos.

El presente informe está organizado en varios capítulos, en el primer capítulo se expone la formulación del problema, proporcionando los antecedentes y los objetivos del estudio. Posteriormente, en el segundo capítulo se desarrolla el marco teórico y conceptual, y presenta las hipótesis de la investigación. En el tercer capítulo se detalla la metodología,

incorporando el área estudiada, tamaño de muestra, los métodos y técnicas utilizados, las variables analizadas y el procedimiento de análisis estadístico. En el cuarto capítulo se presentan los resultados correspondientes a cada objetivo, junto con la discusión de los mismos. Finalmente, se exponen las conclusiones y recomendaciones, junto con la bibliografía y los apéndices pertinentes.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En América Latina, existe un déficit en la gestión de los recursos hídricos debido a la falta de sistemas de tratamiento de aguas residuales, el cual hizo evidente la problemática de la contaminación generada por estas aguas, por tal razón se desarrolló la tecnología de tratamiento basada en lagunas de estabilización. Estas consisten en estanques excavados, generalmente poco profundos y de tierra, que permiten la exposición de las aguas provenientes de sistemas de alcantarillado a la acción del sol y del aire. En ellas ocurre un proceso natural de autodepuración o estabilización, en el que intervienen mecanismos físicos, químicos y microbiológicos, logrando resultados eficientes principalmente en contextos con cargas orgánicas predominantes y poblaciones de tamaño reducido (Fernández, 2018). Así también, se menciona que mundialmente más del 80 % de aguas residuales está siendo vertidas en el medio ambiente sin tratamiento, teniendo serias consecuencias (UNWATER, 2017).

El Perú no es ajeno a esta problemática, según un estudio realizado por la SUNASS, se identificó que 89 localidades bajo la jurisdicción de las Empresas Prestadoras de Servicios (EPS) carecen de tratamiento de aguas residuales; asimismo, hace una década se registraba un volumen aproximado de 289 000 m<sup>3</sup>/día vertidos sin ningún tipo de tratamiento. En otras palabras, esta cantidad de aguas residuales es descargada directamente en cuerpos de agua o destinada a actividades agrícolas, generando

impactos negativos tanto en los ecosistemas acuáticos como en la calidad de los suelos (SUNASS, 2022).

En el caso específico de la laguna de estabilización Espinar, ubicada en la ciudad de Puno, actualmente se observa una disminución en su eficiencia operativa debido al incremento del caudal de ingreso, asociado al crecimiento poblacional. En consecuencia, los efluentes descargados hacia el lago Titicaca podrían no cumplir con los estándares de calidad establecidos por la normativa vigente para este tipo de cuerpo de agua. Asimismo, es importante realizar monitoreos continuos para verificar que los efluentes no afecten a un ecosistema de tanta fragilidad como es el lago Titicaca y específicamente la bahía interior de la ciudad de Puno. Por ello, la presente investigación tiene como objetivo determinar las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del efluente, a fin de evaluar la eficiencia de dicha laguna.

### **PROBLEMA GENERAL**

¿Cuál es la eficiencia de la laguna de estabilización Espinar para el tratamiento de aguas residuales?

### **PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- ¿Cuáles serán las concentraciones de los parámetros físico químicos y microbiológicos en el afluente y efluente de la laguna de estabilización Espinar del distrito de Puno?
- ¿Los parámetros físico químicos y microbiológicos del efluente de la laguna de estabilización Espinar del distrito de Puno superarán los LMP para aguas residuales?
- ¿Cuánto es el porcentaje de eficiencia de la laguna de estabilización Espinar del distrito de Puno?

## **1.2. ANTECEDENTES**

### **A nivel internacional**

(Zamora, 2021), estudió cuatro puntos del río Cañas en diferentes épocas, en donde se determinó que los parámetros físicos y químicos incrementaron aguas abajo del río, en cuanto al parámetro biológico, las diatomeas presentaron mayor abundancia en el

ecosistema béntico del río, asimismo se pudo evidenciar que la cantidad de diatomeas varía con relación a las épocas del año. Se concluyó que los efluentes de las lagunas de estabilización facultativa no aportaron contaminación significativa al cuerpo de agua.

(Borbor y Macías, 2023), investigaron la eficiencia de las lagunas de estabilización de San Pablo del cantón Santa Elena, se llevó a cabo el monitoreo del área de estudio, mediante la toma de muestras de aguas de descarga y medición de caudales, con el fin de estimar el porcentaje de eficiencia en la remoción de la carga contaminante, en donde se demostró que en la laguna facultativa los porcentajes por pérdida de lodo fue de 80% y de 68% en la laguna de maduración, en cuanto a la eficiencia de los parámetros evaluados, en su mayoría se evidenció que la carga orgánica se descompone de manera lenta, ya que los porcentajes se encontraron por debajo del 50%.

Falcones (2020), evaluó los niveles de afectación a causa de las lagunas de oxidación en la Localidad del Cantón San Vicente - Ecuador, en el cual los análisis de monitoreo realizados en las aguas realizadas no cumplen con la normativa ambiental, también se determinó que existen 109 familias dentro de la zona del área de influencia indirecta y directa, donde el 75% expresan que han sido afectados por la operatividad de dicha laguna, asimismo para la identificación y cualificación de impactos del proyecto se realizó la matriz de Leopold. Se concluyó que la laguna se encuentra inoperante por sobrepasar su capacidad debido a la demanda poblacional, causando la formación de formación de sulfuro de hidrógeno y malos olores en la zona aledaña.

### **A nivel nacional**

(Auccatinco, 2021), evaluó la eficiencia de la PTAR en el distrito de Cusipata - Cusco, el cual mostró que la PTAR no ha funcionado eficientemente, ya que se monitoreo 2 puntos, el ingreso y salida de las aguas residuales, en donde se verificó que el contenido contaminante en el efluente es bastante alto ya que no se realiza una depuración de sólidos totales suspendidos, grasas y aceites de manera adecuada, esto se debe a la colmatación del tanque séptico y de la laguna de estabilización; así también, los lodos de la planta no se retiran de manera periódica; se concluye que para una adecuada

depuración y mejora de eficiencia la municipalidad del distrito de Cusipata - Cusco deberá implementar un programa de mantenimiento continuo para la PTAR de aguas residuales.

(Moreno, 2023), determinó la eficiencia de las lagunas de estabilización en Nuevo Chimbote, evaluando diferentes parámetros de las aguas residuales, la recolección de muestras se realizó conforme a la metodología establecida por APHA (1992), mientras que el análisis de los parámetros del afluente y efluente se efectuó de acuerdo con lo estipulado en el D.S. N.º 003-2015-MINA, la fórmula para determinar la eficiencia fue de acuerdo a Lettinga 1995. Según los resultados, la calidad de sus aguas residuales del sistema de tratamiento Las gaviotas excede los LMP, excepto los resultados de T°, nitratos y pH; por lo tanto, se toma en consideración la incorporación de un humedal artificial.

(Requena, 2023), tuvo como objetivo analizar los riesgos ambientales asociados a las lagunas facultativas en Huancayo, donde se evidenciaron distintos escenarios de riesgo, entre los que destacan la concentración de RRSS en zonas cercanas, la proliferación de insectos, el uso de estas aguas para el riego agrícola y la consecuente alteración del paisaje natural del área. En adición, se obtuvo un 72% de riesgo significativo en los tres entornos (natural, humano y socioeconómico), en consecuencia, se llegó a la conclusión que el gobierno local está llamado a adoptar e implementar acciones concretas que permitan prevenir, mitigar y controlar los distintos escenarios de riesgo identificados en las lagunas facultativas del distrito de Santa Rosa.

(Moncada, 2021), investigó sobre los impactos ambientales de la laguna de oxidación en Chilca, donde se identificaron dispersión de partículas de tierra, malos olores, aglomeración de residuos, el cual mediante la utilización de matrices de identificación reflejaron la presencia de malos olores y mosquitos fueron significativos. Por tal razón se requiere un plan para el control de medidas para mitigar estos impactos

(Torres, 2021), evaluó el nivel de riesgo ambiental en las pozas de estabilización de Sallapanga, con un método inductivo basado en la observación, se desarrolló un diagnóstico integral del área de estudio a través de recorridos de campo y la recopilación

de información; además, se evaluó el nivel de riesgo en los ámbitos humano, natural y socioeconómico, concluyendo que las pozas de estabilización de aguas residuales presentan un nivel de riesgo considerable.

### **A nivel local**

(Davila, 2023), en su investigación sobre la eficiencia de remoción de la laguna de oxidación - Juli, estudió parámetros químicos y parámetros microbiológicos mediante análisis de laboratorio; en donde los resultados se sistematizaron para la comparación con los LMP, para posteriormente, bajo esos mismos resultados determinar su eficiencia. Se evidenció que los aceites y grasas y sólidos totales en suspensión presentaron mas del 20% de eficiencia, DQO mas del 50% de eficiencia, DBO5 con un 9.85% y coliformes termotolerantes con un 98.38%; asimismo los parámetros físico químicos y microbiológicos analizados del afluente y efluente evidenciaron concentraciones altas sobrepasando los LMP; se concluyó que la eficiencia general de la laguna de oxidación fue de 42.62%.

(Pacori, 2021), evaluó la laguna de estabilización de las aguas residuales de Taraco, en el cual el método utilizado fue la toma de muestra del agua residual del afluente y efluente, su investigación fue de tipo no experimental con un enfoque cuantitativo. Los resultados evidenciaron valores altos en los resultados superando los Límites máximos permisibles, asimismo se planteó una alternativa de solución al tratamiento de aguas residuales, el cual fue una planta de tratamiento que abarcaría tratamiento preliminar, primario, secundario y terciario. Se concluyó que la laguna de estabilización de Taraco no está apta para la operación correspondiente.

(Zenon, 2022), analizó la calidad de agua residual de la laguna de estabilización Espinar donde se evaluó parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, mediante estadística descriptiva y prueba de chi cuadrado, los resultados indicaron que en la laguna primaria, laguna secundaria y efluente los parámetros estudiados no cumplen con la normatividad vigente ya que sobrepasan los valores que establece los LMP, se determinó que la

calidad del agua de la laguna de estabilización Espinar, no se ajusta a los estándares establecidos en la normativa vigente para efluentes de PTAR.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la eficiencia de la laguna de estabilización Espinar para el tratamiento de aguas residuales del distrito de Puno - 2025

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar los parámetros físico químicos y microbiológicos del afluente y efluente de la laguna de estabilización Espinar del distrito de Puno
- Comparar los parámetros físico químico y microbiológicos con los LMP para las plantas de tratamiento de aguas residuales del efluente de la Laguna de estabilización Espinar del distrito de Puno
- Determinar el porcentaje de eficiencia de la laguna de estabilización Espinar del distrito de Puno

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.1. MARCO TEÓRICO

##### 2.1.1. LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN ESPINAR

###### a) Laguna primaria

La laguna primaria presenta un área de 13.4 ha, con una cota de aproximadamente 3810.80 m.s.n.m, su profundidad es de 2.50 m, con una altitud media de 3810.80 m s. n. m., cuenta con una profundidad promedio de 2.50 m y superficie de 13.4 ha, lo que le otorga un volumen útil de 303 050.21 m<sup>3</sup>, determinado a partir de un estudio batimétrico. El tiempo de retención hidráulica estimado es de 18.08 días. Bajo una temperatura de 12.3 °C, la carga orgánica de entrada registra 398.5 mg/L de DBO<sub>5</sub>, mientras que en el efluente disminuye a 210.5 mg/L. Asimismo, la concentración de coliformes en el afluente alcanza 1 × 10<sup>7</sup> NMP/100 ml, reduciéndose a 7.67 × 10<sup>5</sup> NMP/100 ml a la salida.

Con el propósito de mejorar su desempeño, la laguna dispone de 16 aireadores tipo jet de carácter aspirante con eje inclinado, cada uno con una potencia de 2 HP, instalados sobre pontones que permiten su flotación, además de dos sopladores que operan con líneas de 30 difusores de 25 HP cada una. Sin embargo, se identifica la necesidad de realizar trabajos de limpieza y mantenimiento, a fin de incrementar la eficiencia del sistema de tratamiento (EMSA, 2023).

###### b) Laguna secundaria

La laguna presenta una superficie de 7.90 ha, 2 m de profundidad y volumen útil de 118 350 m<sup>3</sup>. Considerando un caudal de ingreso de 168 L/s, se estima un tiempo de retención hidráulica de 12.40 días, la carga orgánica en el efluente alcanza los 80 mg/L de DBO<sub>5</sub>.

Asimismo, la concentración de coliformes a la salida se ha determinado en  $7.82 \times 10^4$  UFC/100 ml. La cota promedio del nivel del agua en esta laguna es de 3810.60 m s. n. m.

### **2.1.2. SISTEMAS DE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN**

Son sistemas constituidos por excavaciones en el terreno diseñadas para retener aguas residuales y permitir su tratamiento mediante procesos naturales. En estos sistemas, la depuración se lleva a cabo gracias a la acción conjunta de microorganismos que interactúan de forma simbiótica. Al ingresar el agua residual, se inicia de manera espontánea un proceso de autodepuración o estabilización natural, en el cual intervienen simultáneamente mecanismos físicos, químicos y biológicos.

De acuerdo con lo expuesto por el autor, los procesos biológicos más relevantes que se desarrollan en estas lagunas son:

1. Oxidación aerobia de la materia orgánica: las bacterias aerobias degradan la materia orgánica biodegradable ( $DBO_5$ ) mediante la respiración, transformándola en dióxido de carbono ( $CO_2$ ) y agua ( $H_2O$ ), lo que implica liberación de energía y formación de nueva biomasa.
2. Generación de oxígeno por fotosíntesis: las algas utilizan el  $CO_2$  en presencia de la luz solar para producir oxígeno ( $O_2$ ) y nuevas células algales; este oxígeno es fundamental para sostener a las bacterias aerobias.
3. Descomposición anaerobia de la materia orgánica: en las zonas donde el oxígeno es limitado o inexistente, la materia orgánica es degradada por microorganismos anaerobios, generando subproductos gaseosos como el metano.

### **2.1.3. FACTORES FÍSICOS QUE CONDICIONAN EL DESEMPEÑO DE LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN.**

Según (García, 2022) la evaluación del tratamiento de las aguas de descarga se sustenta en el estudio de múltiples variables, entre ellas el tipo de tratamiento aplicado, su desempeño, el caudal y el tiempo de retención hidráulica (TRH), para obtener una comprensión integral del estado y funcionamiento del sistema.

De igual manera, intervienen diversos factores que condicionan el comportamiento hidráulico y biológico de las lagunas de estabilización, tales como la temperatura, la influencia del viento, el tiempo de retención hidráulica, las características del afluente, los aportes adicionales de agua, la percolación a través del fondo de las lagunas, la evaporación y el volumen disponible, entre otros. Estos elementos resultan fundamentales, ya que determinan la eficiencia del sistema y su capacidad de autodepuración.

#### **2.1.4. EFICIENCIA DE LAS LAGUNAS DE OXIDACIÓN**

Implica evaluar los recursos utilizados en relación con los resultados alcanzados, y representa la capacidad esencial para cumplir los objetivos propuestos, incluso en contextos con altas exigencias (Rodríguez et al., 2016). La capacidad de eliminación de microorganismos está influida por la cantidad de cuerpos de agua dispuestas en serie, factores ambientales específicos y tiempo total de retención.

La eficiencia de las lagunas de estabilización se refiere a la proporción de contaminantes que logran eliminarse. Esta depende de diversas condiciones climáticas, como la temperatura. Las lagunas de estabilización constituyen uno de los tratamientos más utilizados y efectivos, ya que requieren únicamente un tiempo de retención adecuado y el aprovechamiento de procesos naturales. Además, pueden operar con bajas cantidades de biomasa y funcionar tanto con periodos de retención prolongados como cortos (Bustamante, 2017).

#### **2.1.5. AGUAS RESIDUALES**

Se denomina agua residual al recurso hídrico que ha sido contaminado por desechos humanos, tales como la orina y las heces. Este término también abarca los residuos orgánicos provenientes de humanos o animales, incluidos los excrementos generados por diversas especies. En general, abarca toda agua cuya calidad ha sido modificada debido a la intervención humana.

Según la FAO, se entiende por agua remanente aquella que, tras su uso o generación, pierde su utilidad inmediata para el propósito inicial, ya sea por la disminución de su

calidad, la variación en su cantidad o por no estar disponible en el momento en que se requiere. Sin embargo, es posible que las aguas residuales generadas por un usuario puedan convertirse en una fuente útil para otro usuario en una ubicación distinta (Castellanos, 2020).

**a) Aguas domésticas**

Se originan como consecuencia de las actividades cotidianas en el hogar, entre las que se incluyen la preparación de alimentos, la limpieza doméstica, el lavado de prendas y el aseo personal, entre otras. Este tipo de aguas residuales se caracteriza por contener cantidades significativas de materia orgánica, así como la presencia de detergentes y grasas. Su composición puede variar en función de los hábitos y prácticas de la población que las genera. De manera general, presentan un contenido de sólidos inferior al 1 %. (Serrano et al., 2022)

**b) Aguas residuales industriales**

Se originan en diversos procesos industriales y su composición varía según el tipo de actividad productiva involucrada. Asimismo, presentan características particulares en cada industria. Los componentes del agua residual industrial reflejan las materias primas utilizadas durante los procesos de producción (Campoverde, 2019).

**c) Aguas pluviales o aguas de lluvia**

Comprenden las aguas pluviales que se desplazan sobre distintas superficies expuestas, tales como áreas verdes, vías urbanas, cubiertas de edificaciones y otras zonas similares. Durante su recorrido, estas aguas arrastran residuos y materiales previamente acumulados, por lo que los primeros escurrimientos suelen presentar una mayor carga de contaminantes (Valdivieso, 2020).

**d) Aguas residuales agrícolas**

Proviene de la escorrentía superficial generada en áreas de agricultura y se diferencian por contener pesticidas y altas concentraciones de sólidos en suspensión. Este tipo de aguas suele descargarse directamente en los ríos o en los sistemas de alcantarillado (Pérez, 2022)

### 2.1.6."CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES"

El contenido total de sólidos está conformado por la fracción disuelta, suspendida, sedimentable y coloidal, y representa uno de los parámetros físicos más significativos para caracterizar las aguas residuales. Asimismo, otras propiedades físicas de importancia incluyen la temperatura, la densidad, la coloración y el grado de turbidez, las cuales permiten evaluar de manera integral sus condiciones (Serrano et al., 2022).

#### a) **DBO**

Este parámetro cuantifica la cantidad de oxígeno necesaria para descomponer la materia orgánica biodegradable u oxidable presente en una muestra líquida, tanto en forma disuelta como suspendida. Generalmente, se evalúa después de cinco días de reacción y se expresa en mg O<sub>2</sub>/L, utilizándose como indicador del nivel de contaminación. La presencia de carga orgánica favorece el desarrollo de bacterias y hongos en el agua. Estos microorganismos consumen oxígeno para degradar la materia orgánica, lo que permite su crecimiento. Sin embargo, a medida que aumenta la carga orgánica, también se incrementa el consumo de oxígeno por parte de los microbios, reduciendo la disponibilidad de este recurso para otras formas de vida acuática y afectando negativamente el ecosistema (Ramos, 2021).

#### b) **Sólidos totales en suspensión**

Material residual que permanece tras la evaporación del agua a temperaturas comprendidas entre 103 °C y 105 °C. No se incluyen dentro de los sólidos aquellas sustancias que se volatilizan durante el proceso de evaporación debido a su elevada presión de vapor. Por otro lado, los sólidos sedimentables corresponden a las partículas que, en un periodo de una hora, se sedimentan al fondo del cono de Imhoff. El desplazamiento de los sólidos en suspensión ocurre gracias al movimiento del agua; sin embargo, su presencia incrementa la turbidez. Cuando la concentración de partículas suspendidas es elevada, se dificulta el ingreso de la luz solar hacia el interior del agua, perjudicando el óptimo desarrollo de la vida acuática ya que se disminuye la actividad fotosintética (Ramos, 2021).

### c) **DQO**

Este parámetro indica la cantidad de compuestos químicamente oxidables que se encuentran disueltos o en suspensión en una muestra líquida, cuantificada en miligramos de oxígeno diatómico por litro ( $\text{mg O}_2/\text{L}$ ) y se utiliza para determinar el grado de contaminación presente, ya que su principal función es cuantificar la materia orgánica. Sin embargo, la existencia de sustancias inorgánicas oxidables, tales como sulfuros, sulfitos o yoduros, puede interferir en la precisión de los resultados obtenidos (Garaycochea, 2020). Puesto que, compuestos orgánicos pueden oxidarse por vías químicas pero no mediante procesos biológicos, el valor de la DQO siempre supera al de la  $\text{DBO}_5$ . Este parámetro contempla tanto materia orgánica —carbohidratos, proteínas y lípidos— como sustancias inorgánicas, los cuales pueden ser oxidados mediante procesos químicos, a pesar de no experimentar degradación biológica.

### d) **Temperatura**

Parámetro clave debido a que determina y modula el comportamiento de los demás indicadores fisicoquímicos. En el entorno marino, este factor se caracteriza por su naturaleza dinámica, presentando variaciones constantes tanto en el espacio como a lo largo del tiempo. De igual manera, ejerce influencia directa sobre propiedades como la conductividad eléctrica, el pH, los procesos de disociación de sales disueltas y su solubilidad, además de afectar de manera general la dinámica de las condiciones ambientales (Ramos, 2021).

### e) **Aceites y grasas**

Las grasas constituyen uno de los componentes de las aguas residuales con mayor facilidad para oxidarse. En los reactores biológicos, este proceso provoca que consuman rápidamente el oxígeno disuelto disponible, lo que en ocasiones puede generar condiciones de anoxia y favorecer la proliferación de bacterias filamentosas. Los hidrocarburos forman parte del grupo denominado aceites y grasas, conformado por compuestos insolubles que se separan de la fase acuosa y flotan, generando capas iridiscentes sobre la superficie. Debido a su naturaleza hidrófoba, los hidrocarburos

presentan muy baja solubilidad en agua, aunque sí se disuelven en solventes orgánicos. Al poder hidrolizarse en ácidos grasos y alcoholes, estos compuestos pueden servir como sustrato para el crecimiento bacteriano (López, 2021)

**f) pH**

Corresponde a la concentración de iones hidrógeno presente en el agua, expresada como el logaritmo negativo de su cantidad molar. Cuando las aguas residuales presentan niveles de pH desfavorables, su tratamiento biológico se vuelve más complejo (Tirado, 2022).

**g) Coliformes termotolerantes**

Se denominan así porque se consideran indicadores de calidad del agua debido a que pueden sobrevivir a temperaturas de hasta 45 °C y son un grupo reducido. Entre ellos, el más representativo es *Escherichia coli*, mientras que *Citrobacter freundii* y *Klebsiella pneumoniae* aparecen en menor proporción (Tirado, 2022). Estos microorganismos son contaminantes típicos del tracto gastrointestinal y pueden encontrarse tanto en seres humanos como en animales de sangre caliente. Por su capacidad para resistir temperaturas elevadas, se les denomina coliformes termotolerantes. Factores como la temperatura, la disponibilidad de materia orgánica, la humedad y el pH favorecen su reproducción y persistencia en el ambiente acuático (García, 2022).

### **2.1.7. MARCO LEGAL**

El marco normativo que se tendrá referente para la presente investigación:

- Ley N° 28611, Ley General del Ambiente
- Ley N° 29336, Ley de Recursos Hídricos
- D.S N° 003-2010-MINAM, donde se establece “Aprueba Límites máximos permisibles para los efluentes de Plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales”
- Protocolo establecido por la Autoridad Nacional del Agua.

## 2.2. MARCO CONCEPTUAL

**Aguas residuales:** Aquellas que han sido utilizadas en algún proceso o actividad específica y que, como consecuencia de ello, han incorporado sustancias contaminantes que modifican su calidad natural, disminuyendo así sus posibilidades de reutilización (Silva, 2004).

**Agua residual doméstica:** Se originan en las actividades diarias del hogar, como el uso de baños, el lavado de prendas, la limpieza de espacios y la preparación de alimentos, entre otras. Por su procedencia, contienen altas cargas de materia orgánica, diversos compuestos químicos principalmente detergentes y microorganismos patógenos que pueden representar un riesgo sanitario (Romero, 2020).

**Agua residual cruda:** Corresponde al punto de monitoreo ubicado en la entrada de las aguas residuales sin tratar a la PTAR, tras la confluencia de diversas alcantarillas que desembocan en la obra de llegada.

**Agua residual tratada:** Se localiza en la descarga del agua residual ya tratada en la PTAR. Dado que pueden existir varios puntos de salida, se establecerán ubicaciones de monitoreo en cada uno de ellos

**Calidad Ambiental:** La calidad ambiental se entiende como el estado de equilibrio natural que caracteriza la interacción de los procesos geoquímicos, biológicos y físicos, así como sus relaciones a lo largo del tiempo dentro de un sistema ambiental ubicado en un determinado espacio geográfico, en el que la intervención humana es nula o mínima. Dicha intervención hace referencia a los impactos acumulados derivados de las actividades humanas sobre el entorno (MINAET, 2010).

## 2.3. HIPÓTESIS

### Hipótesis general

El tratamiento de las aguas residuales de la Laguna de Estabilización Espinar del distrito de Puno es ineficiente

### **Hipótesis específicas**

- La concentración de los parámetros físico-químicos y microbiológicos en el afluente y efluente de la laguna de estabilización Espinar del distrito de Puno es alta
- Los parámetros físico químicos y microbiológicos del efluente de la laguna de estabilización Espinar del distrito de Puno, superan los LMP para aguas residuales
- El porcentaje de eficiencia de la laguna de estabilización Espinar del distrito de Puno es menor al 50%

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. ZONA DE ESTUDIO

Estudio desarrollado en la laguna de estabilización Espinar, situada en el distrito de Puno, específicamente en el sector sur de la ciudad. Esta se encuentra comprendida entre la isla El Espinar y el barrio Chanu Chanu. Asimismo, el área de estudio presenta límites al norte y al sur con la bahía interior de Puno, y al oeste con la isla Espinar. cuyas coordenadas de ubicación son  $15^{\circ}51'05''S$  y  $70^{\circ}00'24''W$ , con una altitud de 3810 m.s.n.m, cuyas coordenadas del punto de aterrizaje son: 488137 E y 8202306 N, a una altitud de 3841 m.s.n.m.



**Figura 01:** Ubicación de la Laguna de estabilización Espinar - Puno

## **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.2.1. POBLACIÓN**

Las aguas residuales de la Laguna de Estabilización Espinar del distrito de Puno

### **3.2.2. MUESTRA**

Estuvo constituida por el efluente de la laguna de estabilización Espinar. Para ello, se recolectó una muestra del afluente y otra del efluente de la laguna en dos diferentes fechas en horarios parecidos, siguiendo lo establecido en el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de Efluentes de PTAR. Posteriormente, dichas muestras fueron analizadas en laboratorio.

## **3.3. MÉTODO Y TÉCNICAS**

### **3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN:**

El presente trabajo es no experimental, ya que el estudio se basó en la toma de datos de los fenómenos ocurridos sin manipular las variables de estudio.

### 3.3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:

El estudio se enmarca en un diseño descriptivo simple, ya que la recolección de muestras se realizó sin intervenir ni modificar sus propiedades naturales. En este sentido, los análisis de laboratorio permitieron obtener una representación fiel de las características fisicoquímicas y biológicas del recurso hídrico en el momento en que fue evaluado, tal como se encontraba durante el desarrollo de la investigación (Hernández et al., 2014).

Esquema:

**M - O**

Donde:

M: Muestra de estudio

O: Resultados de los análisis de laboratorio

### 3.3.3. MATERIALES

- Fichas de campo
- Frascos con su respectiva etiqueta
- Cadena de custodia
- Mascarillas
- Guantes quirúrgicos
- Cinta masking tape
- Cooler térmico
- Lapicero

### 3.3.4. EQUIPOS

- GPS
- Multiparámetro
- Cámara digital

### 3.3.5. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

Se aplicaron diversos métodos con el fin de evaluar la eficiencia de las lagunas, los cuales fueron reforzados mediante análisis de laboratorio orientados a cuantificar las concentraciones de los parámetros en la fase previa y posterior al proceso.

### 3.3.6. INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

- Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, donde se establece “Aprueba Límites máximos permisibles para los efluentes de Plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales”

- Protocolo establecido por la Autoridad Nacional del Agua

ANALIZAR LOS PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AFLUENTE Y EFLUENTE DE LA LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN ESPINAR DEL DISTRITO DE PUNO.

a) Reconocimiento del lugar

En principio se exploró el área donde proceden las muestras de agua residual, después se realizó el reconocimiento de los diferentes lugares de descarga entrada y descarga de agua residual.

b) Ubicación de los puntos de muestreo y toma de muestras

Después del reconocimiento de las diferentes zonas de ingreso de agua residual, con ayuda de GPS se ubicó las coordenadas de cada punto de muestreo; así también, se determinó los puntos a estudiar en el afluente y efluente de la Laguna de Estabilización Espinar Puno. Se procedió a tomar las muestras en el afluente y efluente en las dos fechas de monitoreo, en donde se estudió los parámetros de pH, temperatura, aceites y grasas, Sólidos totales suspendidos, DBO5, DQO, coliformes termotolerantes.

c) Preservación de muestras

En la toma de muestras se tuvo en cuenta los siguientes criterios:

**Tabla 01:** Requisitos para la recolección de muestras de aguas residuales y preservación de las muestras.

<b>Determinación/ Parámetro</b>	<b>Recipiente</b>	<b>Volumen mínimo de muestra</b>	<b>Preservación y concentración</b>	<b>Tiempo máximo de duración</b>
<b>Fisicoquímico</b>				
Temperatura	P, V	1000 mL	No	15 min
pH		50 mL	No	15 min
DBO5	P, V	100 mL	Refrigerar a 4° C	48 días
DQO	P, V	100 mL	Analizar lo más pronto posible, o agregar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> pH<2; refrigerar a 4°C	28 días
Aceites y grasas	V, ámbar boca ancha calibrado	1000 mL	Agregar HCl hasta pH<2, refrigerar a 4°C	28 días
SST	P, V	100 mL	Refrigerar a 4°C	7 días
<b>Microbiológico</b>				
Coliformes termotolerantes	V, esterilizado	250 mL	Refrigerar a 4°C	7 días

d) Análisis de laboratorio

Después de la toma de muestras, inmediatamente se llevaron al laboratorio de Análisis Químico Ambiental LAQUAMEQ para el análisis de las muestras.

Fuente: (MVCS, 2014)

COMPARAR LOS PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICOS CON LOS LMP PARA LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL EFLUENTE DE LA LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN ESPINAR DEL DISTRITO DE PUNO

Después de la obtención de los resultados de acuerdo a los plazos establecidos, se procedió a comparar los resultados que se obtuvo en el muestreo del efluente con los LMP para vertidos a cuerpos de agua, los indicados en la siguiente tabla:

**Tabla 02:** Valores de los LMP según D.S. N° 003-2010-MINAM

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUA
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes termotolerantes	NMP/100	10.000
DBO	mg/L	100
DQO	mg/L	200
pH	Unidad	6.5 - 8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	C°	<35

Fuente: (MINAM, 2010)

DETERMINAR EL PORCENTAJE DE EFICIENCIA DE LA LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN ESPINAR DEL DISTRITO DE PUNO

Para el cumplimiento del objetivo planteado, se realizó un balance de la calidad del agua residual, tanto cruda como tratada, lo que permitió determinar la eficiencia de la laguna de estabilización Espinar en porcentaje. Para ello, se utilizaron los datos previamente analizados del afluente y efluente, los cuales fueron incorporados en la ecuación correspondiente:

$$E = (S_o - S) / S_o \times 100$$

Donde:

S<sub>o</sub>: Carga contaminante de entrada

S: Carga contaminante de salida

E: Eficiencia del sistema o componente

### **3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES**

- Variable Independiente

Eficiencia de la laguna de Estabilización Espinar

- Variable Dependiente

Aguas residuales

**Tabla 03:** Variables de estudio

<b>Variables</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Escala de medición</b>
Variable independiente: Eficiencia de la laguna de estabilización Espinar	Remoción de parámetros físico y microbiológicos	Físicos Químicos Microbiológicos	Porcentaje Porcentaje Porcentaje
Variable dependiente: Aguas residuales	Parámetros físico y químicos	pH SST Aceites y grasas DBO5 DQO	Unidad mL/L mg/L mg/L mg/L
	Parámetros microbiológicos	Coliformes termotolerantes	NMP/100mL

### 3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

Se aplicó estadística inferencial para la contrastación de las hipótesis planteadas en la investigación, mediante el uso de la prueba t de Student de bondad de ajuste, con un 95% de nivel de confianza

## CAPÍTULO IV

### EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

#### **4.1. ANALIZAR LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AFLUENTE Y EFLUENTE DE LA LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN ESPINAR DEL DISTRITO DE PUNO**

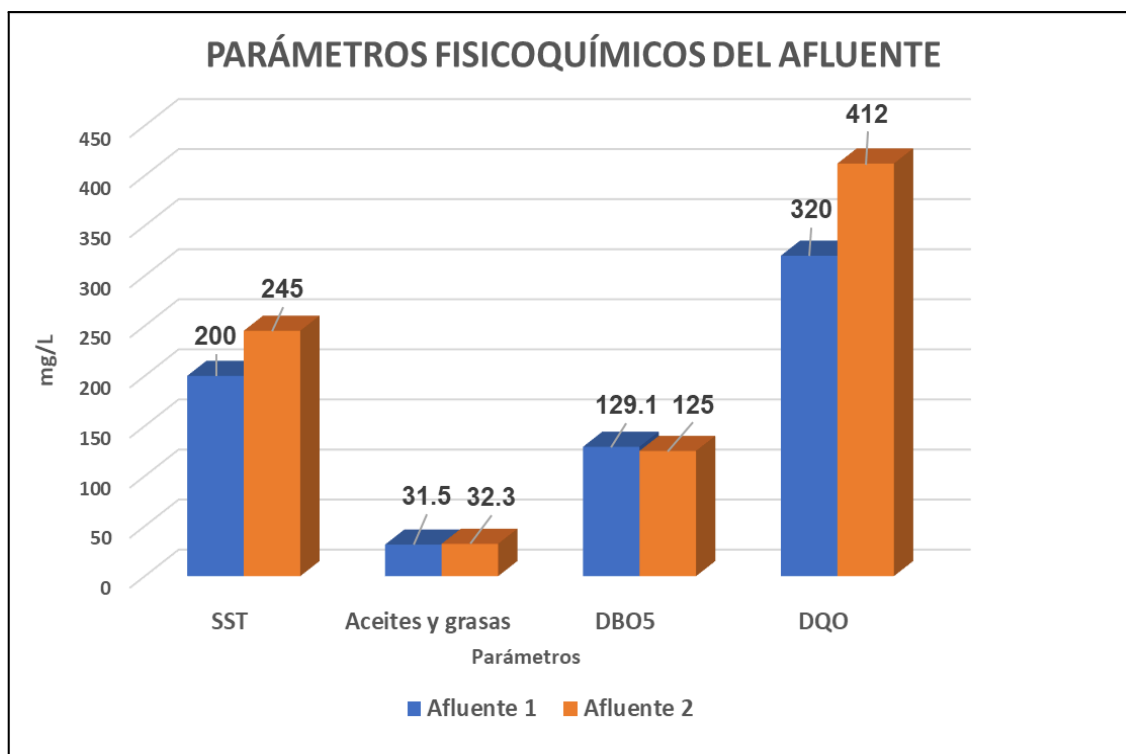
Para el objetivo planteado, se analizó distintos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el efluente y afluente de la laguna estabilización Espinar, los cuales se muestran en la tabla 4 y 5

##### **a) Concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el afluente de la laguna de estabilización Espinar**

En la tabla 4, se aprecia los resultados estudiados en dos fechas diferentes, en donde el primer punto de muestra presentó una temperatura de 16.5 y 16.1, para pH 8.2 y 8.3, SST 200.0 y 245 mg/l, aceites y grasas 31.5 y 32.3, en DBO5 129.1 y 125 mg/l, en DQO 320.0 y 412.0 mg/l y coliformes termotolerantes  $4.6 * 10^7$  y  $9.3 * 10^6$  NMP/100 ml.

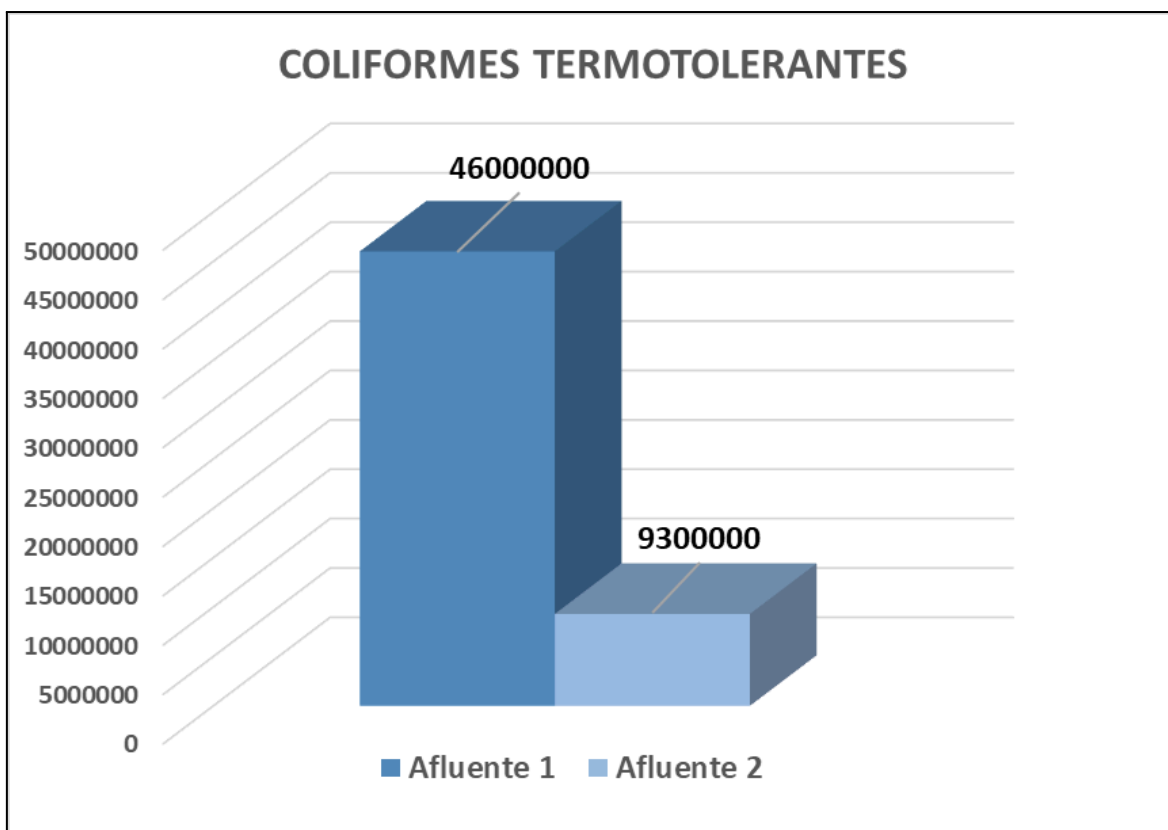
**Tabla 04:** Concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el afluente de la Laguna de Estabilización Espinar

N°	Parámetro	Unidad	Resultado	Resultado
			Afluente 1	Afluente 2
1	Temperatura	°C	16.5	16.1
2	pH	Und	8.2	8.3
3	SST	mg/L	200.0	245.0
4	Aceites y grasas	mg/L	31.5	32.3
5	DBO5	mg/L	129.1	125.0
6	DQO	mg/L	320.0	412.0
7	Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	4.6 * 10 <sup>7</sup>	9.3 * 10 <sup>6</sup>



**Figura 02:** Parámetros fisicoquímicos en el afluente de la laguna de estabilización Espinar

En la figura 02, se muestran los resultados de cada parámetro fisicoquímico en el afluente de la laguna de estabilización Espinar en las dos fechas de muestreo, en donde los SST presentaron un valor de 200.0 y 245.0 mg/l, aceites y grasas 31.5 y 32.3 mg/l, en DBO5 129.1 y 125.0 mg/l y en DQO 320.0 y 412.0 mg/l



**Figura 03:** Parámetro microbiológico en el afluente de la laguna de estabilización Espinar

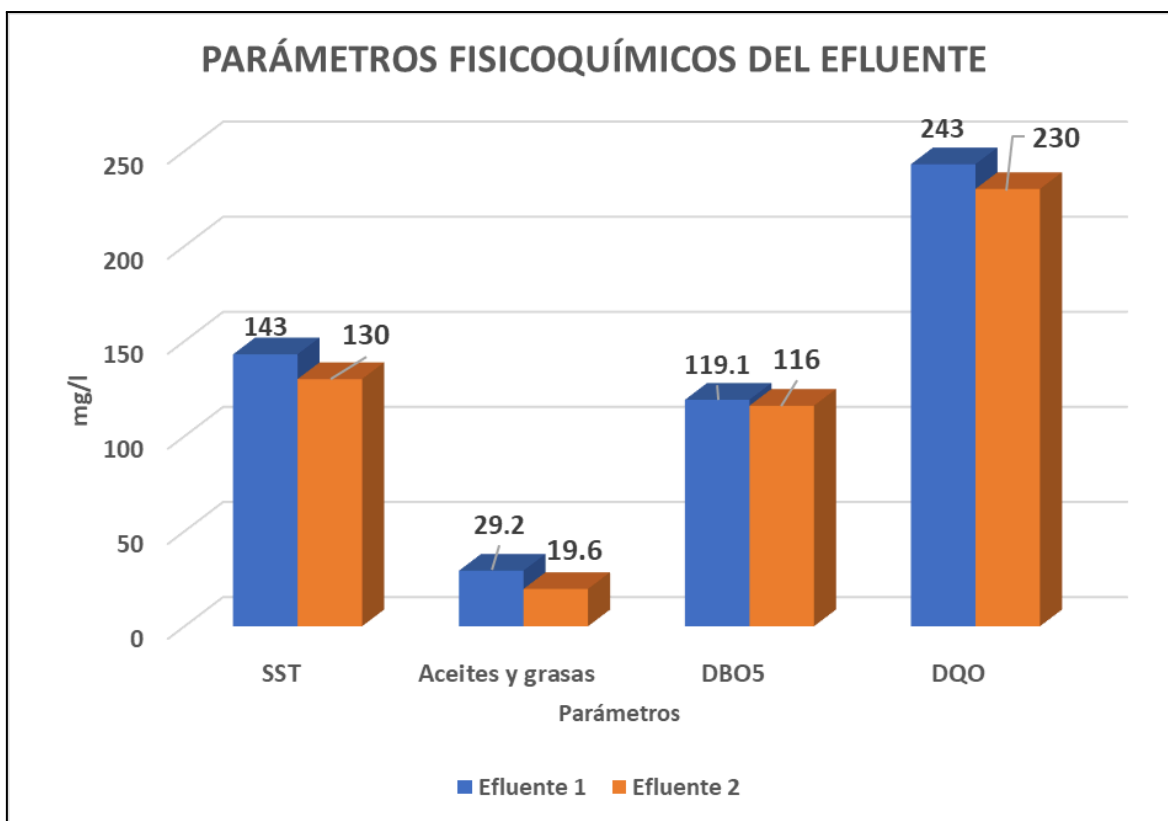
En la figura 03, se observa la concentración de coliformes termotolerantes en el afluente de la laguna de estabilización Espinar en las dos fechas de muestreo, en donde los coliformes termotolerantes dieron un resultado de  $4.6 \times 10^7$  y  $9.3 \times 10^6$  NMP/100 ml.

**b) Concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el efluente de la laguna de estabilización Espinar**

En la tabla 05, se puede ver los resultados del efluente en las dos diferentes fechas de muestreo, en el cual para Temperatura presentó 15.8 y 15.5, para pH 8.1 y 8.0, SST 143.0 mg/L y 130.0 mg/L, DBO5 119.1 mg/L y 116.0 mg/L, aceites y grasas 29.2 mg/L y 19.6 mg/L, DQO 243.0 mg/L y 230.0 mg/L y coliformes termotolerantes  $9.0 \times 10^5$  NMP/100ml y  $9.2 \times 10^5$  NMP/100ml.

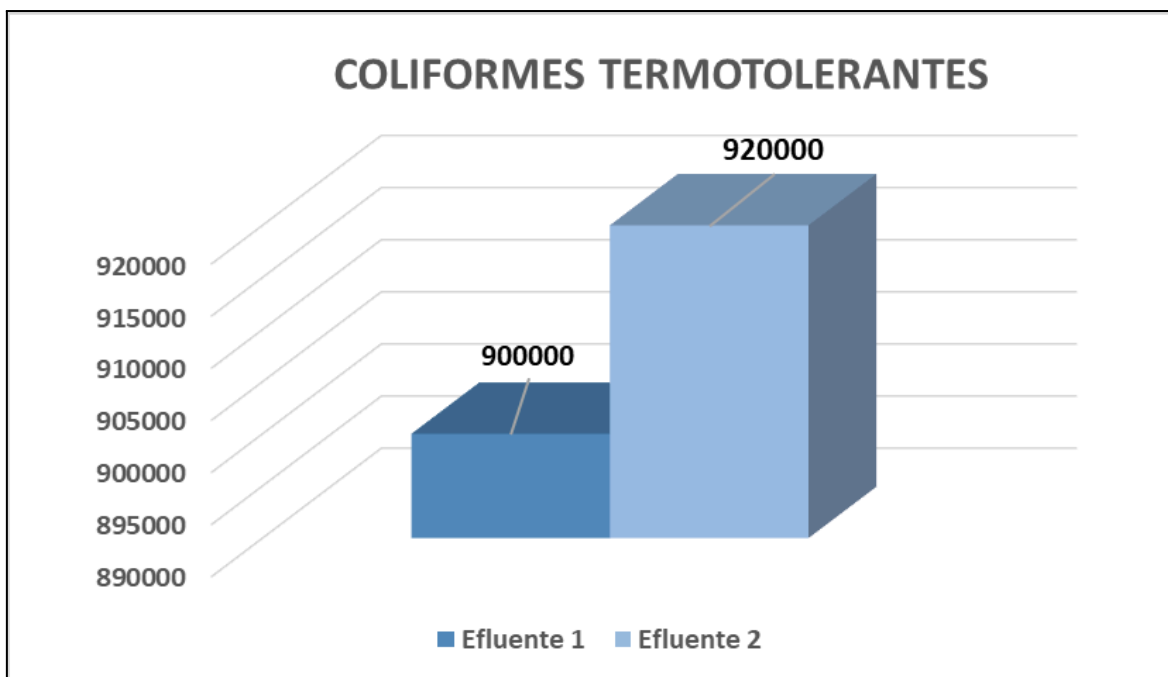
**Tabla 05:** Concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el efluente de la Laguna de Estabilización Espinar

N°	Parámetro	Unidad	Resultado	Resultado
			Efluente 1	Efluente 2
1	Temperatura	°C	15.8	15.5
2	pH	Und	8.1	8.0
3	SST	mg/L	143.0	130.0
4	Aceites y grasas	mg/L	29.2	19.6
5	DBO5	mg/L	119.1	116.0
6	DQO	mg/L	243.0	230.0
7	Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	9.0 * 10 <sup>5</sup>	9.2 * 10 <sup>5</sup>



**Figura 04:** Parámetros fisicoquímicos en el efluente de la laguna de estabilización Espinar

En la figura 04, se observa los resultados de cada parámetro fisicoquímico en el efluente de la laguna de estabilización Espinar en las dos diferentes fechas de muestreo, en donde los SST presentaron un valor de 143.0 y 130.0 mg/l, aceites y grasas 29.2 y 19.6 mg/l, DBO5 119.1 y 116.0 mg/l y DQO 243.0 y 230.0 mg/l



**Figura 05:** Parámetro microbiológico en el efluente de la laguna de estabilización Espinar

En la figura 05, se observa la concentración de coliformes termotolerantes en el efluente de la laguna de estabilización Espinar en las dos diferentes fechas de muestreo, en donde los coliformes termotolerantes presentaron un resultado de  $9.0 \times 10^5$  y  $9.2 \times 10^5$

#### 4.2. COMPARAR LOS PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICOS CON LOS LMP PARA LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL EFLUENTE DE LA LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN ESPINAR DEL DISTRITO DE PUNO

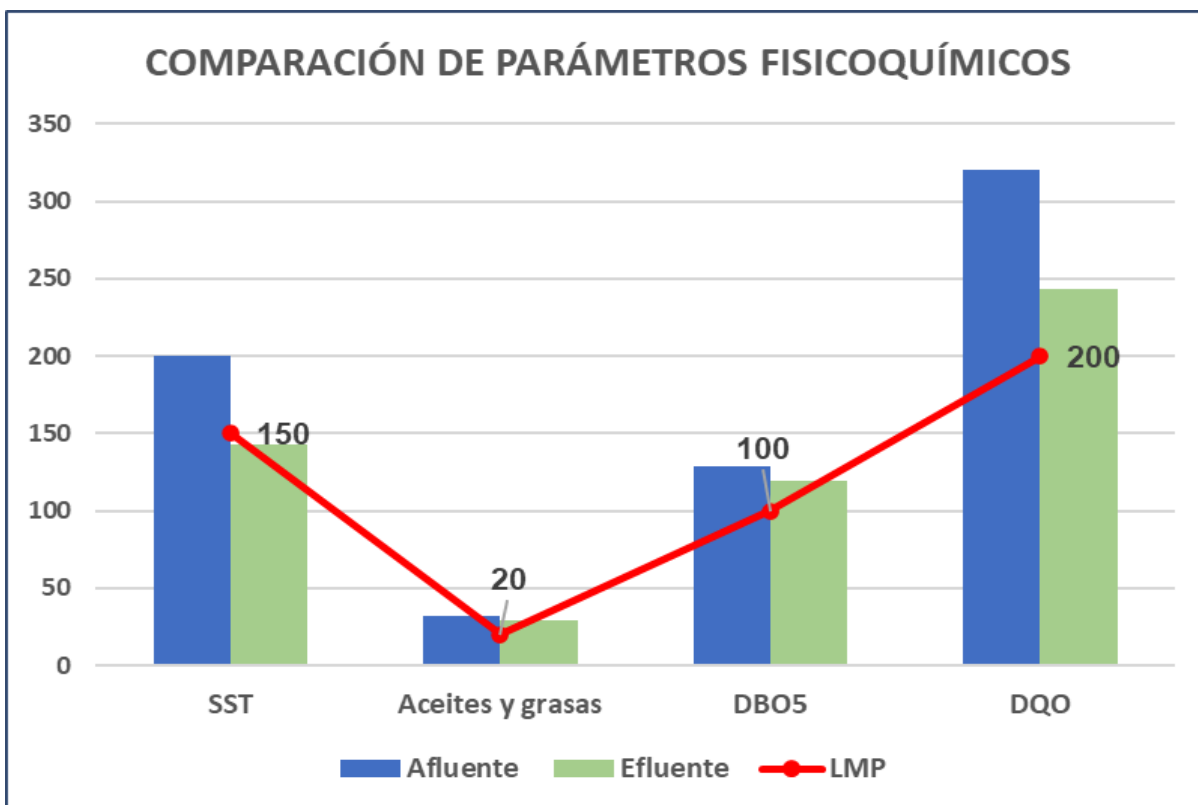
##### a) Primer fecha de monitoreo

En la tabla 6, se muestra las concentraciones del afluente y efluente de la primera fecha del monitoreo, en donde la temperatura mostró un resultado de 16.5 para afluente y 15.8 para el efluente, el pH presentó un 8.2 para afluente y 8.1, sólidos totales en suspensión en el afluente con 200.0 y 143 el efluente, aceites y grasas en el afluente 31.5 y 29.2 para el efluente, DBO5 en el afluente 129.1 y 119.1 en el efluente, DQO en el afluente 320.0 y 243 en el efluente y coliformes termotolerantes en el afluente 4600000 NMP/100ml y efluente con 900000 NMP/100ml. Los resultados a simple vista nos indican que los

parámetros pH, DBO5, DQO, Aceites y grasas y Coliformes termotolerantes excedan los valores de los LMP.

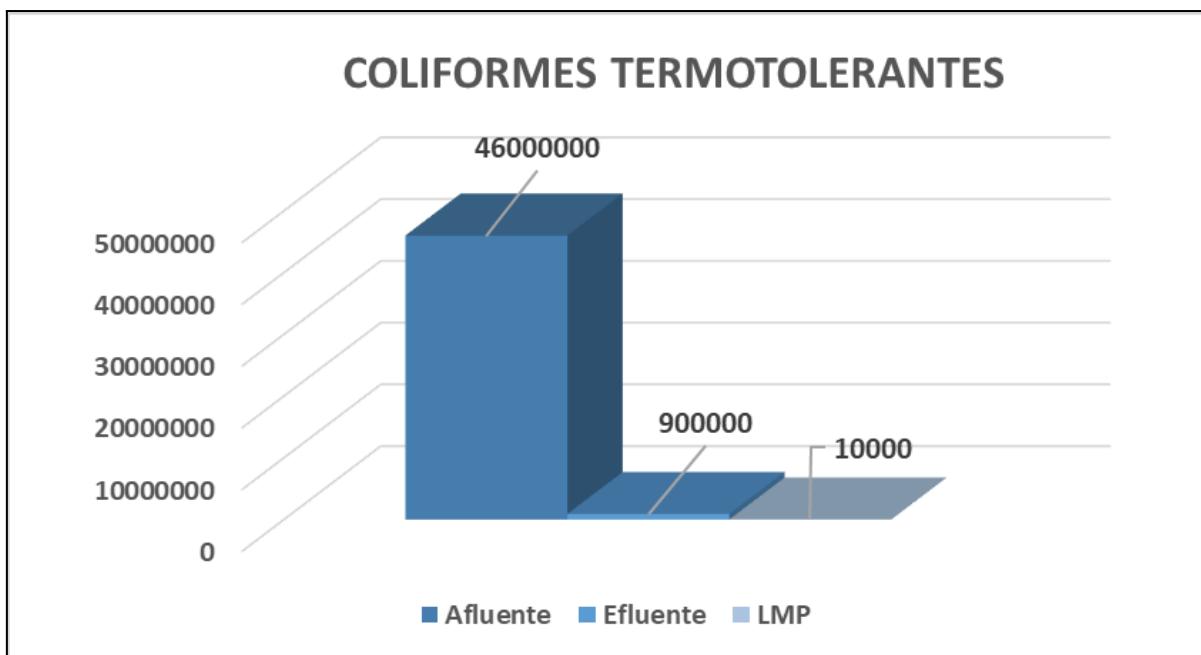
**Tabla 06:** Características físicoquímicos y microbiológicos del primer monitoreo en la Laguna de Estabilización Espinar

N°	Parámetro	Unidad	Resultado	Resultado	LMP
			Afluente 1	Efluente 1	
1	Temperatura	°C	16.5	15.8	<35
2	pH	Und	8.2	8.1	6.5 - 8.5
3	SST	mg/L	200.0	143.0	150
4	Aceites y grasas	mg/L	31.5	29.2	20
5	DBO5	mg/L	129.1	119.1	100
6	DQO	mg/L	320.0	243.0	200
7	Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	4.6 * 10 <sup>7</sup>	9.0 * 10 <sup>5</sup>	10000



**Figura 06:** Comparación de los parámetros físicoquímicos con los LMP

En la figura 06, según la comparación de los resultados obtenidos con los LMP, muestra que el único parámetro que cumple con los estándares son los SST del efluente de la laguna de estabilización Espinar, a diferencia de Aceites y grasas que se encuentra por encima de los 20 mg/L, así mismo el parámetro DBO5 que sobrepasó los 100 mg/L y DQO que excedió los 200 mg/L en el afluyente y efluente la laguna de estabilización Espinar. Teniendo en cuenta dicha comparación, el efluente de la laguna no se encontraría apto para su vertimiento hacia el cuerpo receptor ya que exceden los LMP, evidenciando una semejanza con los resultados del estudio de Davila (2023) donde los resultados mostraron que los parámetros de DBO5, DQO, SST y aceites y grasas no cumplían los Límites máximos permisibles para vertimientos de aguas en fuentes receptoras. Asimismo, Moreno (2023) coincide mediante su investigación en las lagunas de estabilización “Las Gaviotas”, en el cual el efluente presenta altos niveles de contaminación en los parámetros DQO, OD, PO4, DBO5 y SDT,



**Figura 07:** Comparación de los coliformes termotolerantes con los LMP

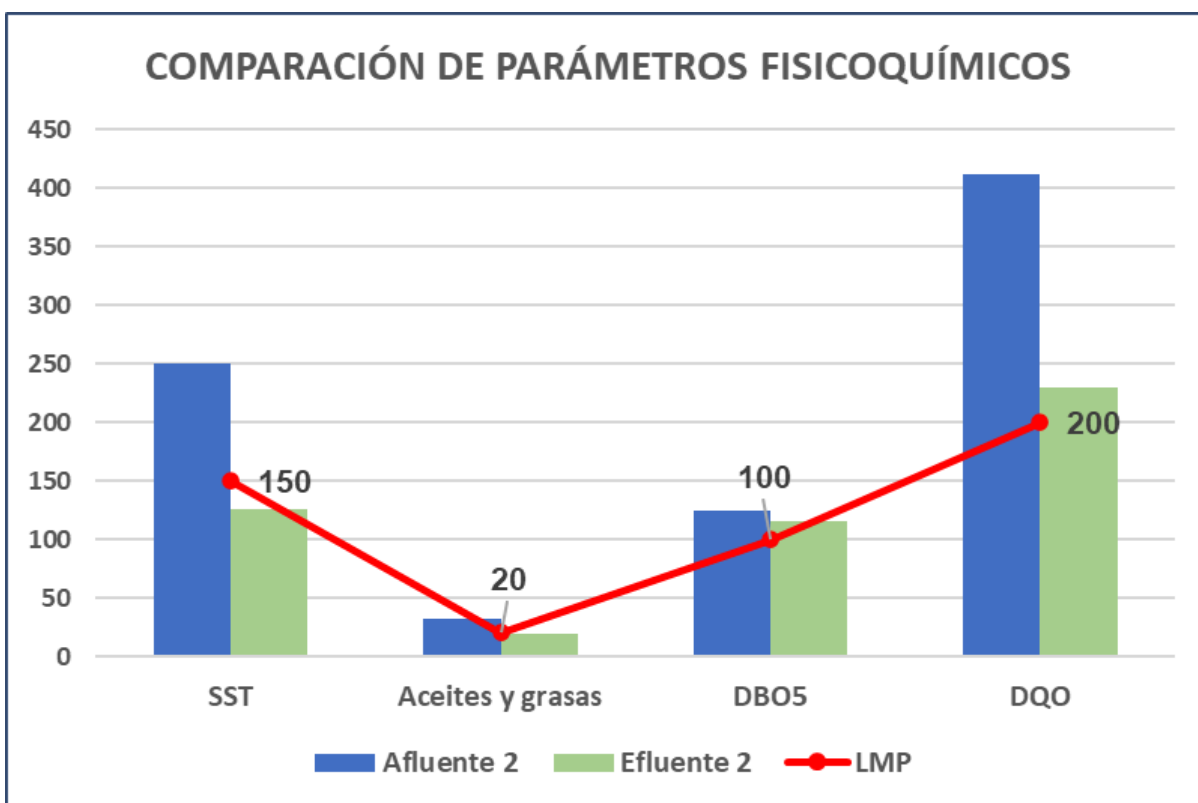
En la figura 07, se puede observar una notable diferencia entre los valores del afluente con el efluente de la laguna de estabilización Espinar, sin embargo ninguno de los dos valores estudiados cumplen con los LMP establecidos. Los presentes resultados guardan relación con el estudio de (Fragoso et al., 2021), en dicho estudio se determina que las concentraciones de coliformes termotolerantes registradas en el PTAR Salguero no se ajustan a los límites establecidos por la normativa nacional ni por los estándares internacionales aplicables al vertimiento de aguas residuales; de igual manera Zenon (2022) en su investigación de calidad de agua de la laguna de estabilización Espinar en el año 2021, los resultados del análisis del efluente indicaron 700000 NMP/100mL para dicho parámetro, por lo que nos indica que después de 4 años aumentó el valor de dicho parámetro, esto se podría deber al aumento de población a lo largo de los años en la ciudad de Puno, en donde este sistema de tratamiento de aguas residuales sobrepasó su capacidad máxima, por tal razón, bajo las condiciones actuales no es recomendable el vertimiento del efluente con las características mencionadas.

### b) Segundo Punto de Muestreo

En la tabla 7 se muestra las diferentes concentraciones del afluente y efluente en la segunda fecha de monitoreo, para sólidos totales en suspensión el valor encontrado fue de 245 mg/L en el afluente y 130 mg/L en el efluente, para aceites y grasas 32.3 mg/L y 19.6 mg/L, DBO5 presentó un valor de 125.0 mg/L y 116.0 mg/L, DQO con 412.0 mg/L y 230 mg/L, coliformes termotolerantes presentaron 9300000 NMP/100ml y 920000 NMP/100ml. Estos resultados indican que los valores del efluente de DBO5, DQO y coliformes termotolerantes sobrepasan LMP para aguas residuales.

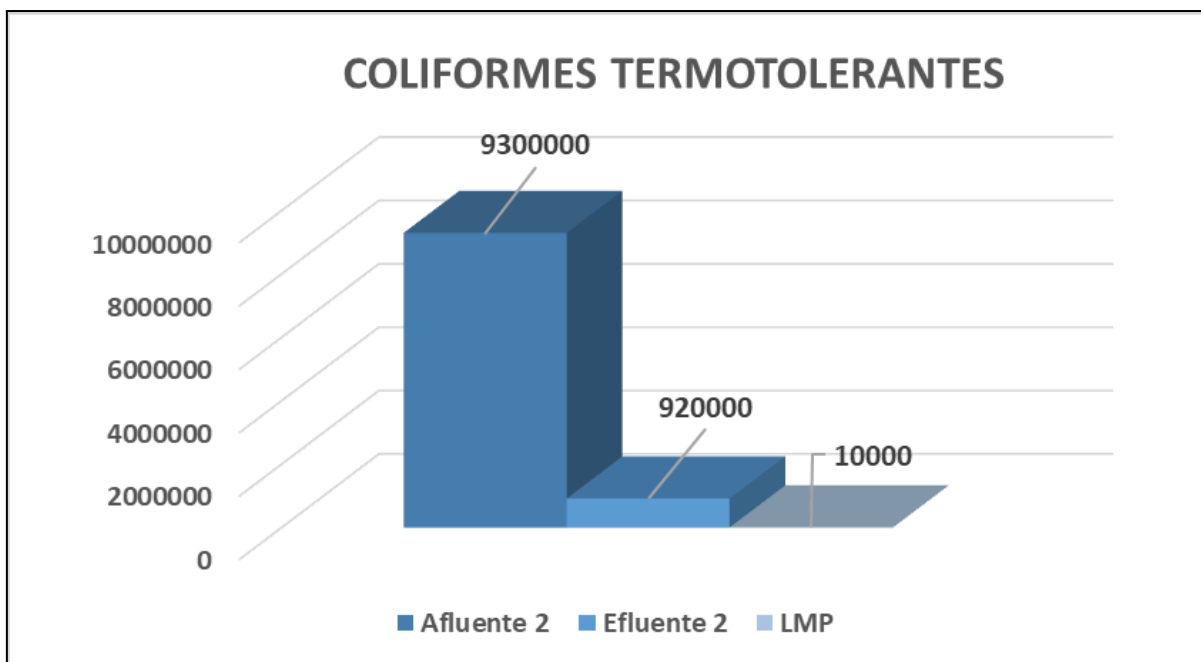
**Tabla 07:** Características fisicoquímicos y microbiológicos del segundo monitoreo en la Laguna de Estabilización Espinar

N°	Parámetro	Unidad	Resultado	Resultado	LMP
			Afluente 2	Efluente 2	
1	Temperatura	°C	16.1	15.5	<35
2	pH	Und	8.3	8.0	6.5 – 8.5
3	SST	mg/L	245	130	150
4	Aceites y grasas	mg/L	32.3	19.6	20
5	DBO5	mg/L	125.0	116.0	100
6	DQO	mg/L	412.0	230.0	200
7	Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	9.3 * 10 <sup>6</sup>	9.2 * 10 <sup>5</sup>	10000



**Figura 08:** Comparación de los parámetros fisicoquímicos con los LMP

En la figura 08, muestra que el segundo monitoreo los parámetros de SST y DQO presentaron una alta concentración en el afluyente, mostrando así una reducción en el efluente. Asimismo, los resultados de DBO5 en el efluente fue de 116 mg/L, en comparación con el estudio de (Campos & Castillo, 2021) que tuvo un resultado de 15 mg/L para DBO, el cual dicho valor se encuentra apto para su vertimiento



**Figura 09:** Comparación de los parámetros fisicoquímicos con los LMP

En la figura 09, los resultados muestran una reducción de los valores del afluente con el efluente, sin embargo estos no son aceptables para el vertimiento de aguas residuales ya que superan los Límites Máximos Permisibles.

#### **4.3. DETERMINAR EL PORCENTAJE DE EFICIENCIA DE LA LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN ESPINAR DEL DISTRITO DE PUNO**

En la tabla 8, se observa los porcentajes de eficiencia del primer y segundo muestreo de la laguna de estabilización, en donde los sólidos totales en suspensión para el primer muestreo fue de 28.5% y 46.93% para el segundo, en aceites y grasas con un 7.30% para el primer muestreo y para el segundo con un 39.31%, en DBO5 resultó 7.74% para el primer muestreo y 7.2% para el segundo, DQO tuvo un 24.06% para el primer muestreo y 44.17% para el segundo; por último, a pesar que el parámetro de coliformes termotolerantes presentó un alta eficiencia, los resultados de la concentración es mucho mayor a los valores establecidos en los LMP para aguas residuales.

**Tabla 08:** Eficiencia de los parámetros analizados

Parámetro	Unidad	EFICIENCIA		DEL	
		DEL	PRIMER		SEGUNDO
		MUESTREO (%)			MUESTREO (%)
SST	mL/L	28.5	46.93		
Aceites y grasas	mg/L	7.30	39.31		
DBO5	mg/L	7.74	7.2		
DQO	mg/L	24.06	44.17		
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	98.04	90.10		

En la tabla 08, se puede observar que se tuvo mayor porcentaje de eficiencia en la segunda fecha de muestreo, con 46.93% para sólidos totales en suspensión, 39.31% para aceites y grasas, 44.17% para DQO; sin embargo, aunque exista un notable porcentaje de eficiencia estos resultados no cumplen con los Límites máximos permisibles. Asimismo, el estudio de (Apaza, 2021) tuvo un porcentaje de eficiencia similar en sólidos totales en suspensión con un 34.02% y con un 34.32% de eficiencia para DQO; por el contrario, los parámetros de aceites y grasas presentaron 94.4%, evidenciado un alto porcentaje de eficiencia para este parámetro. Así también, se encontró semejanza con los resultados de (Davila, 2023) en el parámetro de coliformes termotolerantes, que presentó un 98.38% y 95.40% de eficiencia en sus dos muestreos. Al respecto (Zenon, 2022) indica en sus resultados que el 71.42% de los parámetros estudiados se encuentran por encima de lo recomendado, por esa razón, se vuelve necesario continuar con su proceso de tratamiento para que cumpla con los estándares de calidad establecidos antes de ser descargado en el lago Titicaca, el cual actúa como cuerpo receptor.

### Contrastación de hipótesis

**a. Hipótesis específica para Temperatura**

**Planteamiento:**

**Ha:** Existe diferencia estadísticamente significativa en el tratamiento de las aguas residuales de la laguna de estabilización Espinar de Puno para el parámetro de Temperatura en el 2025.

**H0:** No existe diferencia estadísticamente significativa en el tratamiento de las aguas residuales de la laguna de estabilización Espinar de Puno para el parámetro de Temperatura en el 2025.

**Tabla 09:** Análisis estadístico del parámetro de Temperatura

Parámetro	Media	Desviación n estándar	Media de error estándar	IC 95% Inferior	IC 95% Superior	t	gl	Sig. (bilateral)
T° inicial	-0.65	0.071	0.05	-1.29	-0.01	-13.0	1	0.049
T° final								

La prueba t de Student para muestras emparejadas mostró una diferencia estadísticamente significativa entre la eficiencia antes y después del proceso ( $t = -13.0$ ;  $gl = 1$ ;  $p = 0.049$ ). El intervalo de confianza estimado al 95% para la diferencia entre las medias no abarca el valor nulo (cero), lo cual respalda y confirma la existencia de una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos analizados. Por tal razón, hay evidencia estadística suficiente para afirmar que el tratamiento de las aguas residuales de la laguna de estabilización es eficiente en el parámetro de temperatura.

**b. Hipótesis específica para pH**

**Ha:** Existe diferencia estadísticamente significativa en el tratamiento de las aguas residuales de la laguna de estabilización Espinar de Puno para el parámetro de pH en el 2025.

**H0:** No existe diferencia estadísticamente significativa en el tratamiento de las aguas residuales de la laguna de estabilización Espinar de Puno para el parámetro de pH en el

2025.

**Tabla 10:** Análisis estadístico del parámetro de pH

Parámetro	Media	Desviación n estándar	Media de error estándar	IC 95% Inferior	IC 95% Superior	t	gl	Sig. (bilate ral)
pH inicial -	-0.10	0.00	0.00	-0.10	-0.10	-	1	-
pH final								

En el análisis de la eficiencia antes y después del proceso, se evaluó inicialmente la aplicación de la prueba t de Student para muestras emparejadas. Sin embargo, al calcular las diferencias entre ambas mediciones, se observó que estas fueron constantes en todas las observaciones, lo que generó una desviación estándar nula. En consecuencia, no fue posible calcular el estadístico t ni el valor p, debido a que la fórmula de la prueba requiere variabilidad en las diferencias, por tal razón, se asume la hipótesis nula, concluyendo que no se evidencian diferencias estadísticamente significativas en el tratamiento de las aguas residuales de la laguna de estabilización Espinar de Puno respecto al parámetro de pH durante el año 2025.

**c. Hipótesis específica para Sólidos Totales en Suspensión**

**Ha:** Existe diferencia estadísticamente significativa en el tratamiento de las aguas residuales de la laguna de estabilización Espinar de Puno para el parámetro de SST en el 2025.

**H0:** No existe diferencia estadísticamente significativa en el tratamiento de las aguas residuales de la laguna de estabilización Espinar de Puno para el parámetro de SST en el 2025.

**Tabla 11:** Análisis estadístico del parámetro de SST

Parámetro	Media	Desviación n estándar	Media de error estándar	IC 95% Inferior	IC 95% Superior	t	gl	Sig. (bilate ral)
SST inicial	86.00	41.00	29.00	-282.4	454.47	2.97	1	0.21
- SST final				7				

Con el objetivo de evaluar si existían diferencias significativas en la eficiencia antes y después del proceso evaluado, se aplicó la prueba t de Student para muestras emparejadas, dado que las mediciones corresponden a las mismas unidades experimentales en dos momentos distintos. El análisis inferencial arrojó un estadístico  $t = 2.97$ , con 1 grado de libertad, y una significancia bilateral de 0.21, lo que indica que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las eficiencias antes y después del proceso evaluado ( $p > 0.05$ ). Por esa razón, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula.

**d. Hipótesis específica para Aceites y grasas**

**Ha:** Existe diferencia estadísticamente significativa en el tratamiento de las aguas residuales de la laguna de estabilización Espinar de Puno para el parámetro de aceites y grasas en el 2025.

**H0:** No existe diferencia estadísticamente significativa en el tratamiento de las aguas residuales de la laguna de estabilización Espinar de Puno para el parámetro de aceites y grasas en el 2025.

**Tabla 12:** Análisis estadístico del parámetro de Aceites y grasas

Parámetro	Media	n	Desviación estándar	Media de error estándar	IC 95% Inferior	IC 95% Superior	t	gl	Sig. (bilateral)
Aceites y grasas inicial	7.50	2	7.35	5.20	-58.50	73.50	1.44	1	0.39
Aceites y grasas final	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Los resultados obtenidos indican que, aunque se observa una disminución de la eficiencia después del proceso, dicha variación no es estadísticamente significativa, de acuerdo con la prueba t de Student ( $p = 0.39 > 0.05$ ). Esto sugiere que, bajo las condiciones del presente estudio, el proceso evaluado no generó un cambio estadísticamente comprobable en la eficiencia. El amplio intervalo de confianza obtenido refleja una elevada incertidumbre en la estimación de la diferencia de medias, lo cual se asocia principalmente al tamaño de muestra reducido ( $n = 2$ ). Este factor limita considerablemente la potencia estadística del análisis, reduciendo la capacidad de detectar diferencias reales entre las condiciones evaluadas. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula ya que no existe diferencia estadísticamente significativa en el tratamiento de las aguas residuales de la laguna de estabilización Espinar para el parámetro de aceites y grasas en el 2025.

**e. Hipótesis específica para DBO5**

**Ha:** Existe diferencia estadísticamente significativa en el tratamiento de las aguas residuales de la laguna de estabilización Espinar de Puno para el parámetro de DBO5 en el 2025.

**H0:** No existe diferencia estadísticamente significativa en el tratamiento de las aguas residuales de la laguna de estabilización Espinar de Puno para el parámetro de DBO5 en el 2025.

**Tabla 13:** Análisis estadístico del parámetro de DBO5

Parámetro	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	IC 95% Inferior	IC 95% Superior	t	gl	Sig. (bilateral)
DBO5 inicial	9.50	0.71	0.50	3.15	15.85	19.0	1	0.034
- DBO5 final						0		

En la tabla 13, también se aplicó la prueba t de Student para muestras emparejadas, dado que las mediciones corresponden a las mismas unidades experimentales evaluadas en dos momentos distintos. El intervalo de confianza al 95 % para la diferencia de medias se ubicó entre 3.15 y 15.85, lo cual indica que la diferencia observada es consistentemente positiva. El estadístico de prueba obtenido fue  $t = 19.00$ , con 1 grado de libertad, y una significancia bilateral de 0.034, valor inferior al nivel de significancia establecido ( $\alpha = 0.05$ ). En consecuencia, se evidenció una diferencia estadísticamente significativa entre la eficiencia registrada antes y después del proceso evaluado; por ello, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

#### f. Hipótesis específica para DQO

**Ha:** Existe diferencia estadísticamente significativa en el tratamiento de las aguas residuales de la laguna de estabilización Espinar de Puno para el parámetro de DQO en el 2025.

**H0:** No existe diferencia estadísticamente significativa en el tratamiento de las aguas residuales de la laguna de estabilización Espinar de Puno para el parámetro de DQO en el 2025.

**Tabla 14:** Análisis estadístico del parámetro de DQO

Parámetro	Desviación	Media de	IC 95%	IC 95%	t	gl	Sig.	
	n	error	Inferior	Superior			(bilate	
	estándar	estándar					ral)	
DQO inicial	129.5	74.27	52.50	-537.5	796.57	2.47	1	0.25
- DQO final	0			7				

Los resultados obtenidos indican que, aunque se observa una reducción en los valores de eficiencia de remoción de contaminación después del proceso, dicha disminución no es estadísticamente significativa, según la prueba t de Student para muestras emparejadas. El intervalo de confianza al 95 % para la diferencia de medias se ubicó entre -537.57 y 796.57, lo que evidencia una alta variabilidad en los resultados. El estadístico de prueba obtenido fue  $t = 2.47$ , con 1 grado de libertad, y una significancia bilateral de 0.25, valor superior al nivel de significancia establecido ( $\alpha = 0.05$ ). En consecuencia, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la eficiencia de remoción de contaminación antes y después del proceso evaluado, por tal se acepta la hipótesis nula.

#### g. Hipótesis específicas para Coliformes Termotolerantes

**Ha:** Existe diferencia estadísticamente significativa en el tratamiento de las aguas residuales de la laguna de estabilización Espinar de Puno para el parámetro de Coliformes termotolerantes en el 2025.

**H0:** No existe diferencia estadísticamente significativa en el tratamiento de las aguas residuales de la laguna de estabilización Espinar de Puno para el parámetro de Coliformes termotolerantes en el 2025.

**Tabla 15:** Análisis estadístico del parámetro de Coliformes termotolerantes

<b>Parámetro</b>	<b>Media</b>	<b>n</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Media de error estándar</b>	<b>IC 95% Inferior</b>	<b>IC 95% Superior</b>	<b>t</b>	<b>gl</b>	<b>Sig. (bilateral)</b>
Coliformes	6 040	3	3 040 000	2 340	-23	35 780	2.58	1	0.24
T. inicial	-	000		000	700	000			
Coliformes					000				
T. final									

Los resultados obtenidos indican que, si bien se observa una reducción considerable en los valores de contaminación después del proceso, dicha variación no resulta estadísticamente significativa, de acuerdo con la prueba t de Student para muestras emparejadas ( $p = 0.24 > 0.05$ ). Esto sugiere que, bajo las condiciones evaluadas, el proceso no produjo un efecto estadísticamente comprobable en la eficiencia de remoción de contaminación. El amplio intervalo de confianza obtenido refleja una elevada incertidumbre en la estimación de la diferencia de medias, lo cual se encuentra estrechamente relacionado con el tamaño de muestra. Por tal razón, se mantiene la hipótesis nula, estableciéndose que no se evidencia una diferencia estadísticamente significativa en el tratamiento de las aguas residuales de la laguna de estabilización Espina en relación con el parámetro de coliformes termotolerantes durante el año 2025

## CONCLUSIONES

PRIMERO. En la evaluación sobre la eficiencia de la Laguna de Estabilización Espinar del distrito de Puno, dió como resultado en el primer monitoreo realizado un porcentaje de eficiencia del 33.12% y en el segundo monitoreo se encontró una eficiencia de 45.54% esto demuestra que la Laguna de Estabilización Espinar al año 2025 presenta un bajo porcentaje de eficiencia.

SEGUNDO. El análisis de los parámetros físico químicos y microbiológicos del afluente y efluente de la Laguna de Estabilización Espinar mediante pruebas de laboratorio, demostró elevadas concentraciones en el ingreso y salida de aguas residuales en parámetros como SST, DBO<sub>5</sub>, DQO, aceites y grasas y coliformes termotolerantes.

TERCERO. La comparación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados con los Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales en la Laguna de Estabilización Espinar mostró que la DBO<sub>5</sub>, la DQO, los aceites y grasas, así como los coliformes termotolerantes, superan los valores establecidos por la normativa vigente, aun cuando se evidenció una reducción importante en sus concentraciones dentro del efluente tratado.

CUARTO. El porcentaje de eficiencia de la laguna de estabilización Espinar - Puno en la disminución de los parámetros fisicoquímicos estudiados indica que los Sólidos totales en suspensión poseen una eficiencia de 46.93%, aceites y grasas con un 39.31%, DBO<sub>5</sub> 7.2%, DQO 44.17% y coliformes termotolerantes con un 90.10% de eficiencia.

## RECOMENDACIONES

PRIMERO. A las organismos competentes encargadas del funcionamiento de la Laguna de estabilización Espinar, mejorar su mantenimiento para que se incremente la eficiencia de este sistema de tratamiento.

SEGUNDO. A las autoridades municipales, realizar más sensibilizaciones a la población incidiendo en la optimización del recurso hídrico, las consecuencias de hacer un uso indiscriminado del agua y concientizar de un uso eficiente del agua.

TERCERO. A los habitantes de la ciudad de Puno implementar medidas orientadas a la disminución de la carga contaminante de las aguas de desecho, mediante la aplicación de buenas prácticas ambientales.

CUARTO. A las instituciones educativas y al personal docente se les sugiere promover la formación de futuras generaciones de ciudadanos responsables y conscientes del uso adecuado del agua, reconociendo que se trata de un recurso esencial para la vida humana y la conservación de la biodiversidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- Apaza, M. R. (2021). *Evaluación de la eficiencia de los tratamientos biológicos en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de San José provincia de Azángaro*. Universidad Nacional Del Altiplano.
- Auccatinco, R. (2021). *Evaluación de la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Cusipata, provincia Quispicanchi—Cusco* [Universidad Continental].  
file:///C:/Users/alvar/Downloads/IV\_FIN\_107\_TE\_Auccatinco\_Hirpahuanca\_2021%20(1).pdf
- Borbor y Macías, C. A. (2023). *Evaluación y estudio de la eficiencia del sistema de lagunas de estabilización regulado por la empresa pública municipal mancomunada AGUAPEN-EP de la comuna San Pablo del cantón Santa Elena* [Universidad Estatal Península de Santa Elena].  
<https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/0881886e-61fd-4e9f-8efc-e44984ef1cf8/content>
- Bustamante, T. A. (2017). *Eficiencia de las lagunas de estabilización en la mejora de la calidad del agua residual para uso agrícola, de la industria azucarera* [Universidad Cesar Vallejo].  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/32284/bustamante\\_t\\_a.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/32284/bustamante_t_a.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Campos, R. M., & Castillo, V. E. (2021). *Evaluación del agua tratada por la laguna de oxidación para su reutilización en el riego de sembríos, en el distrito de Chulucanas – Piura 2021*.
- Campoverde, N. O. (2019). *Tratamiento de aguas residuales de una empresa industrial de congelados*. Universidad de Piura.
- Castellanos, M. J. (2020). *Optimización del sistema de tratamiento de aguas residuales por las lagunas de oxidación/estabilización del sector mukuraya, provincia de moho, región de puno* [Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].

<https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/1aafae54-6639-4dc1-9ec7-07323eb50f24/content>

Davila, Y. (2023). *Eficiencia de la Laguna de oxidación para el tratamiento de aguas residuales del distrito de Juli, 2023* [Universidad Privada San Carlos].  
[https://repositorio.upsc.edu.pe/bitstream/handle/UPSC/889/Yaquelin\\_Veronica\\_DAVILA\\_HANCCO.pdf?sequence=1](https://repositorio.upsc.edu.pe/bitstream/handle/UPSC/889/Yaquelin_Veronica_DAVILA_HANCCO.pdf?sequence=1)

EMSA. (2023). *Memoria Anual—Empresa Municipal de Saneamiento Básico de Puno S.A.*  
[https://emsapuno.com.pe/downloads/TRANSPARENCIA/MEMORIA/MEMORIA\\_ANUAL\\_2023.pdf](https://emsapuno.com.pe/downloads/TRANSPARENCIA/MEMORIA/MEMORIA_ANUAL_2023.pdf)

Fragoso, C. P., Rubiano, L. A., & Kerguelen, J. J. (2021). *Análisis de variables físico-químicas en el proceso de remoción de coliformes en el sistema de lagunas de oxidación, Salguero, Valledupar.*  
[https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642021000100113](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642021000100113)

Garaycochea, M. A. (2020). *Remoción de la demanda química de oxígeno del agua residual del procesamiento del café mediante bioadsorbentes derivados de residuos agrícolas* [Universidad Científica del Sur].  
<https://hdl.handle.net/20.500.12805/1071>

García, R. Z. (2022). *Efecto del tratamiento contingente de coliformes termotolerantes en efluente de PTAR del Centro Poblado Huamanmarca—Huayucachi, Huancayo 2021* [Universidad Continental].  
<https://repositorio.continental.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/b5b1a92a-d964-4b13-bb58-5972ba12a43e/content>

Hernández, S. R., Fernández, C., & Baptista. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta ed.).

López, B. S. (2021). *Análisis de los parámetros físicoquímicos de las aguas residuales domésticas, generadas en la subestación eléctrica de cerromatoso localizada en*

- el municipio de montelíbano* [Universidad de Córdoba].  
<https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/91783778-e570-4b5f-9163-180a06498e3f/content>
- MINAET. (2010). *Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM | Ministerio del Ambiente*.
- Moncada, C. P. (2021). *Operación e impacto ambiental de la laguna de oxidación en el distrito de chilca-2017* [Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión].  
<https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/5422/TESIS%20MONCADA%20CUEVA%20%20PAUL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Moreno, C. (2023). *Evaluación y eficiencia de la calidad del agua de las lagunas de estabilización "Las Gaviotas" – Nuevo Chimbote (Áncash – Perú)* [Universidad Nacional del Santa].  
<https://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14278/4246/52724.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pacori, P. J. (2021). *Evaluación de la laguna de estabilización y propuesta de mitigación del impacto contaminante de las aguas residuales en Taraco – 2021* [Universidad Privada San Carlos]. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/351>
- Pérez, U. A. (2022). *Aguas residuales municipales y su reutilización para riego agrícola en Chile* [Universidad de Chile]. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/191803>
- Ramos, T. J. (2021). *Relación de los parámetros fisicoquímicos con la estructura de la comunidad fitoplanctónica de las aguas superficiales del desembarcadero pesquero del Puerto de Ilo, región Moquegua, 2021* [Universidad Continental].  
<https://repositorio.continental.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/554bfd77-f979-4935-a6e4-d7648ca1bf8a/content>
- Requena, M. D. (2023). *Evaluación de los riesgos ambientales de las lagunas facultativas de aguas residuales en el distrito de Santa Rosa de Ocopa-Concepción 2021* [Universidad Continental].  
<https://repositorio.continental.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/a6819f19-c718-44ec-a4c0-f19787f49e6f/content>

- Rodríguez, M. J., García, U. C., & Zafra, M. C. (2016). *Residuos hospitalarios: Indicadores de tasas de generación en Bogotá*.  
<https://rebiun.baratz.es/OpacDiscovery/public/catalog/detail/pdf?detailId=b2FpOmNlbGVicmF0aW9uOmVzLmJhcmF0ei5yZW4vMzk0OTk1NjE>
- Romero, H. P. (2020). *Influencia de microorganismos eficaces en la remoción de coliformes termotolerantes y demanda bioquímica de oxígeno de la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas del distrito de Quilcas, 2019*. Universidad Continental.
- Serrano, C. B., Herrera, M. G., & Jiménez, G. M. (2022). *Tratamiento de aguas para uso agropecuario, Orellana—Ecuador*.  
[file:///C:/Users/alvar/Downloads/Tratamiento\\_de\\_aguas\\_para\\_uso\\_agropecuario\\_Caso\\_Pr.pdf](file:///C:/Users/alvar/Downloads/Tratamiento_de_aguas_para_uso_agropecuario_Caso_Pr.pdf)
- Silva, J. (2004). *Influencia del riego con aguas residuales domésticas tratadas sobre el contenido de patógenos en un suelo cultivado con caña de azúcar*.
- Tirado, S. Z. (2022). *Porcentaje de remoción de indicadores patógenos en lagunas facultativas aireadas en función al tiempo de retención hidráulica en la planta de tratamiento de aguas residuales de Celendín*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Torres, G. A. (2021). *Evaluación y análisis de riesgos ambientales en las pozas de estabilización de aguas residuales San pablo—Sapallanga 2021* [Universidad Continental].  
[https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10090/1/IV\\_FIN\\_107\\_TE\\_Torres\\_Guerreo\\_2021.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10090/1/IV_FIN_107_TE_Torres_Guerreo_2021.pdf)
- Valdivieso, A. (2020). *Aguas pluviales*.  
<https://www.iagua.es/respuestas/que-son-aguas-pluviales>
- Zamora, D. P. (2021). *Evaluación del impacto del efluente de un Sistema de Lagunas de Estabilización Facultativa mediante parámetros físicos químicos y biológicos (microalgas betónicas) en un sector del río Cañas, Guanacaste, Costa Rica*. [Universidad Nacional].

<https://repositorio.una.ac.cr/server/api/core/bitstreams/f330baa9-7674-4315-8b34-01bf794fddac/content>

Zenon, T. C. (2022). *Evaluación de los Impactos Ambientales Generados por la Laguna de Estabilización Espinar* [Universidad Privada San Carlos].  
[https://repositorio.upsc.edu.pe/bitstream/handle/UPSC%20S.A.C./251/Carlos\\_Hugo\\_Zenon\\_TAPIA\\_HUACOTO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upsc.edu.pe/bitstream/handle/UPSC%20S.A.C./251/Carlos_Hugo_Zenon_TAPIA_HUACOTO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

## ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADOR	METODOLOGÍA
¿Cuál es la eficiencia de la laguna de estabilización Espinar para el tratamiento de aguas residuales?	Evaluar la eficiencia de la laguna de estabilización Espinar para el tratamiento de aguas residuales del distrito de Puno - 2025	El tratamiento de las aguas residuales de la Laguna de Estabilización Espinar del distrito de Puno es ineficiente	<b>Variable Independiente:</b> Eficiencia de las lagunas de estabilización	Remoción de parámetros físico químicos y microbiológicos	- Físicos - Químicos - Microbiológicos	Enfoque:  Tipo:  Diseño:  Población: La población será conformado por las aguas residuales de la Laguna de Estabilización Espinar del distrito de Puno

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADOR	METODOLOGÍA
						Muestra: Tipo de muestreo: Técnicas: Instrumentos: Diseño estadístico:

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADOR	METODOLOGÍA
¿Cuáles serán las concentraciones de los parámetros físico y químicos y microbiológicos del sistema de lagunas de estabilización Espinar del distrito de Puno?	Analizar los parámetros físico y químicos y microbiológicos de todo el sistema de lagunas de estabilización Espinar del distrito de Puno	La concentración de los parámetros físico-químicos y microbiológicos de todo el sistema de lagunas de estabilización Espinar del distrito de Puno es alta	<p><b>Variable</b></p> <p><b>Dependiente:</b></p> <p>Aguas residuales</p>	Parámetros físico químicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aceites y grasas</li> <li>- DB5</li> <li>- DQO</li> <li>- pH</li> <li>- Sólidos totales en suspensión.</li> </ul>	

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADOR	METODOLOGÍA
¿Los parámetros físico químicos y microbiológicos del efluente de la laguna de estabilización Espinar del distrito de Puno superarán los LMP para aguas residuales?	Comparar los parámetros físico químico y microbiológicos con los LMP para las plantas de tratamiento de aguas residuales del efluente de la Laguna de estabilización Espinar del distrito de Puno	Los parámetros físico químicos y microbiológicos del efluente de la laguna de estabilización Espinar del distrito de Puno, superan los LMP para aguas residuales		Parámetros microbiológicos	Coliformes termotolerantes	

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADOR	METODOLOGÍA
¿Cuánto es el porcentaje de eficiencia de la laguna de estabilización Espinar del distrito de Puno?	Determinar el porcentaje de eficiencia de la laguna de estabilización Espinar del distrito de Puno	El porcentaje de eficiencia de la laguna de estabilización Espinar del distrito de Puno es menor al 50%				

**Anexo 02:** Panel fotográfico



**Figura 10:** Recolección de muestras en la primera fecha de monitoreo



**Figura 11:** Evidencia fotográfica del primer fecha de monitoreo



**Figura 12:** Recolección de muestras en la segunda fecha de monitoreo



**Figura 13:** Rotulando y acondicionando los envases para la toma de muestras



**Figura 14:** Evidencia fotográfica de la segunda fecha de monitoreo

**Anexo 03:** Resultados de laboratorio del primer monitoreo realizado



**LAQUAMEQ E.I.R.L.**  
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AMBIENTAL

**INFORME DE RESULTADOS N°: LQ12725**

**DATOS DEL SERVICIO**

**Solicitante** : RINA FERNANDA ALVAREZ JOVE  
**Motivo** : EFICIENCIA DE LA LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN ESPINAR PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL DISTRITO DE PUNO – 2025.

**DATOS DEL SERVICIO**

**Producto** : Agua residual  
**Numero de muestras** : 02  
**Fecha de análisis** : 27/12/2025  
**Muestreado por** : El laboratorio

**Ubicación, fecha y hora de muestreo:**

Código	Distrito /Provincia/ Departamento	Ubicación	Fecha y hora de muestreo
P – 01	Puno /Puno/Puno	E: 392199 N: 8247261	26/12/2025 12:00
P – 04	Puno /Puno/Puno	E: 392939 N: 8247004	26/12/2025 14:35 p.m.

**METODO DE ENSAYO**

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO
1	Temperatura	°C	SM – 2250 B Método de laboratorio de campo
2	Potencial de hidrogeno	Unid. de pH	SM 4500 - H
3	Sólidos totales en suspensión	mg/L	SM 2540 G Método gravimétrico
4	Aceites y grasas	mg/L	Método Soxhlet
5	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	SM 5210 B Prueba de DBO de 5 días
6	Demanda química de oxígeno	mg/L	SM 5220 C Reflujo cerrado, método titulométrico
7	Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	SM 9221 B Técnicas estandarizadas de fermentación



Jr. Deústua N° 522 Barrio 28 de Julio. Puno – San Román – Juliaca  
www.laquameq.com – Cel. 920869679 - 979265920

Página 1 de 2



## LAQUAMEQ E.I.R.L.

LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AMBIENTAL

### DATOS DEL RESULTADO

Nº	PARÁMETRO	UNIDAD	P - 01	P - 04
1	Temperatura	°C	16.5	15.8
2	Potencial de hidrogeno	Unid. de pH	8.2	8.1
3	Sólidos totales en suspensión	mg/L	200.0	143.0
4	Aceites y grasas	mg/L	31.5	29.2
5	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	129.1	119.1
6	Demanda química de oxígeno	mg/L	320.0	243.0
7	Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	$4.6 \times 10^7$	$9.0 \times 10^5$

### OBSERVACIÓN

El presente informe de resultados es válido exclusivamente para la muestra que ha sido analizada.

FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME: 08/01/2026



LAQUAMEQ E.I.R.L.  
LABORATORIO Y EQUIPOS  
Ing. Karlyn Kelly Quispe Quispe  
CIP. 194084  
GERENTE

Jr. Deústua N° 522 Barrio 28 de Julio. Puno – San Román – Juliaca  
www.laquameq.com – Cel. 920869679 - 979265920

Página 2 de 2

**Anexo 04:** Resultados de laboratorio del segundo monitoreo realizado



**LAQUAMEQ E.I.R.L.**  
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AMBIENTAL

**INFORME DE RESULTADOS N°: LQ12732**

**DATOS DEL SERVICIO**

**Solicitante** : RINA FERNANDA ALVAREZ JOVE  
**Motivo** : EFICIENCIA DE LA LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN ESPINAR PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL DISTRITO DE PUNO – 2025.

**DATOS DEL SERVICIO**

**Producto** : Agua residual  
**Numero de muestras** : 02  
**Fecha de análisis** : 10/01/2026  
**Muestreado por** : El laboratorio

**Ubicación, fecha y hora de muestreo:**

Código	Distrito /Provincia/ Departamento	Ubicación	Fecha y hora de muestreo
P – 01	Puno /Puno/Puno	E: 392188 N: 8247270	10/01/2026 12:40
P – 04	Puno /Puno/Puno	E: 392927 N: 8247010	10/01/2026 15:38 p.m.

**METODO DE ENSAYO**

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO
1	Temperatura	°C	SM – 2250 B Método de laboratorio de campo
2	Potencial de hidrogeno	Unid. de pH	SM 4500 - H
3	Sólidos totales en suspensión	mg/L	SM 2540 G Método gravimétrico
4	Aceites y grasas	mg/L	Método Soxhlet
5	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	SM 5210 B Prueba de DBO de 5 días
6	Demanda química de oxígeno	mg/L	SM 5220 C Reflujo cerrado, método titulométrico
7	Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	SM 9221 B Técnicas estandarizadas de fermentación



Jr. Deústua N° 522 Barrio 28 de Julio. Puno – San Román – Juliaca  
www.laquameq.com – Cel. 920869679 - 979265920

Página 1 de 2



## LAQUAMEQ E.I.R.L.

LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AMBIENTAL

### DATOS DEL RESULTADO

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	P - 01	P - 04
1	Temperatura	°C	16.1	15.5
2	Potencial de hidrogeno	Unid. de pH	8.3	8.0
3	Sólidos totales en suspensión	mg/L	245.0	130.0
4	Aceites y grasas	mg/L	32.3	19.6
5	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	125	116.0
6	Demanda química de oxígeno	mg/L	412.0	230.0
7	Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	$9.3 * 10^5$	$9.2 * 10^5$

### OBSERVACIÓN

El presente informe de resultados es válido exclusivamente para la muestra que ha sido analizada.

FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME: 20/01/2026

  
**LAQUAMEQ E.I.R.L.**  
 LABORATORIO Y EQUIPOS  
 Ing. Karon Kelly Quispe Quispe  
 CIP. 194084  
 GERENTE

Jr. Deústua N° 522 Barrio 28 de Julio. Puno – San Román – Juliaca  
www.laquameq.com – Cel. 920869679 - 979265920

Página 2 de 2