



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“Tratamiento de lixiviados de residuos sólidos del relleno sanitario San José de Canay mediante el sistema de aireación, Cajamarca 2024”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autores:

Luz Elena Torres Perez

Henry Michel Vega Bazan

Asesor:

MSc. Janet Edith Gonzales Valdivia

Código ORCID: 0000-0002-4207-1320

Cajamarca - Perú

2024

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	FRANS ALLINSON LEIVA CABRERA
	Nombre y Apellidos
Jurado 2	KARINA MILAGROS ALVARADO PEREZ
	Nombre y Apellidos
Jurado 3	JANET EDITH GONZALES VALDIVIA
	Nombre y Apellidos

Informe de Similitud



Página 2 of 66 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trn:oid::1:3094337849




12% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 11%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Dedicatoria

Este título se lo dedico a Dios, quien me dio fortaleza hasta lograr concluir mi carrera, a mi mamita Flora, orgullosa de tenerte como mi madre y darme tu apoyo incondicional hasta alcanzar mis metas, a mi padre David, fuiste el mejor padre que todo hijo anhela tener, a pesar de nuestra distancia física, siento que siempre estás conmigo. A mis hermanos, a mi esposo Luis y a mis hijos; Leslie, Mariana y Fernando, que son mi motor y motivo para seguir luchando.

El presente título lo dedico primero a Dios, por estar siempre a mi lado, a mis padres por estar apoyándome siempre en las buenas y malas, a mi pareja por el apoyo incondicional, a mis hijos Enzo y Sophia, que son mi principal fuente para seguir adelante.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por guiarme e iluminar mi camino, y hacer realidad mi sueño anhelado. A mis padres, a mis hermanos, a mis hijos y a mi esposo, por ser mi compañero de vida en los buenos y malos momentos; a mis docentes de la facultad de ingeniería ambiental de la UPN, por sus enseñanzas en mi formación profesional, a mis amigos y compañeros quienes me apoyaron moralmente para seguir adelante; a mi asesora MSc. Janet, por su paciencia para lograr culminar mi tesis.

Agradecer en primer lugar a Dios, por darme la salud, para realizar el presente proyecto, a mis padres por estar siempre conmigo, a mi pareja por estar siempre incondicionalmente apoyándome en la realización del presente proyecto, a mis docentes por las enseñanzas en las aulas, a mi Asesora; MSc. Janet, por el apoyo para finalizar con bien el proyecto, y a todos los que estuvieron apoyándonos a culminar el presente proyecto.

Tabla de contenidos

JURADO EVALUADOR	2
Informe de Similitud.....	3
Dedicatoria	4
Agradecimiento	5
Índice de tablas	7
Índice de Figuras	8
Resumen	9
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	21
CAPÍTULO III: RESULTADOS	32
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	49
REFERENCIAS	53
ANEXOS	55

Índice de tablas

Tabla 1 Muestras y su descripción	23
Tabla 2 Herramientas y técnicas de recolección de datos	23
Tabla 3 Resultados de la media de 3 réplicas de muestreo del lixiviado analizadas cada 6 horas.	33
Tabla 4 Las pruebas de remoción de DBO5	34
Tabla 5 Las pruebas de remoción de DQO	35
Tabla 6 Las pruebas de remoción de coliformes	36
Tabla 7 Resultados de la muestra de laboratorio de UPN	37
Tabla 8 Resultados promedio de DBO5 , DQO y Coliformes totales	37
Tabla 9 Prueba de normalidad	39
Tabla 10 Prueba T-Student muestras emparejadas	39
Tabla 11 Prueba T-Student muestras emparejadas	40
Tabla 12 Prueba T-Student muestras emparejadas	41
Tabla 13 Prueba T-Student muestras emparejadas	42
Tabla 14 Prueba T-Student muestras emparejadas	43
Tabla 15 Prueba T-Student muestras emparejadas	44
Tabla 16 Prueba de normalidad	45
Tabla 17 Prueba T-Student muestras emparejadas	46
Tabla 18 Prueba T-Student muestras emparejadas	47
Tabla 19 Prueba T-Student muestras emparejadas	47

Índice de Figuras

Figura 1 Evidencias de la toma de muestras	28
Figura 2 Evidencias de la toma de muestras	29
Figura 3 Flujograma del proceso de tratamiento de lixiviados	30
Figura 4 Porcentaje de remoción DQO	35
Figura 5 Pruebas de coliformes totales de remoción.....	36

Resumen

Esta investigación tuvo como objetivo, determinar la eficiencia del sistema de aireación en el tratamiento de lixiviados de residuos sólidos del relleno sanitario San José de Canay. Se trató de un estudio cuantitativo, explicativo y de alcance analítico, utilizando un diseño no experimental. La población de estudio estuvo constituida por la planta de tratamiento de lixiviados San José de Canay, ubicada en Cajamarca. Para llevar a cabo la evaluación del sistema, se recolectaron un total de 9 muestras de lixiviados, las cuales permitieron medir el impacto del sistema de aireación en la remoción de contaminantes y otros parámetros relevantes durante el tratamiento. Los resultados mostraron que las tecnologías de tratamiento tuvieron una eficiencia significativa. El nivel inicial de coliformes totales fue de 2866.7 CFU/100 ml, mientras que la DBO₅ con una concentración inicial 1821.5 mg/L, logrando una remoción máxima del 37.7 % y el DQO con una concentración inicial de 7404.7 mg/L logrando un 19.8 % de remoción máxima. En conclusión, el sistema de aireación fue variable en la remoción de contaminantes de los diferentes parámetros estudiados, logrando la eficiencia en coliformes totales con una remoción del 100 %.

Palabras Claves: Aireación, Lixiviados, Remoción, Tratamiento

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

Las ciudades del mundo generan alrededor de 10.000 millones de toneladas de residuos anuales, y su manejo deficiente contamina el medio ambiente, amenazando la salud pública y la biodiversidad. El tratamiento inadecuado de lixiviados agrava este problema, contaminando fuentes de agua y dañando ecosistemas. Aunque los países desarrollados han adoptado tecnologías avanzadas para gestionar estos desechos, los costos pueden ser inalcanzables para las naciones en desarrollo. En el Día Mundial del Hábitat, se insta a utilizar la tecnología para transformar los residuos en recursos que fomenten el desarrollo sostenible (Naciones Unidas, 2020).

En muchos países de América Latina, las tecnologías empleadas para tratar lixiviados no cumplen con los requisitos técnicos necesarios para controlar la contaminación ambiental en suelos, ríos y aguas subterráneas, afectando la salud pública. Incrementando los costos operativos del sistema de tratamiento poniendo en peligro el uso de los recursos ambientales a futuro. Por lo cual, es crucial analizar las tecnologías de tratamiento de lixiviados a nivel mundial para identificar y evaluar distintos sistemas de depuración, y observar tendencias locales para su aplicación. En este sentido, España y Portugal son modelos para otros países iberoamericanos, debido a su alto índice de desarrollo humano, que los clasifica como desarrollados (Zafra & Romero, 2019)

En Perú, el tratamiento de lixiviados provenientes de residuos sólidos en rellenos sanitarios es un tema crítico en la gestión ambiental. El adecuado manejo de estos residuos es una prioridad para el Ministerio del Ambiente (MINAM), y es uno de los ejes estratégicos de investigación ambiental hacia 2030, con un enfoque en la valorización de los residuos. En este contexto, el MINAM está impulsando la economía circular y la

diversidad productiva como ejes fundamentales alineados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. En la actualidad, Perú cuenta con 68 rellenos sanitarios a nivel nacional y más de 1,600 áreas degradadas en proceso de recuperación. Un proyecto relevante en esta área es la construcción de una planta de valorización en Cusco, que se alinea con los lineamientos del MINAM y con los principios de economía circular (Ministerio del Ambiente, 2022).

En las últimas dos décadas, el conocimiento sobre el tratamiento de aguas residuales ha avanzado significativamente, pasando de los enfoques inicialmente empíricos a los fundamentos basados en principios químicos, microbiológicos y de ingeniería de procesos físicos y biotecnológicos. Estos avances frecuentemente incluyen técnicas y métodos experimentales y de laboratorio, entre los que se encuentran los sistemas de aireación, esenciales para la optimización de los procesos biológicos. La mayoría de estos métodos, incluido el sistema de aireación, han alcanzado tal madurez que ahora son herramientas reconocidas y valiosas tanto para la investigación como para la práctica en el tratamiento de aguas residuales (Loosdrecht, 2019)

Este problema de investigación se centra en la planta de San José de Canay, que enfrenta crecientes problemas socio ambientales debido al mal manejo de los lixiviados en su relleno sanitario. Estos lixiviados, generados por escurrimientos a causa de fenómenos climáticos como lluvias, vientos y exposición solar, han incrementado los impactos negativos en la comunidad y el entorno. La falta de un tratamiento adecuado agrava la situación, destacando la necesidad urgente de implementar soluciones eficaces para controlar y minimizar estos efectos adversos.

1.1.1. Antecedentes internacionales

En el estudio de (Alvarado et al., 2018) propuso desarrollar un sistema de tratamiento para el lixiviado del vertedero Loma Los Colorados, gestionado por KDM Tratamiento, mediante humedales artificiales. Se eligió un sistema híbrido de humedales de flujo vertical (4,500 m²) y horizontal (20,200 m²) para facilitar la nitrificación y desnitrificación. Los medios incluyeron arena, zeolita y grava, y las especies vegetales seleccionadas fueron *Phragmites australis* y *Typha angustifolia*, con una geomembrana de 1 mm de grosor como capa impermeable. El costo total de inversión fue de 654 millones CLP, siendo los medios granulares el 50% de esta inversión. Los costos operativos, incluyendo un operador, se estimaron en 12 millones CLP por año. Aunque el proyecto mostró un valor presente neto negativo durante 15 años, indicando falta de viabilidad económica, la obtención de financiamiento podría haberlo hecho viable. Ambientalmente, el proyecto presentó impactos positivos, y se destacó la necesidad de involucrar activamente a las partes interesadas y promover la participación comunitaria.

El estudio de (Falcón, 2022) se enfocó en la planta de tratamiento de lixiviado en Ambato, que empleaba métodos biológicos como procesos anaerobios y aerobios, específicamente el reactor UASB y el filtro percolador. La investigación modeló y simuló estos procesos utilizando el software COMSOL Multiphysics versión 5.4, aplicando la ley de Darcy y otros principios físicos para describir el flujo, el transporte de especies y las reacciones biológicas. Los resultados de las simulaciones se compararon con datos experimentales, logrando una remoción del 60% de DBO₅ y DQO, un aumento en los nutrientes amonio y fosfato, y una reducción de más del 90% en metales pesados, similar al

rendimiento del reactor UASB real. En el filtro percolador, la simulación mostró una remoción de materia orgánica superior al 40%, mientras que en la práctica no superó el 9%. También, la eliminación de nutrientes fue inferior al 10% en la práctica, mientras que los metales pesados se redujeron casi en su totalidad.

El proyecto de (Romero, 2019) investigación propuso un plan de gestión ambiental en el tratamiento de lixiviados en el Relleno Sanitario Doña Juana, Bogotá D.C., Colombia. La propuesta se basó en la caracterización fisicoquímica de los lixiviados, una evaluación de los procesos de tratamiento durante 12 años mediante modelización dinámica con herramientas ARIMA, y el análisis de técnicas de tratamiento a nivel nacional e internacional. Se encontró que los límites de la normativa colombiana eran menos estrictos que los internacionales. El sistema de tratamiento no cumplió con los límites para mercurio, arsénico, plomo, cromo, níquel y DBO. La planta mostró mayor eficiencia en los meses de mayor precipitación (junio a agosto) con una remoción promedio del 35%, mientras que, en octubre y noviembre, la eficiencia bajó al 29%. El tratamiento por membranas fue considerado el más eficiente, seguido por los sistemas naturales, biológicos y fisicoquímicos. Los modelos ARIMA más efectivos fueron para DQO, DBO y Fe. Finalmente, los indicadores técnicos, económicos, sociales, institucionales y ambientales permitieron una evaluación integral del sistema de tratamiento.

1.1.2. Antecedentes nacionales

El estudio de (Suero, 2022) tuvo como objetivo evaluar el desempeño de un proyecto base de humedales construidos para el tratamiento de lixiviados provenientes del compostaje de la porción orgánica de los residuos del relleno sanitario de Chacán, en Anta, Cusco. Los lixiviados, engendrados en 14 composteras del relleno sanitario, presentaban una alta carga orgánica con una media de 3359.62 mg/l de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) y mostraron un crecimiento significativo del caudal durante la temporada de lluvias. Para tratar estos lixiviados con los humedales construidos, se requirió una dilución 1:5 para evitar la caída de las macrófitos. Se trazó, cimentó y evaluó un piloto de humedales construidos, que incluía un Sistema Francés y un humedal horizontal. Este piloto mostró una eficiencia global promedio en la remoción de contaminantes del 86.46% en DBO₅, 88.90% en Demanda Química de Oxígeno (DQO), 94.10% en Sólidos Totales en Suspensión (STS) y 98.25% en coliformes fecales. Con base en los resultados obtenidos, se propuso una instalación a escala real para tratar todos los lixiviados del compostaje del relleno sanitario, con un área de 1495.5 m², que representa el 3.5% del área total del relleno sanitario de Anta.

La investigación de (Salome, 2023) tuvo como objetivo aplicar la tecnología de ozono para tratar lixiviados reduciendo los compuestos orgánicos integrales en el vertedero de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Cajamarca. Se trató de un estudio aplicado y experimental. Entre los hallazgos destacados, se observó que la topografía del terreno aumentaba el riesgo de la escorrentía en el vertedero, afectando de esta manera los cuerpos de agua más

cercanos, el suelo y su entorno. Los límites biológicos y fisicoquímicos de los lixiviados excedían los parámetros permitidos. Para la técnica de ozono se utilizó un dispositivo manual, mejorando en las concentraciones de los parámetros orgánicos entre un 32% y un 5%, logrando la mayor reducción en DQO, que pasó de 1,031.3 mg/l a 702.5 mg/l. El matiz auténtico del agua, se logró mejorar el 54%, resultando el agua más clara. Además, el tratamiento con ozono logró una reducción significativa de los coliformes totales, eliminando el 99.9% de los agentes biológicos.

La investigación de (Sánchez & Pérez, 2021) se propuso como objetivo el croquis de un relleno sanitario para el distrito de Baños del Inca; se llevó a cabo un análisis descriptivo y no experimental basándose en la indagación técnica precedente, del estudio de determinación de los residuos sólidos municipales 2019-2023 proporcionada por dicha municipalidad. Para el diseño, se utilizó la "Guía para el diseño y construcción de infraestructuras para disposición final de residuos sólidos municipales" del Ministerio del Ambiente (2019). Los cálculos incluyeron la proyección de la población para 2031, estimada en 53,047 habitantes; la capacidad útil del relleno, que se determinó en dos áreas de 57,191.85 m² y 66,723.83 m²; y una vida útil mínima de 10 años según las normas técnicas. Además, se calculó la generación de lixiviados con un promedio de 28.86 m³/día, resultando en 11,661.49 m³/año. Con estos resultados, se concluyó que el diseño propuesto es viable para el distrito de Baños del Inca.

1.1.3. Bases teóricas

Sistema de aeración

Un sistema de aireación es un conjunto de dispositivos y procesos utilizados para introducir aire en líquidos, principalmente en el tratamiento de aguas residuales y cuerpos de agua. La aireación promueve la oxigenación, lo cual es crucial para mantener procesos biológicos y químicos que descomponen materia orgánica y reducen contaminantes (Gil, 2021).

Objetivo del sistema aireación

Según (Yabroudi et al., 2019) el objetivo principal de la aireación es aumentar el nivel de oxígeno disuelto en los lixiviados, lo que a su vez estimula el crecimiento y la actividad de microorganismos aeróbicos responsables de la degradación de compuestos orgánicos.

Los beneficios del sistema de aireación incluyen:

- Mejora de la Calidad del Efluente: Aumenta la eficiencia en la reducción de la materia orgánica, nutrientes y contaminantes tóxicos.
- Reducción de Olores: Minimiza la producción de compuestos malolientes, como los ácidos grasos volátiles, al promover una descomposición aeróbica en lugar de anaeróbica.
- Prevención de la Contaminación de Aguas Subterráneas: Disminuye el riesgo de liberación de contaminantes a acuíferos subterráneos al mejorar el tratamiento de lixiviados.

Tipos de Sistemas de Aireación

Según (Yabroudi et al., 2019) existen diferentes tipos de sistemas de aireación utilizados en el tratamiento de lixiviados sanitarios, que incluyen:

- **Aireación por Difusión:** Utiliza difusores para liberar aire en forma de burbujas finas a través del líquido, proporcionando un contacto prolongado entre el aire y el lixiviado.
- **Aireación por Inyección de Aire:** Introduce aire en el líquido mediante la inyección a presión, creando burbujas grandes que facilitan la transferencia de oxígeno.
- **Aireación Mecánica:** Emplea agitadores o mezcladores mecánicos para incorporar aire al lixiviado mediante el movimiento físico del líquido.

Lixiviados

Los lixiviados de sólidos son líquidos que se originan al filtrarse a través de diversos tipos de residuos sólidos, como los residuos urbanos, industriales o de construcción. Este proceso de filtración arrastra sustancias solubles presentes en los desechos, generando una mezcla que puede contener una amplia gama de contaminantes. Estos contaminantes incluyen metales pesados, compuestos orgánicos, nutrientes y otros químicos potencialmente dañinos. La composición específica de los lixiviados varía según el tipo de residuos involucrados, su antigüedad y factores ambientales como la cantidad de precipitación y las temperaturas del entorno (Kwame, 2019).

La composición de los lixiviados sólidos varía dependiendo del tipo de residuos y las condiciones del vertedero. Los lixiviados pueden contener sustancias tóxicas

como metales pesados (plomo, mercurio, cadmio), compuestos orgánicos volátiles (COV), amoníaco y sólidos disueltos. La edad del vertedero también influye, ya que los lixiviados generados en las primeras etapas contienen una mayor cantidad de materia orgánica biodegradable, mientras que en las etapas posteriores predominan los compuestos inorgánicos y más estables (Kwame, 2019).

Para Robles et al. (2019) todo vertedero o lugar de disposición final produce lixiviados, que generan filtración de aguas pluviales a través de la masa de residuos sólidos. No obstante, existen casos que los residuos sólidos urbanos (RSU) abarca suficiente humedad para producir lixiviados incluso sin la influencia de aguas pluviales. Los lixiviados contienen microorganismos y una variedad de sustancias tanto orgánicas e inorgánicas, como metales pesados, los cuales pueden encontrarse disueltos en forma de, coloides hidrófilos o hidrófobos.

Los lixiviados representan un riesgo para la salud, ya que tiene un potencial de contaminar los suelos, las aguas superficiales y/o aguas subterráneas. Además, lograr conocer las características de los lixiviados es crucial logrando implementar tratamientos apropiados y de esta manera reducir su impacto ambiental. Además los suelos alcalino-sódicos pueden alterar las propiedades físico-químicas de los lixiviados especialmente en áreas donde no ha sido instalado geo-membrana, el aumento en la alcalinidad puede provocar la precipitación de metales pesados en forma de carbonatos e hidróxidos, haciéndolos menos biodisponibles y sedimentados (Salome, 2023).

Generación de Lixiviados

Según los lixiviados se generan principalmente en rellenos sanitarios y sitios de disposición de residuos sólidos. La formación de lixiviados está influenciada por factores como:

- **Tipo de Residuo:** Residuos orgánicos, como alimentos y restos vegetales, tienden a producir más lixiviados debido a su descomposición biológica.
- **Condiciones Ambientales:** La cantidad de precipitaciones y la temperatura afectan la cantidad de lixiviados producidos. Las lluvias intensas pueden aumentar la generación de lixiviados.
- **Edad del Relleno:** En los primeros años, los lixiviados suelen tener una mayor carga orgánica y contaminantes. Con el tiempo, la producción de lixiviados suele disminuir a medida que los residuos se estabilizan.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la eficiencia del sistema de aireación en el tratamiento de lixiviados de residuos sólidos del relleno sanitario San José de Canay?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar cuál es la eficiencia del sistema de aireación para el tratamiento de lixiviados de residuos sólidos del relleno sanitario San José de Canay

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar la eficiencia en porcentajes de remoción de los parámetros DBO₅, DQO, coliformes en el relleno sanitario San José de Canay

- Comparar los parámetros químicos de concentraciones iniciales y finales de DBO₅, DQO, coliformes totales, pH, oxígeno disuelto, temperatura, salinidad y conductividad del Lixiviado en el relleno sanitario San José de Canay

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

Se determina la eficiencia del sistema de aireación en el tratamiento de lixiviados de residuos sólidos del relleno sanitario San José de Canay.

1.4.2. Hipótesis Especificas

- El sistema de aireación es eficiente en porcentajes de remoción de los parámetros DBO₅, DQO, coliformes totales en el relleno sanitario San José de Canay
- Se compara los parámetros químicos de concentraciones iniciales y finales de DBO₅, DQO, coliformes totales, TDS, pH, oxígeno disuelto, temperatura, salinidad y conductividad del Lixiviado en el relleno sanitario San José de Canay

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Enfoque cuantitativo: Se utilizó un enfoque cuantitativo para obtener mediciones precisas sobre la eficiencia del sistema de aireación en el tratamiento de lixiviados sólidos. Se midieron parámetros específicos como la reducción de pH, DBO₅, DQO y coliformes totales, así como el porcentaje de remoción de estos contaminantes. Además, se analizó la concentración de oxígeno disuelto, lo que permitió evaluar de manera integral la efectividad del sistema de aireación en la mejora de la calidad de los lixiviados. Según (Hernández & Mendoza, 2018) utilizó un método de investigación basada en la recopilación y análisis de datos numéricos para describir fenómenos, realizar patrones y validar hipótesis mediante análisis estadísticos.

Nivel Explicativo: El estudio tuvo un nivel explicativo, orientado a comprender cómo y por qué el sistema de aireación influyó en la calidad de los lixiviados tratados. Se examinaron las relaciones causales entre la operación del sistema y la mejora en parámetros clave, como la disminución de contaminantes y el incremento del oxígeno disuelto. Según (Hernández & Mendoza, 2018) el nivel explicativo de una investigación, tiene por objetivo principal, identificar las causas de un fenómeno y entender cómo y por qué ocurren ciertos eventos o cambios. En este nivel, se buscan relaciones causales entre las variables estudiadas, y no solo describirlas o correlacionarlas.

Alcance Analítico: Esta investigación analizó en profundidad cómo el sistema de aireación impactó en la eliminación de contaminantes y en la mejora de los parámetros del tratamiento de lixiviados sólidos. Se estudiaron las interacciones entre el sistema y los diferentes elementos del proceso, lo que permitió formular recomendaciones basadas en los resultados obtenidos. Según Hernández & Mendoza (2018) hace referencia a la profundidad con la que se estudian los problemas de investigación. Un alcance analítico

implica un análisis detallado y exhaustivo de las variables, buscando no solo describir, sino también interpretar y comprender el impacto de ciertos factores sobre el fenómeno estudiado.

Diseño no Experimental: Este diseño del estudio fue no experimental, ya que los datos se recopilaban en condiciones reales, sin manipulación directa de las variables. Se observaron y analizaron los resultados del sistema de aireación en diferentes momentos y situaciones. Según Hernández & Mendoza (2018) no se manipularon variables de manera controlada, sino que se observó y analizó el sistema tal como se implementaba.

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

La población del estudio estuvo compuesta por la planta de tratamiento de lixiviados San José de Canay en Cajamarca.

2.2.2. Muestra

Se recolectaron un total de 9 muestras para evaluar el rendimiento del sistema de aireación en el tratamiento de lixiviados sólidos. Las muestras fueron tomadas en diferentes horarios a lo largo del día para obtener una visión integral de cómo el sistema opera en diversas condiciones temporales. Cada muestra incluye mediciones detalladas de pH, temperatura, oxigenación (LDO), sólidos totales disueltos (TDS), salinidad y conductividad.

También se recolectó 4 muestras triplicadas para enviar al laboratorio de agua, para su análisis; de DBO₅, DQO, Coliformes Totales.

Tabla 1

Muestras y su descripción

PRUEBA	CODIGO	DESCRIPCIÓN
P0	CT-R-00	Muestra de lixiviado antes de empezar el tratamiento (por triplicado)
P1	CT-R1-01	La primera muestra de lixiviado durante el tratamiento (por triplicado)
	CT-R1-02	
	CT-R1-03	
P2	CT-R2-01	Segunda muestra de lixiviado durante el tratamiento (por triplicado)
	CT-R2-02	
	CT-R2-03	
P3	CT-R3-01	Tercera muestra de lixiviado durante el tratamiento (por triplicado)
	CT-R3-02	
	CT-R3-03	
P4	CT-R4-01	Cuarta muestra de lixiviado durante el tratamiento (por triplicado)
	CT-R4-02	
	CT-R4-03	

2.3. Herramientas y técnicas de recolección de datos.

Mediante el presente estudio, fueron utilizadas herramientas de recolección de datos fundamentales para evaluar las condiciones del lixiviado en el relleno sanitario San José de Canay. Estas herramientas incluyen la observación directa y el muestreo sistemático, las cuales permiten obtener información detallada y precisa.

Tabla 2

Herramientas y técnicas de recolección de datos

Herramienta de Recolección de Datos	Descripción
Observación Directa	Permite obtener información precisa sobre las condiciones del lixiviado.
Muestreo Sistemático	Asegura una evaluación detallada de los parámetros y la efectividad del sistema de aireación.

2.4. Procedimiento

Lo primero que se hizo fue obtener 3 galones de 20 litros cerrados para recolectar la muestra para los análisis, luego se procedió a solicitar el permiso al área de medio ambiente de la municipalidad de Cajamarca para obtener el lixiviado para las muestras. Este proceso demoró aproximadamente 2 semanas. Con el permiso obtenido, se procedió a recolectar el material de tres puntos de la poza de lixiviados de residuos sólidos del relleno sanitario del caserío San José de Canay, Cajamarca. Se trasladó el lixiviado desde la planta de tratamiento de residuos sólidos hasta donde se acondicionó el área para realizar el proceso de aireación del lixiviado (Ver anexo 1). Los pasos seguidos fueron los siguientes:

- Difusores de aire: Los 6 difusores de aire adquiridos se colocan en el fondo del recipiente transparente de 50 litros, asegurando una distribución homogénea del aire en todo el volumen del líquido. La disposición simétrica de los difusores maximiza el contacto entre las burbujas de aire y el líquido, lo que incrementa la transferencia de oxígeno disuelto, optimizando así el proceso de aireación. Parte técnica de los difusores: 13 cm/5.1 pulgadas, la piedra de aire se adapta al tubo de 4 mm de diámetro interior se adapta a la tráquea; Durable: la placa de burbujas con alta temperatura hecha y las burbujas finas pueden aumentar los niveles de oxígeno, reducir el CO₂ y aumentar el PH, también se puede lavar fácilmente para su reutilización; Material alto: el disco de airstone utiliza material finamente comprimido la burbuja es pequeña se concentra en una superficie; Placa atmosférica ajustable: el tamaño de la burbuja se puede ajustar, cuanto menor sea el volumen de gas, más pequeña es la burbuja producida, remojar en el tanque durante dos horas antes de su uso, el efecto será mejor. Si la profundidad del agua supera los 40cm, la potencia de la bomba de aire se puede aumentar

adecuadamente, favoreciendo una mezcla eficiente y una oxigenación uniforme en todo el sistema.

- Recipiente transparente de 50 litros: Este recipiente se utiliza como el contenedor principal para el lixiviado durante el proceso de aireación. Al ser transparente, permitió observar visualmente el comportamiento del lixiviado y los efectos del tratamiento en tiempo real, facilitó la monitorización y la efectividad del proceso de aireación.
- Compresores de medio HP: Los dos compresores, uno de 110 voltios y otro de 210 voltios, se utilizaron para proporcionar el flujo de aire necesario para el proceso de aireación. Cada compresor se conectó a los difusores a través de las mangueras. Los compresores aseguraron que el aire se suministre de manera continua y adecuada, manteniendo el nivel de oxígeno necesario para el tratamiento eficaz del lixiviado.
- Transformador de energía: El transformador de energía se usa para ajustar el voltaje suministrado a los compresores, garantizando que recibieran el voltaje correcto y estable. Esto fue crucial para evitar daños a los compresores y asegurar un funcionamiento óptimo, eficiente y seguro.
- Sulfato de aluminio: Se adicionó sulfato de aluminio. La concentración del sulfato de aluminio en el lixiviado fue de 1.25 g/L, de acuerdo con lo estipulado en el sobre; al agregar 50 gramos de sulfato en un vaso de agua destilada a 40 litros de lixiviado. El sulfato de aluminio actúa como un agente floculante, que ayuda a reducir la formación excesiva de burbujas durante la aireación, previniendo la acumulación excesiva de espuma en el lixiviado y mejora la eficiencia del proceso de aireación al asegurar que el aire se distribuya de manera uniforme y sin obstrucciones.

- Luego se encendieron las bombas de aire y se inició el control de la aireación.

Durante las primeras horas se observó la formación de espuma, aunque no en exceso.

Metodología Experimental

Procedimiento Para Toma De Muestras:

- El punto escogido para la toma de muestras fue la poza de lixiviados del relleno sanitario San José de Canay Cajamarca.
- Para obtener una muestra representativa, se realizaron 3 tomas de muestras de diferentes puntos a diferentes horas.
- Se realizó un muestreo manual con la ayuda de un recipiente de plástico para llenar los bidones de 20 litros lavados varias veces antes de su uso.
- Durante el muestreo, las muestras se colectaron de 3 diferentes puntos de la superficie evitando remover los sedimentos.
- Se colectó un total de 60 L de lixiviado para ser analizados, de los cuales se utilizaron 40 L.
- Antes y durante el tratamiento las muestras fueron tomadas para ser enviadas al laboratorio del agua, para ser caracterizados en forma física, química y microbiológica.
- Al mismo tiempo se tomó las muestras para ser analizadas en el laboratorio ambiental de la UPN de los parámetros de: pH, temperatura, oxigenación (LDO), sólidos totales disueltos (TDS), salinidad y conductividad debidamente etiquetadas.

Los parámetros analizados en los laboratorios fueron:

- ✓ DBO₅ (Demanda Biológica de Oxígeno)
- ✓ DQO (Demanda Química de Oxígeno)
- ✓ Coliformes Totales
- ✓ pH (Alcalinidad)
- ✓ Temperatura
- ✓ LDO (Oxígeno Disuelto)

- ✓ TDS (Sólidos Totales Disueltos)
- ✓ Salinidad
- ✓ Conductividad

Materiales adicionales para el laboratorio de la UPN, que incluyeron:

- ✓ 12 frascos de 1 litro para el DBO₅
- ✓ 12 frascos de ½ litro para coliformes totales
- ✓ 12 frascos de 250 ml para DQO
- ✓ 1 cooler
- ✓ 1 gotero con ácido sulfúrico para verter en las muestras de DQO
- ✓ 6 bolsas con hielo
- ✓ 1 caja de Guantes estériles
- ✓ 8 frascos de muestras de 10 ml
- ✓ 1 litro de Alcohol
- ✓ 12 litros de agua destilada
- ✓ 1 multiparámetro HQ40D marca Hach
- ✓ 20 metros de manguera delgada
- ✓ 24 chupones
- ✓ 24 conectores
- ✓ 12 crucetas
- ✓ 1 compresor de medio HP de 110 voltios
- ✓ 1 compresor de medio HP de 210 voltios
- ✓ 1 transformador de energía.

Figura 1

Evidencias de la toma de muestras



Nota: A. Toma de muestras de lixiviados del relleno sanitario San José de Canay.

B. Instalación de los difusores en el contenedor principal.

- C. Instalación de transformador de energía y compresores.
- D. Adición el floculante – sulfato de aluminio.
- E. Tratamiento del lixiviado.
- F. Toma de muestra para llevar a la UPN.

Figura 2

Evidencias de la toma de muestras





Nota: G. Toma de muestra para enviar a laboratorio del agua.

H. Agregando ácido sulfhídrico al DQO.

I. Muestras etiquetadas listas para el envío a analizar.

J. Entrega de muestras al laboratorio para sus análisis.

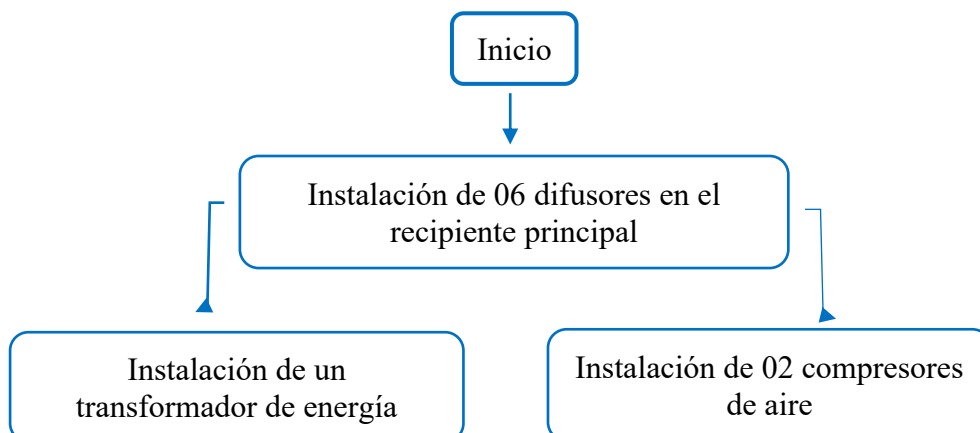
K. Equipos para la toma de muestra en el laboratorio de la UPN.

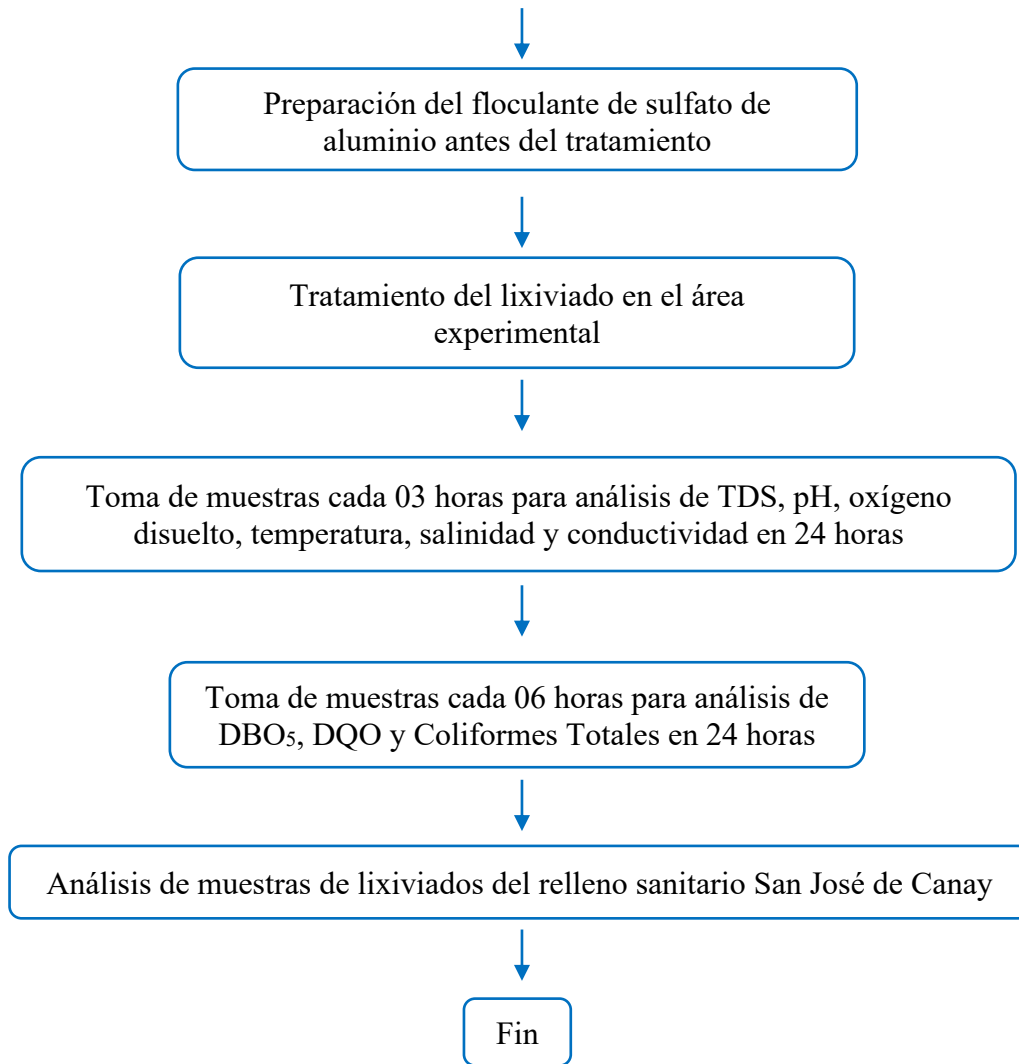
L. Análisis de muestras en el laboratorio de la UPN.

El procedimiento antes mencionado se demostró mediante el flujograma que se detalla a continuación, el cual indica cada una de las etapas involucradas en el proceso, proporcionando una visión clara y ordenada de los pasos que se siguieron para su correcta ejecución.

Figura 3

Flujograma del proceso de tratamiento de lixiviados





2.5. Análisis de datos

En este trabajo de investigación, se utilizó el software MINITAB para realizar el análisis estadístico de los datos. Este software permitió aplicar pruebas estadísticas adecuadas para la validación de los resultados obtenidos. Las pruebas realizadas incluyeron análisis de normalidad de los datos mediante la prueba Shapiro-Wilk y la prueba T-Student para muestras emparejadas, las cuales son ampliamente utilizadas para

evaluar la distribución de los datos y comparar diferencias significativas entre dos condiciones relacionadas, respectivamente.

Fue utilizado un nivel de significancia de 0.05 (5%), que es el estándar común en investigaciones científicas, para determinar si las diferencias observadas entre las variables son estadísticamente significativas.

2.6. Aspectos éticos

La información obtenida del relleno sanitario fue manejada con estricta confidencialidad, protegiendo cualquier dato sensible relacionado con el sitio y las partes interesadas. Se obtuvo permiso de las autoridades pertinentes para llevar a cabo la investigación, garantizando que todas las actividades cumplieran con las normativas locales y nacionales. Todos los datos recolectados fueron registrados de manera precisa y honesta, asegurando la integridad de los resultados y conclusiones del estudio. Se procuró que los resultados del estudio contribuyeran positivamente al conocimiento y mejoramiento de las prácticas de gestión de residuos sólidos y el adecuado tratamiento de los lixiviados. Se respetó el derecho de autor citando correctamente a los autores en todas las referencias utilizadas en el estudio. Esto asegura el reconocimiento adecuado de sus contribuciones y mantiene la integridad académica del trabajo.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Resultados de las pruebas de laboratorio.

En la tabla 3, muestra la eficiencia de remoción en el tratamiento de lixiviados en términos de DBO₅, DQO y coliformes totales. Los porcentajes de remoción de estos parámetros reflejan la efectividad del tratamiento en cada etapa. A continuación, se destacan los datos relevantes:

- **DBO₅**: La concentración inicial (P0) fue de 1821.5 mg/L. Después del tratamiento, el valor más bajo registrado fue de 1135 mg/L (P4), con un porcentaje de remoción promedio de 34.3%. En la etapa más eficiente (P4), la remoción de DBO₅ fue del 37.7%.
- **DQO**: El valor inicial fue de 7404.77 mg/L. Tras el tratamiento, el valor mínimo registrado fue de 5937 mg/L (P1), con un porcentaje de remoción promedio de 19.3%. La mayor remoción de DQO observada fue del 19.8% en la etapa P1.
- **Coliformes Totales**: Se observó una remoción extremadamente alta desde una concentración inicial de 2866.7 unidades. La eficiencia más significativa se alcanzó en la etapa P4, donde la remoción de coliformes fue del 100%, con un promedio de 99.8% en todas las etapas.

Tabla 3

Resultados de la media de 3 réplicas de muestreo del lixiviado analizadas cada 6 horas.

Pruebas	Hora	DBO ₅	% DE REMOCION	DQO	% DE REMOCIÓN	COLIFOR MES TOTALES	% DE REMOCIÓN
P0	00:00	1821.5		7404.7		2866.7	
P1	06:00	1200	34.1	5937	19.8	11.77	99.6
P2	12:00	1230	32.5	5984.17	19.2	2.00	99.9
P3	18:00	1222	32.9	5984.17	19.2	6.80	99.8
P4	24:00	1135	37.7	6008	18.9	<1.8	100.0
			34.3		19.3		99.8

Las pruebas de remoción de DBO₅ se realizaron en diferentes momentos del día.

A las 00:00, el nivel de DBO₅ fue de 1821.5 mg/L. A las 06:00, la concentración de DBO₅ se redujo a 1200 mg/L, mostrando una remoción del 34.1%. A las 12:00, el DBO₅ fue de 1230 mg/L, con una remoción del 32.5%. A las 18:00, el nivel fue de 1222 mg/L, con un porcentaje de remoción del 32.9%. Finalmente, a las 24:00, la concentración de DBO₅ fue de 1135 mg/L, con una remoción del 37.7%. En promedio, la remoción de DBO₅ fue del 34.3%.

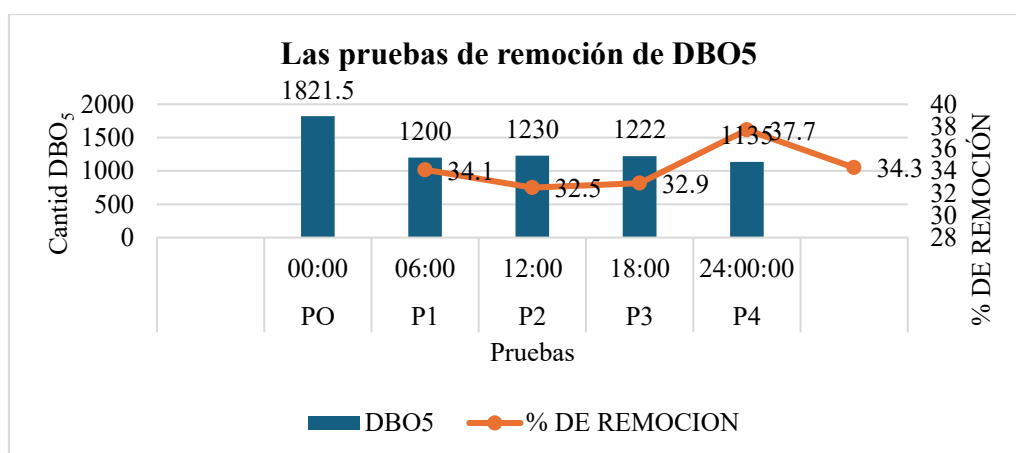
Tabla 4

Las pruebas de remoción de DBO₅

Pruebas	Hora	DBO ₅	% DE REMOCION
P0	00:00	1821.5	
P1	06:00	1200	34.1
P2	12:00	1230	32.5
P3	18:00	1222	32.9
P4	24:00:00	1135	37.7
			34.3

Figura 4

Las pruebas de remoción de DBO₅



Nota. En la figura se muestra la remoción de DBO₅, con concentraciones iniciales de 1821.5 mg/L y finales de 1135 mg/L, logrando una remoción promedio del 34.3%.

Las pruebas de remoción de DQO se realizaron en diferentes momentos del día.

A las 00:00, el nivel de DQO fue de 7404.77 mg/L. A las 06:00, la concentración de DQO se redujo a 5937 mg/L, con una remoción del 19.8%. A las 12:00, el DQO fue de 5984.17 mg/L, mostrando una remoción del 19.2%. A las 18:00, el nivel de DQO se mantuvo en 5984.17 mg/L, con una remoción del 19.2%. Finalmente, a las 24:00, la concentración de DQO fue de 6008 mg/L, con una remoción del 18.9%. En promedio, la remoción de DQO fue del 19.3%.

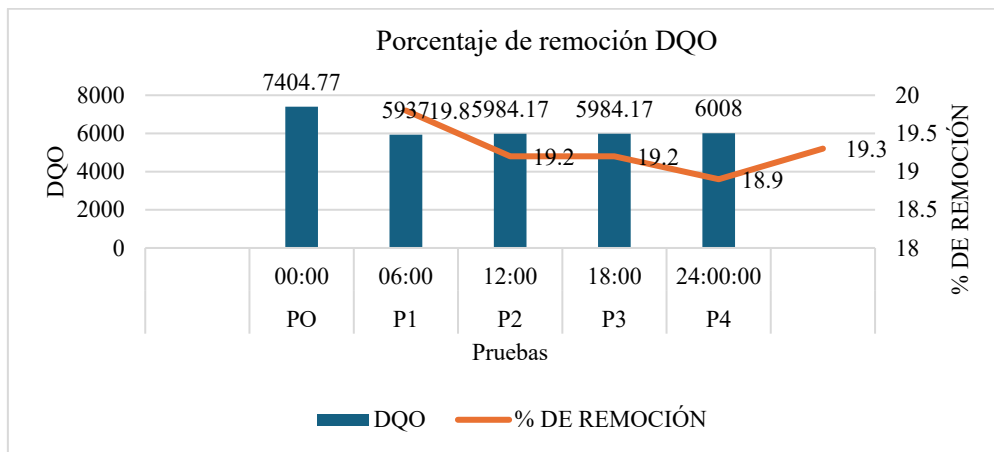
Tabla 5

Las pruebas de remoción de DQO

Pruebas	Hora	DQO	% DE REMOCIÓN
PO	00:00	7404.77	
P1	06:00	5937	19.8
P2	12:00	5984.17	19.2
P3	18:00	5984.17	19.2
P4	24:00:00	6008	18.9
			19.3

Figura 5

Porcentaje de remoción DQO



Nota. En la figura se muestra con una concentración inicial de 7404.77 mg/L y una final de 6008 mg/L. La remoción promedio fue del 19,3%, con un máximo de 19,8% y un mínimo de 18,9%.

Las pruebas de remoción de coliformes totales se realizaron a lo largo del día, mostrando una alta eficiencia en la eliminación de estos microorganismos. A las 00:00, el nivel inicial de coliformes totales fue de 2866.7 CFU/100 mL. A las 06:00, la concentración se redujo a 11.77 CFU/100 mL, alcanzando una remoción del 99.6%. A las 12:00, el nivel de coliformes descendió aún más a 2 CFU/100 mL, con una remoción del 99.9%. A las 18:00, la concentración fue de 6.8 CFU/100 mL, con una remoción del 99.8%. Finalmente, a las 24:00, el nivel fue inferior a 1.8 CFU/100 mL, logrando una

remoción del 100%. En promedio, la remoción de coliformes totales fue del 99.8%, indicando una eficacia muy alta del proceso en la eliminación de estos microorganismos.

Tabla 6

Las pruebas de remoción de coliformes

Pruebas	Hora	COLIFORMES TOTALES	% DE REMOCIÓN
PO	00:00	2866.7	
P1	06:00	11.77	99.6
P2	12:00	2	99.9
P3	18:00	6.8	99.8
P4	24:00:00	<1.8	100
			99.8

Figura 6

Pruebas de remoción de coliformes totales



Nota. En la figura se muestra una concentración inicial de 2866.7 CFU/100 mL y una remoción que alcanzó el 100%, con niveles finales inferiores a 1.8 CFU/100 mL. Los porcentajes de remoción oscilaron entre el 99.6% y el 100% a lo largo del día.

Posteriormente, se presenta una interpretación general de los parámetros medidos en las muestras de lixiviado en diferentes momentos del día. Las muestras de lixiviado tomadas a lo largo del día mostraron un aumento gradual en el pH, indicando mayor alcalinidad. La temperatura se estabiliza alrededor de 22°C, mientras que la concentración de oxígeno disuelto varía ligeramente, alcanzando un máximo de 3.92 mg/L. Los sólidos totales disueltos, la salinidad se mantuvo, y la conductividad disminuyó inicialmente para

luego estabilizarse. Estos cambios reflejaron una evolución en las características del lixiviado, con mejoras en la oxigenación y estabilización de otros parámetros críticos.

Tabla 7

Resultados de las muestras en laboratorio de UPN

Nº PRUEBA	HORA	PH	TEMPERATURA T°C	OXIGENACIÓN LDO	SOLIDOS TOTALES DISUELTOS T.D.S	SALINIDAD ‰	CONDUCTIVIDAD MS/CM
P0	06:45:00 a. m.	8.47	15.70	3.47 mg/L	14.59 g/L	15.45	28.33
P1	09:45:00 a. m.	9.20	22.30	3.42 mg/L	14.88 g/L	15.44	25.60
P2	12:45:00 p. m.	9.40	22.00	3.69 mg/L	14.89 g/L	15.39	25.9
P3	03:45:00 p. m.	9.53	22.00	3.06 mg/L	14.87 g/L	15.37	26.1
P4	06:45:00 p. m.	9.60	21.90	3.32 mg/L	14.95 g/L	15.31	26.1
P5	09:45:00 p. m.	9.65	22.10	3.40 mg/L	14.92 g/L	15.32	26.3
P6	12:45:00 a. m.	9.71	21.80	3.78 mg/L	14.77 g/L	15.39	26.2
P7	03:45:00 a. m.	9.74	21.80	3.79 mg/L	14.92 g/L	15.37	26.3
P8	06:45:00 a. m.	9.75	22.10	3.92 mg/L	14.93 g/L	15.40	26.2

Análisis estadístico de la muestra

Criterio Teórico para la Evaluación de Normalidad.

Se llevó a cabo la Evaluación de Normalidad, y dado que el tamaño de las muestras era inferior a 50, se optó por utilizar el Test de Shapiro-Wilk, que es adecuado para este tipo de casos. Así, cuando el valor p es igual o superior a 0.05, se considera que los datos siguen una distribución normal, aceptando la hipótesis nula (Ho). Por el contrario, si el valor p es menor a 0.05, se concluye que los datos no se distribuyen normalmente, aceptando la hipótesis alternativa (Ha).

Tabla 8

Resultados Promedio de DBO5, DQO y Coliformes Totales.

PRUEBA	CODIGO	DBO ₅	DQO	COLIFORMES TOTALES
P0		2415.3	8428.6	1600
		1337.8	6785.7	5400
		1711.4	7000	1600
	PROMEDIO	1821.5	7404.766667	2866.7
P1	CT-R1-01	1180	6078.10	23
	CT-R1-02	1056	5831.50	4.50
	CT-R1-03	1365	5902	7.80

	PROMEDIO	1200	5937	11.77
P2	CT-R2-01	1089.30	6007.70	< 1.8
	CT-R2-02	1264.30	5972.40	2
	CT-R2-03	1337	5972.40	<1.8
	PROMEDIO	1230	5984.17	2.00
P3	CT-R3-01	1072.20	5972.40	<1.8
	CT-R3-02	1261.80	6007.70	<1.8
	CT-R3-03	1332.80	5972.40	6.80
	PROMEDIO	1222.27	5984.17	6.80
P4	CT-R4-01	1095	6078.10	<1.8
	CT-R4-02	1228.40	5937.20	<1.8
	CT-R4-03	1083	6007.70	<1.8
	PROMEDIO	1135	6008	<1.8

Nota: Se sacó la media de los resultados obtenidos para las pruebas estadísticas.

Criterio Teórico para la Prueba T de Student.

Tras verificar la naturaleza paramétrica de los datos, se procedió con la Prueba T de Student para comparar dos muestras emparejadas. Las mediciones se tomaron antes y después, con el objetivo de evaluar si existían diferencias estadísticamente significativas. En este caso, un valor p igual o superior a 0.05 indicaría que no hay diferencias significativas, por lo que se mantendría la hipótesis nula (H_0). Si el valor p es menor a 0.05, significaría que hay diferencias significativas, validando así la hipótesis alternativa (H_a). El tratamiento de lixiviados de residuos sólidos del relleno sanitario San José de Canay mediante el sistema de aireación Cajamarca 2024.

Prueba de normalidad de los datos

H_0 : La muestra sigue una distribución normal

H_a : La muestra no sigue una distribución normal

Se procede a realizar el análisis de normalidad de las muestras de pH mediante el Test de Shapiro-Wilk. Este test es adecuado para evaluar la distribución de los datos en muestras

pequeñas, permitiendo determinar si siguen una distribución normal. Los resultados obtenidos del análisis son los siguientes:

Tabla 9
Prueba de normalidad

Parámetro	SHAPIRO-WILK			Desv. Est
	Estadístico	Gl	Sig.	
pH	0,858	9	0,100	0.4087
Temperatura t°c	0,667	9	0,101	2,106
Oxigenación ldo	0,979	9	0,100	0,2749
Solidos totales disueltos t.d.s	0,860	9	0,100	0,1132
Salinidad ‰	0,980	9	0,100	0,04711
Conductividad ms/cm	0,798	9	0,060	0,7793

Generalmente, si el valor p es mayor que el nivel de significancia α (usualmente 0.05), no rechazamos la hipótesis nula; si es menor, rechazamos la hipótesis nula. Dado que los valores p de pH, Temperatura, Oxigenación, TDS, Salinidad y Conductividad son todos mayores que 0.05, no rechazamos la hipótesis nula para estos parámetros. Esto significa que estas muestras pueden seguir una distribución normal.

Prueba T de Student

Planteamiento de la hipótesis estadística para el pH

H₀: El sistema de aireación mejora el pH de lixiviados de residuos sólidos del relleno sanitario

H_a: El sistema de aireación no mejora el pH de lixiviados de residuos sólidos del relleno sanitario.

Tabla 10

Prueba T-Student muestras emparejadas

	N	Diferencias emparejadas					t	gl	Valor p
		Media	Desv.	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
PH-PO	4	9.150	0.473	0.24	-1.319	0.194	-	3	0.099
PH-P8	4	9.7125	0.0450	0.023			2.37		

Los resultados de la prueba emparejada para comparar los niveles de pH antes (p0) y después (p8) del tratamiento muestran que la diferencia media en los niveles de pH fue de 9.15 antes del tratamiento y 9.71 después. La desviación estándar fue de 0.473 antes y 0.045 después, con un error estándar promedio de 0.24 y 0.023, respectivamente. El intervalo de confianza del 95% para la diferencia en pH varió de -1.319 a 0.194, lo que incluye el valor cero y sugiere que no hay una diferencia estadísticamente significativa. El valor t calculado fue -2.37 con 3 grados de libertad, y el valor p resultante fue 0.099. Dado que el valor p es mayor al nivel de significancia común de 0.05, no se puede rechazar la hipótesis nula (Ho).

Prueba T de Student

Planteamiento de la hipótesis estadística para la temperatura

Ho: El sistema de aireación mejora la temperatura de lixiviados de residuos sólidos del relleno sanitario

Ha: El sistema de aireación no mejora la temperatura de lixiviados de residuos sólidos del relleno sanitario

Tabla 11

Prueba T-Student muestras emparejadas.

	N	Diferencias emparejadas					t	gl	Valor p
		Media	Desv.	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Temperatura t°C-p0	4	20.50	3.20	1.6	-6,55	3,65	-0,90	3	0.433
Temperatura t°C-p8	4	21.950	0.173	0.087					

Los resultados de la prueba emparejada para comparar las temperaturas antes (p0) y después (p8) del tratamiento indican que, con un número de observaciones de 4, la

diferencia media en las temperaturas fue de 20.50°C antes y 21.95°C después. La desviación estándar fue de 3.20°C antes y 0.173°C después, con un error estándar promedio de 1.6°C y 0.087°C, respectivamente. El intervalo de confianza del 95% para la diferencia en temperaturas abarca desde -6.55°C hasta 3.65°C, lo que incluye el valor cero, sugiriendo que no hay una diferencia estadísticamente significativa. El valor t calculado fue -0.90 con 3 grados de libertad, y el valor p asociado fue 0.433. Dado que el valor p es mayor que el umbral de significancia de 0.05, no se puede rechazar la hipótesis nula (H₀).

Prueba T de Student

Planteamiento de la hipótesis estadística para Oxigenación ldo mg/l-p0

H₀: El sistema de aireación mejora Oxigenación ldo mg/l de lixiviados de residuos sólidos del relleno sanitario

H_a: El sistema de aireación no mejora Oxigenación ldo mg/l de lixiviados de residuos sólidos del relleno sanitario

Tabla 12

Prueba T-Student muestras emparejadas

	N	Diferencias emparejadas					t	gl	Valor p
		Media	Desv.	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Oxigenación ldo mg/l-P0	4	3.410	0.261	0.13					
Oxigenación ldo mg/l-P8	4	3.722	0.224	0.11	(-0.755	0.130	-1.82	5	0.129

Los resultados de la prueba emparejada para comparar los niveles de oxigenación LDO en mg/L antes (P0) y después (P8) del tratamiento muestran que la media de las diferencias fue de 3.410 mg/L antes y 3.722 mg/L después. La desviación estándar fue de

0.261 mg/L antes y 0.224 mg/L después, con un error estándar promedio de 0.13 mg/L y 0.11 mg/L, respectivamente. El intervalo de confianza del 95% para la diferencia en oxigenación LDO varió de -0.755 a 0.130 mg/L, incluyendo el valor cero, lo que indica que no hay evidencia clara de una diferencia significativa. El valor t calculado fue -1.82 con 5 grados de libertad, y el valor p resultante fue 0.129. Dado que el valor p es mayor al umbral de significancia común de 0.05, no se puede rechazar la hipótesis nula (H_0). Por lo tanto, el sistema de aireación mejora Oxigenación ldo mg/l de lixiviados de residuos sólidos del relleno sanitario.

Prueba T de Student

Planteamiento de la hipótesis estadística para Solidos totales disueltos t.d.s g/l

H_0 : El sistema de aireación mejora Solidos totales disueltos t.d.s g/l de lixiviados de residuos sólidos del relleno sanitario

H_a : El sistema de aireación no mejora Solidos totales disueltos t.d.s g/l de lixiviados de residuos sólidos del relleno sanitario.

Tabla 13

Prueba T-Student muestras emparejadas

	N	Diferencias emparejadas					t	gl	Valor p
		Media	Desv.	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Solidos totales disueltos t.d.s g/l -P0	4	14.807	0.145	0.073	(-0.3056	0.1506)	-0.94	5	0.399
Solidos totales disueltos t.d.s g/l -P8	4	14.8850	0.0768	0.038					

Los resultados de la prueba emparejada para comparar los sólidos totales disueltos (T.D.S) en g/L antes (P0) y después (P8) del tratamiento muestran que la media de los sólidos totales disueltos fue de 14.807 g/L antes y 14.885 g/L después. La desviación estándar fue de 0.145 g/L antes y 0.0768 g/L después, con un error estándar promedio de

0.073 g/L y 0.038 g/L, respectivamente. El intervalo de confianza del 95% para la diferencia en los sólidos totales disueltos abarca desde -0.3056 a 0.1506 g/L, incluyendo el valor cero. Esto sugiere que no se puede afirmar con certeza que exista una diferencia significativa en los niveles de sólidos totales disueltos entre antes y después del tratamiento. El valor t calculado fue -0.94 con 5 grados de libertad, y el valor p asociado fue 0.399. Dado que el valor p es mayor que el umbral de significancia común de 0.05, no se puede rechazar la hipótesis nula (H₀). Por lo tanto, el sistema de aireación mejora Sólidos totales disueltos t.d.s g/l de lixiviados de residuos sólidos del relleno sanitario

Prueba T de Student

Planteamiento de la hipótesis estadística para Salinidad ‰ totales disueltos t.d.s g/l

H₀: El sistema de aireación mejora Salinidad ‰ de lixiviados de residuos sólidos del relleno sanitario

H_a: El sistema de aireación no mejora Salinidad ‰ de lixiviados de residuos sólidos del relleno sanitario

Tabla 14

Prueba T-Student muestras emparejadas

	N	Diferencias emparejadas					t	gl	Valor p
		Media	Desv.	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Salinidad ‰- P ₀	4	15.4125	0.0386	0.019	(-0.0250	0.1100)	1.62	5	0.166
Salinidad ‰- P ₈	4	15.3700	0.0356	0.018					

Los resultados de la prueba emparejada para comparar la salinidad en ‰ antes (P₀) y después (P₈) del tratamiento muestran los siguientes datos: la media de la salinidad fue de 15.4125 ‰ antes y 15.3700 ‰ después. La desviación estándar fue de 0.0386 ‰ antes y 0.0356 ‰ después, con un error estándar promedio de 0.019 ‰ y 0.018 ‰, respectivamente. El intervalo de confianza del 95% para la diferencia en la salinidad va

de -0.0250 a 0.1100 ‰, incluyendo el valor cero. Esto indica que no hay una diferencia estadísticamente significativa entre los niveles de salinidad antes y después del tratamiento. El valor t calculado fue 1.62 con 5 grados de libertad, y el valor p asociado fue 0.166. Dado que el valor p es mayor al umbral de significancia común de 0.05, no se puede rechazar la hipótesis nula (H₀). Por lo tanto, el sistema de aireación mejora Salinidad ‰ de lixiviados de residuos sólidos del relleno sanitario.

Prueba T de Student

Planteamiento de la hipótesis estadística para Conductividad ms/cm

H₀: El sistema de aireación mejora Conductividad ms/cm de lixiviados de residuos sólidos del relleno sanitario

H_a: El sistema de aireación no mejora Conductividad ms/cm de lixiviados de residuos sólidos del relleno sanitario.

Tabla 15

Prueba T-Student muestras emparejadas

	N	Diferencias emparejadas					t	gl	Valor p
		Media	Desv.	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Conductivida d ms/cm -P0	4	26.48	1.25	0.62	(-1.757	2.222)	0.37	3	0.735
Conductivida d ms/cm -P8	4	26.2500	0.0577	0.029					

Los resultados de la prueba emparejada para comparar la conductividad en ms/cm antes (P0) y después (P8) del tratamiento muestran los siguientes datos: la media de la conductividad fue de 26.48 ms/cm antes del tratamiento y 26.25 ms/cm después. La desviación estándar fue de 1.25 ms/cm antes y 0.0577 ms/cm después, con un error estándar promedio de 0.62 ms/cm y 0.029 ms/cm, respectivamente. El intervalo de confianza del 95% para la diferencia en conductividad varió de -1.757 a 2.222 ms/cm, incluyendo el valor cero. Esto indica que no se puede determinar una diferencia

estadísticamente significativa entre los niveles de conductividad antes y después del tratamiento. El valor t calculado fue 0.37 con 3 grados de libertad, y el valor p asociado fue 0.735. Dado que el valor p es mayor al umbral de significancia común de 0.05, no se puede rechazar la hipótesis nula (Ho). Por lo tanto, el sistema de aireación mejora Conductividad ms/cm de lixiviados de residuos sólidos del relleno sanitario.

Prueba de normalidad de las muestras de laboratorio

Se procede a realizar el análisis de normalidad de las muestras mediante el Test de Shapiro-Wilk. Este test es adecuado para evaluar la distribución de los datos en muestras pequeñas, permitiendo determinar si siguen una distribución normal. Así, cuando el valor p es igual o superior a 0.05, se considera que los datos siguen una distribución normal, aceptando la hipótesis nula (Ho). Por el contrario, si el valor p es menor a 0.05, se concluye que los datos no se distribuyen normalmente, aceptando la hipótesis alternativa (Ha).

Ho: La muestra sigue una distribución normal

Ha: La muestra no sigue una distribución normal

Los resultados obtenidos del análisis son los siguientes:

Tabla 16

Prueba de normalidad

Parámetro	Shapiro-Wilk		Desv. Est
	Estadístico	Sig.	
DBO ₅	0,808	0,100	281.7
DQO	0,768	0,101	638.4
Coliformes totales	0,979	0,100	0,787

Dado el resultado de la prueba de Shapiro-Wilk, donde los valores de significancia (Sig.) para los parámetros DBO₅, DQO y Coliformes Totales son todos superiores a 0.05

(0.100, 0.101 y 0.100, respectivamente), se concluye que la muestra sigue una distribución normal para cada uno de estos parámetros. En la prueba de Shapiro-Wilk, un valor de significancia mayor a 0.05 indica que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de normalidad, por lo que podemos asumir que los datos están distribuidos normalmente.

Prueba T de Student

Planteamiento de la hipótesis estadística para DBO₅

H₀: El sistema de aireación reduce el DBO₅ de residuos sólidos del relleno sanitario

H_a: El sistema de aireación no reduce el DBO₅ de residuos sólidos del relleno sanitario.

Tabla 17

Prueba T-Student muestras emparejadas

	N	Diferencias emparejadas				t	gl	Valor p
		Media	Desv.	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia Inferior Superior			
DBO ₅ -P0	2	1511	4.39	3.11	(-3653;4317)	1.06	1	0.482
DBO ₅ -P4	2	1178.9	61.4	43				

Los resultados de la prueba emparejada para los valores de DBO₅ antes (P0) y después (P4) del tratamiento muestran que, aunque se observó un cambio en la media de la diferencia de DBO₅ (con una disminución promedio de 1511), este cambio no resultó estadísticamente significativo en este análisis. La desviación estándar de la diferencia fue de 1178.9, con un error estándar promedio de 61.4, y el intervalo de confianza del 95% para la diferencia varió de -3653 a 4317, incluyendo el valor cero. Esto indica que, a nivel estadístico, el cambio no fue lo suficientemente consistente para ser significativo. El valor t calculado fue de 1.06 con 1 grado de libertad, y el valor p asociado de 0.482, lo cual, al ser superior al nivel de significancia de 0.05, impide rechazar la hipótesis nula (H₀). Por ello, se concluye que el sistema de aireación reduce el DBO₅ de residuos sólidos del relleno sanitario.

Planteamiento de la hipótesis estadística para DQO

Ho: El sistema de aireación reduce el DQO de residuos sólidos del relleno sanitario.

Ha: El sistema de aireación no reduce el DQO de residuos sólidos del relleno sanitario.

Tabla 18

Prueba T-Student muestras emparejadas

	N	Diferencias emparejadas				t	gl	Valor p
		Media	Desv.	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia Inferior Superior			
DQO -P0	2	6671	1038	734	(-8650; 10000)	0.92	1	0.527
DQO -P4	2	5995.9	16.6	12				

La interpretación de los resultados de la prueba emparejada para los valores de DQO antes (P0) y después (P4) del tratamiento muestra que se observó un cambio en la media de la diferencia de DQO de 6671, con una desviación estándar de 5995.9 y un error estándar promedio de 1038. El valor t calculado fue 0.92 con 1 grado de libertad, y el valor p asociado fue 0.527. Dado que el valor p es mayor al nivel de significancia de 0.05, no se rechaza la hipótesis nula (Ho). Se concluye que, el sistema de aireación reduce el DQO de residuos sólidos del relleno sanitario.

Planteamiento de la hipótesis estadística para los coliformes totales

Ho: El sistema de aireación reduce los coliformes de residuos sólidos del relleno sanitario.

Ha: El sistema de aireación no reduce los coliformes de residuos sólidos del relleno sanitario.

Tabla 19

Prueba T-Student muestras emparejadas

	N	Diferencias emparejadas				t	gl	Valor p
		Media	Desv.	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia Inferior Superior			
Coliformes - P0	2	1439	2019	1427	(-16703;19572)	1.01	1	0.498
Coliformes - P4		4.30	3.54	2.5				

Los resultados de la prueba emparejada para los niveles de coliformes antes (P0) y después (P4) del tratamiento indica que hubo un cambio en la media de la diferencia de 1439. La desviación estándar de la diferencia es 2019, con un error estándar promedio de 3.54. El intervalo de confianza del 95% para la diferencia en los niveles de coliformes varía de -16703 a 19572, lo cual incluye el valor cero, sugiriendo que, a nivel estadístico, el cambio no es concluyente. El valor t calculado es 1.01 con 1 grado de libertad, y el valor p asociado es 0.498. Dado que este valor p es mayor al nivel de significancia de 0.05, no se rechaza la hipótesis nula (H_0).

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

En esta investigación, se observó una remoción de DBO_5 con una reducción de concentración de 1821.5 mg/L a 1135 mg/L, obteniendo un porcentaje de remoción máximo de 37.7% en la etapa más eficiente. En comparación, el estudio de Falcón (2022), que utilizó reactores UASB y filtros percoladores, logró una remoción de DBO_5 del 60%, una cifra considerablemente más alta que la de esta investigación. Esto sugiere que el uso de reactores específicos como el UASB puede mejorar la eficiencia en la remoción de carga orgánica en el tratamiento de lixiviados.

En cuanto a la DQO, los resultados mostraron una reducción de 7404.77 mg/L a 5937 mg/L, con una remoción máxima del 19.8%. Comparado con el estudio de Romero (2019) en el Relleno Sanitario Doña Juana, que alcanzó una remoción de contaminantes entre 29% y 35% en los períodos de mayor precipitación, los resultados de esta investigación presentan una efectividad moderada. Esto sugiere que, al igual que en el estudio de Romero (2019), las condiciones ambientales podrían influir en la eficiencia del tratamiento de lixiviados, destacando áreas potenciales de optimización para lograr mejores resultados.

Los resultados de esta investigación muestran una remoción muy alta de coliformes totales, alcanzando un promedio de 99.8% y un 100% en la etapa más eficiente (P4). Esta alta efectividad es comparable a los hallazgos de Suero (2022), quien obtuvo una remoción de 98.25% de coliformes fecales mediante el uso de humedales construidos. Ambos estudios indican que el tratamiento es eficaz para reducir la carga bacteriológica, aunque el método de humedales también mostró una alta eficiencia en la remoción de

otros contaminantes orgánicos, lo cual podría ser un área a explorar para mejorar el proceso.

Aunque esta investigación logró una remoción de DQO del 19.8%, el estudio de Salome (2023), que aplicó ozonización en el tratamiento de lixiviados en un vertedero, obtuvo una reducción del 32% en DQO. Este resultado sugiere que el uso de ozono puede ser una alternativa efectiva para aumentar la remoción de DQO en el tratamiento de lixiviados, siendo una opción a considerar para mejorar los niveles de reducción de carga orgánica en futuros proyectos.

Romero (2019), la investigación mostró que el sistema de tratamiento por membranas fue el más eficiente, pero también reveló deficiencias en la remoción de ciertos contaminantes. En nuestra investigación, el análisis de parámetros como la salinidad ($p=0.166$) y la conductividad ($p=0.735$) también mostró que no hubo mejoras significativas, alineándose con los hallazgos de Romero sobre la variabilidad en la eficacia de los sistemas de tratamiento.

Suero (2022), los humedales construidos en este estudio mostraron una alta eficiencia en la remoción de DBO_5 (86.46%), DQO (88.90%) y otros contaminantes. A pesar de los resultados positivos en el estudio de Suero, nuestra investigación encontró que los tratamientos evaluados no lograron mejoras estadísticamente significativas en parámetros como la oxigenación (LDO) y la conductividad, sugiriendo que el rendimiento de los humedales puede variar según las condiciones específicas.

Salome (2023), el uso de ozono mostró mejoras en la reducción de DQO y coliformes. En nuestra investigación, el tratamiento con diferentes tecnologías no logró cambios significativos en los parámetros medidos. Aunque el estudio de Salome destacó

una reducción de DQO del 32% al 5%, nuestros resultados muestran que, en algunos casos, no se logró una mejora significativa, indicando que otras tecnologías pueden ser necesarias para alcanzar resultados similares a los obtenidos con ozono.

4.2. Conclusiones

Respecto al objetivo específico 1, se concluye que, el análisis realizado en el relleno sanitario San José de Canay demuestra que el tratamiento aplicado presenta niveles de eficiencia variables según el parámetro evaluado. En cuanto a la DBO₅, se logró una remoción promedio del 34.3%, alcanzando un máximo de 37.7% en la etapa P4, reflejando una reducción significativa, aunque con oportunidad de mejora para cumplir plenamente con los estándares de calidad. Para la DQO, se obtuvo una remoción promedio del 19.3%, con una máxima eficiencia del 19.8% en la etapa P1, lo que indica que el proceso requiere optimización para un mejor desempeño. Por otro lado, la remoción de coliformes totales fue sobresaliente, con un promedio del 99.8% y una remoción completa (100%) en la etapa P4, evidenciando un cumplimiento exitoso de los estándares sanitarios en este aspecto.

En cuanto al objetivo específico 2, se concluye que, al comparar los parámetros químicos de concentraciones iniciales y finales de DBO₅, DQO, coliformes totales, pH, oxígeno disuelto, temperatura, salinidad y conductividad del Lixiviado del relleno sanitario San José de Canay, el análisis de los parámetros evaluados muestra que el pH aumentó significativamente de 8.47 en la muestra inicial (P0) a 9.75 en la muestra final (P8), reflejando una tendencia hacia una mayor alcalinidad a lo largo del proceso. La temperatura incrementó de 15.7°C en P0 a valores estables alrededor de 22°C en las etapas posteriores, mostrando una estabilización tras un aumento inicial. En cuanto a la oxigenación disuelta (LDO), se observaron variaciones leves, con un incremento de 3.47

mg/L en P0 a un máximo de 3.92 mg/L en P8, evidenciando una ligera mejora en este parámetro. Los sólidos totales disueltos (TDS) se mantuvieron relativamente estables, pasando de 14.59 g/L en P0 a 14.93 g/L en P8, reflejando cambios mínimos durante el proceso. La salinidad mostró una leve disminución de 15.45‰ en P0 a 15.40‰ en P8, mientras que la conductividad disminuyó de 28.33 mS/cm en P0 a 26.2 mS/cm en P8, lo que sugiere una reducción en la capacidad del lixiviado para conducir electricidad, asociada con la ligera disminución de sales disueltas

Finalmente, en cuanto al objetivo principal el cual fue: Determinar cuál es la eficiencia del sistema de aireación para el tratamiento de lixiviados de residuos sólidos del relleno sanitario San José de Canay, las tecnologías de tratamiento utilizadas presentaron una eficiencia mixta en la remoción de los contaminantes. Aunque se observó que la remoción en coliformes totales fue del 100 %.

REFERENCIAS

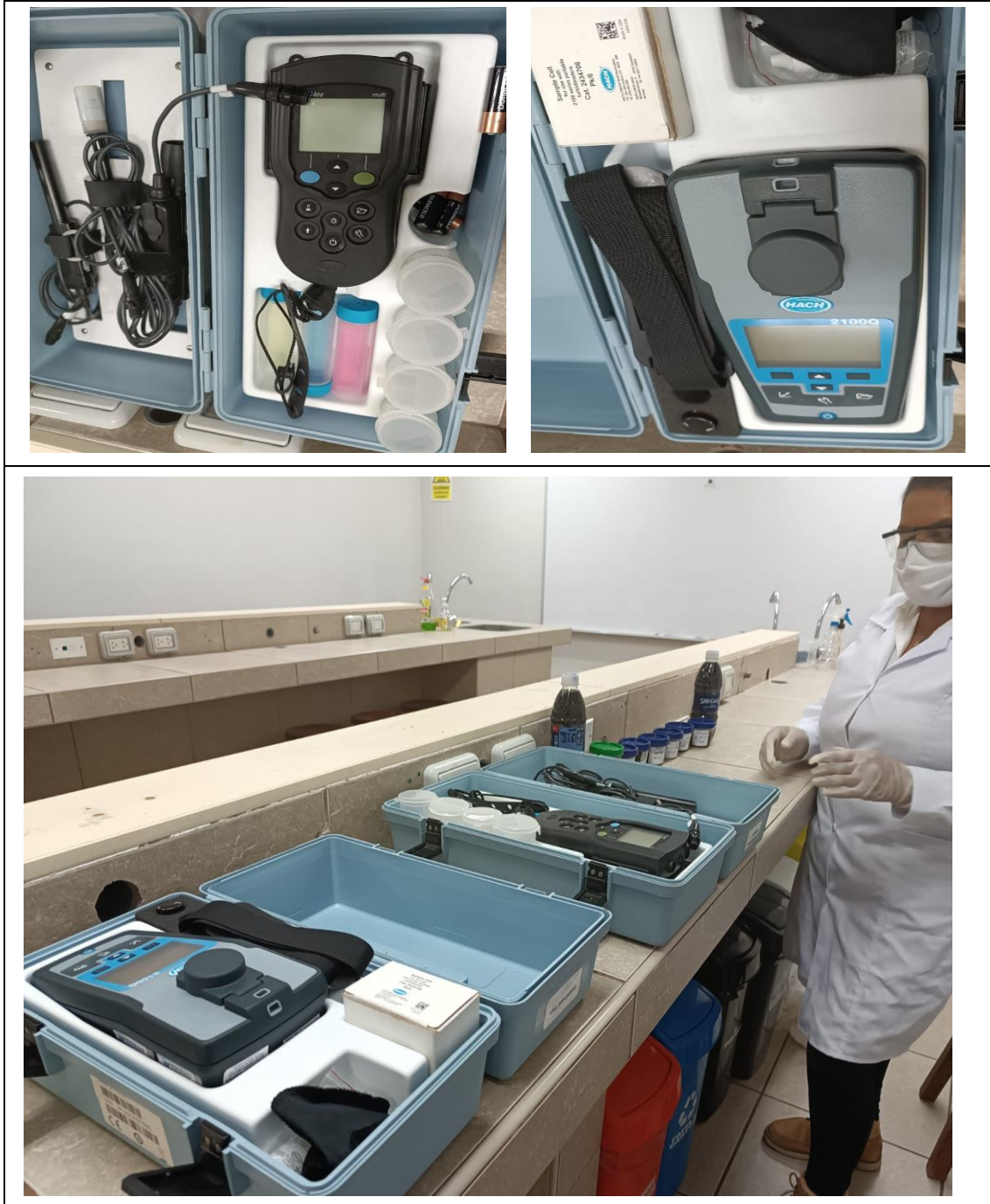
- Alvarado, F. D., Cortés, P., Melanie, D., & La grille, C. (2018). *Tratamiento de lixiviados de un relleno sanitario: propuesta y evaluación de un sistema de humedales artificiales.*
- Falcón, Q. J. E. (2022). *Simulación computacional del tratamiento de lixiviados del relleno sanitario de Ambato mediante un filtro aeróbico y anaeróbico.*
- Gil, M. M. T. (2021). *Cámaras de aireación como sistema de control de la humedad de capilaridad en edificios históricos. Criterios de diseño.*
<https://scopus.bibliotecaupn.elogim.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85115383685&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=8259a03c23e2095955341a3089662e95&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28Sistema+de+aireaci%C3%B3n%29&sl=35&sessionSearchId=8259a03c23e2095955341a3089662e95&relpos=1>
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.*
- Kwame, G. P. (2019). *Contradicciones En El Manejo De Los Residuo Sólidos Urbanos En Ghana: Retos Actuales Para El Desarrollo.*
- Loosdrecht, M. C. (2019). *Métodos Experimentales para el Tratamiento de Aguas Residuales.*
- Ministerio del Ambiente. (2022). *Minam promueve el uso de nuevas tecnologías para la adecuada gestión de los residuos sólidos en el país.*
- Naciones Unidas. (2020). *La tecnología puede convertir en riqueza los desechos de las ciudades.*
- Robles, M. F., Morales, L. A. B., Piña, G. O., Espíndola, S. L., & Tovar, G. G. (2019). *Measurement of pH and heavy metals quantification in leachates from the biggest landfill of the metropolitan area of Mexico City.*
www.ujat.mx/publicaciones/uciencia
- Romero, T. D. (2019). *Gestión ambiental del sistema de tratamiento de lixiviados producto de la biodegradación de residuos sólidos urbanos en un relleno sanitario colombiano.*

- Salome, R. T. (2023). *Aplicación de la tecnología de ozono en el tratamiento de lixiviados para reducir compuestos orgánicos totales en el vertedero de residuos sólidos urbanos en Cajamarca-Perú*. <https://orcid.org/0000-0002-1870-6648>
- Sánchez, A. L. A., & Pérez, A. A. A. (2021). *Propuesta de diseño de relleno sanitario para el distrito de Baños del Inca, Cajamarca 2021*.
- Suero, S. D. E. (2022). *Manejo de lixiviados de la fracción orgánica de los residuos sólidos del relleno sanitario de Anta, Cusco, Perú*.
- Yabroudi, S. C., Sobrinho, P. A., Morita, D. M., & Queiroz, L. M. (2019). *Aplicabilidad del proceso de nitrificación/desnitrificación en el tratamiento de lixiviado de relleno sanitario*.
- Zafra, M. C., & Romero, T. D. (2019). Tendencias tecnológicas de depuración de lixiviados en rellenos sanitarios iberoamericanos. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 18(35), 125–147. <https://doi.org/10.22395/rium.v18n35a8>

ANEXOS

ANEXO N° 01.

Equipos Utilizados para los análisis de muestras (Multiparámetro) en la Universidad Privada del Norte



ANEXO N° 02

Resultados de Laboratorio



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 03240266

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Físicoquímicos					
Código de la Muestra	CT-R1-01	CT-R1-02	CT-R1-03	CT-R2-01	CT-R2-02	CT-R2-03		
Código Laboratorio	03240266-01	03240266-02	03240266-03	03240266-04	03240266-05	03240266-06		
Matriz	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual		
Descripción	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal		
Localización de la Muestra	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca		
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.6	1180.0	1056.0	1365.0	1089.3	1264.3	1337.0
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O2/L	8.3	6078.1	5831.5	5902.0	6007.7	5972.4	5972.4

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA




Cajamarca, 27 de marzo de 2024



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 03240266

DATOS DEL CLIENTE


Razon Social/Nombre **VEGA BAZAN HENRY MICHEL**
 Dirección **JR JORGE POZO MANRIQUE RD. 118**
 Persona de contacto **VEGA BAZAN HENRY MICHEL** Correo electrónico **henryvegab10@gmail.com**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **17.03.24 a 18.03.24** Hora de Muestreo **12:45 (17.03.24) a 6:45 (18.03.24)**
 Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° **-**
 Procedimiento de Muestreo **-**
 Tipo de Muestreo **Puntual**
 Número de puntos de muestreo **12**
 Ensayos solicitados **Químicos Instrumentales- Físicoquímicos- Microbiológicos**
 Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación**
 Referencia de la Muestra **Cajamarca**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC-370** Cadena de Custodia **CC - 0266 - 24**
 Fecha y Hora de Recepción **18.03.24 08:13** Inicio de Ensayo **18.03.24 08:30**
 Reporte Resultado **27.03.24 16:50**


 Edder Neyra Jaico
 Responsable de Laboratorio
 CIP: 147028

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Cajamarca, 27 de marzo de 2024

Página: 1 de 6



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 03240266

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Físicoquímicos					
Código de la Muestra			CT-R3-01	CT-R3-02	CT-R3-03	CT-R4-01	CT-R4-02	CT-R4-03
Código Laboratorio			03240266-07	03240266-08	03240266-09	03240266-10	03240266-11	03240266-12
Matriz			Residual	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual
Descripción			Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal
Localización de la Muestra			Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.6	1072.2	1261.8	1332.8	1095.0	1228.4	1083.0
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O2/L	8.3	5972.4	6007.7	5972.4	6078.1	5937.2	6007.7

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método; valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA



Cajamarca, 27 de marzo de 2024

Página: 3 de 6



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 03240266

ENSAYOS			Microbiológicos					
Código de la Muestra			CT-R1-01	CT-R1-02	CT-R1-03	CT-R2-01	CT-R2-02	CT-R2-03
Código Laboratorio			03240266-01	03240266-02	03240266-03	03240266-04	03240266-05	03240266-06
Matriz			Residual	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual
Descripción			Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal
Localización de la Muestra			Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Microbiológicos					
Coliformes Totales	NMP/100mL	1.8	23	4.5	7.8	<1.8	2.0	<1.8

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1, significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE, valor estimado

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA

Cajamarca, 27 de marzo de 2024



Página: 4 de 5



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 03240266

ENSAYOS			Microbiológicos					
Código de la Muestra			CT-R3-01	CT-R3-02	CT-R3-03	CT-R4-01	CT-R4-02	CT-R4-03
Código Laboratorio			03240266-07	03240266-08	03240266-09	03240266-10	03240266-11	03240266-12
Matriz			Residual	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual
Descripción			Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal
Localización de la Muestra			Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Microbiológicos					
Coliformes Totales	NMP/100mL	1.8	<1.8	<1.8	6.8	<1.8	<1.8	<1.8

Note: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1, significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA



Cajamarca, 27 de marzo de 2024

Página 5 de 6



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 03240266

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMERW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24 th Ed. 2023. Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMERW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24 th Ed. 2023. Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method
Coliformes Totales	NMP/100mL	SMERW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C, 24 th Ed. 2023. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (**) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservarán en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
- ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 - Rev N°02 - Fecha: 03/07/2020

Cajamarca, 27 de marzo de 2024

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA



Página: 6 de 6