

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
FACULTAD DE INGENIERÍA**



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y
AMBIENTAL**

**EFFECTO DEL pH SOBRE LA EFICACIA DEL
POLICLORURO DE ALUMINIO EN LA REMOCIÓN DE
MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL
CAMAL MUNICIPAL JAÉN**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
FORESTAL Y AMBIENTAL**

Autor : Bach. Evelyn Fiorela Pérez Guevara

Asesores: Dr. Cirilo Mario Caira Mamani

Dr. Persi Vera Zelada

**Línea De Investigación: Innovación tecnológica para el desempeño y competitividad
para la calidad ambiental**

JAÉN - PERÚ, 2025

Evelyn Fiorela Pérez Guevara

EFECTO DEL pH SOBRE LA EFICACIA DEL POLICLORURO DE ALUMINIO EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LA...

 Quick Submit

 Quick Submit

 Universidad Nacional de Jaen

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3251023402

53 Páginas

Fecha de entrega

15 may 2025, 12:02 p.m. GMT-5

7373 Palabras

Fecha de descarga

15 may 2025, 12:06 p.m. GMT-5

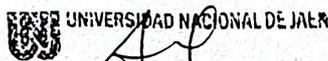
40.556 Caracteres

Nombre de archivo

VERSI_N_3_-_EVELYN_FIORELA_P_REZ_GUEVARA.pdf

Tamaño de archivo

3.4 MB



Dr. Alexander Huamán Mera
Responsable de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

6% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text
- Small Matches (less than 15 words)

Top Sources

- 5%  Internet sources
- 1%  Publications
- 4%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Dr. Alexander Huamán Mera
Responsable de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería



ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el 12 de junio del 2025, siendo las 11:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado Evaluador designados con Resolución N°160-2025-UNJ/FI

Presidente: Mag. María Marleni Torres Cruz

Secretario : Mag. Annick Estefany Huaccha Castillo

Vocal : Dr. Wagner Colmenares Mayanga

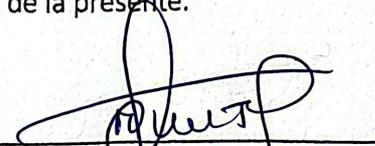
Para evaluar la sustentación del Informe Final de Tesis titulado: **"EFECTO DEL pH SOBRE LA EFICACIA DEL POLICLORURO DE ALUMINIO EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL JAÉN"**, cuyo autor es la Bachiller Evelyn Fiorela Pérez Guevara , de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, teniendo como asesores al Dr. Cirilo Caira Mamani y al Dr. Persi Vera Zelada; Después de la sustentación y defensa, el Jurado Evaluador acuerda:

() Aprobar () Desaprobar () Unanimidad () Mayoría

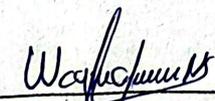
Con la siguiente mención:

| | | |
|-------------|------------|--------|
| Excelente | 18, 19, 20 | () |
| Muy bueno | 16, 17 | () |
| Bueno | 14, 15 | (15) |
| Regular | 13 | () |
| Desaprobado | 12 o menos | () |

Siendo las 11:50 horas, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.


Mag. María Marleni Torres Cruz
Presidenta Jurado Evaluador


Mag. Annick Estefany
Huaccha Castillo
Secretaria Jurado Evaluador


Dr. Wagner Colmenares Mayanga
Vocal Jurado Evaluador

**“AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA
PERUANA”**

**DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD Y DE NO PLAGIO DE LA
TESIS DE INVESTIGACIÓN (PREGRADO)**

Yo, **Evelyn Fiorela Pérez Guevara**, bachiller en Ingeniería Forestal y Ambiental de la Facultad de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén, identificada con DNI 71852836.

Declaro bajo juramento que:

1. Somos autores del trabajo titulado:
“EFECTO DEL pH SOBRE LA EFICACIA DEL POLICLORURO DE ALUMINIO EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL JAÉN”, asesorada por el Dr. Cirilo Mario Caira Mamani y el Dr. Persi Vera Zelada. El mismo que se presentó bajo la modalidad de Tesis de investigación para optar el Título Profesional de Ingeniero Forestal y Ambiental.
2. El texto de mi trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros, incluidos los derechos de propiedad intelectual. En ese sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.
3. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
4. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.
5. Declaro que mi trabajo cumple con todas las normas de la Universidad Nacional de Jaén.
6. Soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia, a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Nacional de Jaén y/o la Administración Pública toda la responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Fecha: Jaén, 10 de Julio del 2025



Evelyn Fiorela Pérez Guevara

71852836



ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|----|
| RESUMEN | 5 |
| ABSTRACT..... | 6 |
| I. INTRODUCCIÓN | 7 |
| II. MATERIALES Y MÉTODOS | 9 |
| 2.1. Ubicación..... | 9 |
| 2.2. Materiales..... | 10 |
| 2.2.1. Materiales de campo..... | 10 |
| 2.2.2. Materiales de laboratorio | 10 |
| 2.2.3. Equipos..... | 10 |
| 2.2.4. Reactivos..... | 10 |
| 2.3. Población, muestra y muestreo | 11 |
| 2.4. Métodos..... | 11 |
| 2.4.1. Obtención del agua residual del camal municipal Jaén | 11 |
| 2.4.2. pH y materia orgánica del agua residual del camal municipal Jaén “Régulo Bernal Torres” | 12 |
| 2.4.3. Determinación del efecto del PAC en la remoción de materia orgánica del agua residual del camal municipal Jaén “Régulo Bernal Torres” | 13 |
| 2.4.4. Análisis de varianza (Kruskall Wallis) | 14 |
| III. RESULTADOS..... | 15 |
| 3.1. Caracterización inicial del agua residual del camal municipal Jaén..... | 15 |
| 3.2. Efecto del PAC en diferentes pH de agua residual del camal municipal Jaén..... | 15 |
| 3.3. Efecto sinérgico entre el pH y el PAC en la remoción de materia orgánica | |
| 27 | |
| IV. DISCUSIÓN..... | 29 |
| V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 32 |
| 5.1. Conclusiones..... | 32 |
| 5.2. Recomendaciones | 33 |
| VI. REFERENCIAS..... | 34 |
| VII. DEDICATORIA | 37 |
| VIII. AGRADECIMIENTO | 39 |

| | |
|-----------------|----|
| XI. ANEXOS..... | 40 |
|-----------------|----|

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Coordenadas de ubicación del Camal Municipal..... | 10 |
| Tabla 2 Pruebas y parámetros | 13 |
| Tabla 3 Características iniciales del Agua Residual del Camal Municipal Jaén..... | 15 |
| Tabla 4 Resultado de laboratorio de las 3 réplicas del experimento | 15 |
| Tabla 5 Resultado del procesamiento de datos de DQO | 16 |
| Tabla 6 Descriptivos estadísticos para DQO | 17 |
| Tabla 7 Prueba de normalidad para la concentración de DQO | 18 |
| Tabla 8 Concentraciones de DQO a diferentes valores de pH..... | 20 |
| Tabla 9 Resumen de los valores y rangos | 21 |
| Tabla 10 Distribución χ^2 (df = 3)..... | 22 |
| Tabla 11 Resumen de resultados post hoc | 26 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 Mapa de ubicación del camal municipal "Régulo Bernal Torres" | 9 |
| Figura 2 Diagrama de las actividades realizadas en el Camal Municipal Jaén | 11 |
| Figura 3 Visita al Camal Municipal Jaén "Regulo Bernal Torres" | 40 |
| Figura 4 Equipo de trabajo para la colecta del agua residual | 40 |
| Figura 5 Colecta del agua residual del Camal Municipal Jaén..... | 41 |
| Figura 6 Control del pH en el estado natural del agua residual | 41 |
| Figura 7 Ajuste de pH con Hidróxido de Sodio (NaOH) | 42 |
| Figura 8 Inyección del PAC a diferentes concentraciones para evaluar su eficacia..... | 42 |
| Figura 9 Agitación de las muestras a 200 rpm por 3 minutos | 43 |

| | |
|--|----|
| Figura 10 Medición de la turbidez del agua residual del camal municipal | 43 |
| Figura 11 Boleta emitida por el laboratorio INNODEVEL S.A.C. | 44 |
| Figura 12 Informe de ensayo emitido por el laboratorio INNODEVEL S.A.C. | 45 |

RESUMEN

El presente estudio, titulado “Efecto del pH sobre la eficacia del policloruro de aluminio en la remoción de materia orgánica de las aguas residuales del camal municipal- Jaén” tuvo como propósito evaluar cómo influye el pH en la eficacia del policloruro de aluminio (PAC) para reducir la materia orgánica presente en las aguas residuales del camal municipal de Jaén. Esta investigación surge de la preocupación por el impacto ambiental que generan estas descargas y la necesidad de encontrar métodos de tratamiento más efectivos. Se tomaron muestras de agua con alto contenido orgánico, las cuales fueron ajustadas a diferentes niveles de pH (6, 7, 8 y 9) para luego aplicar el tratamiento con PAC. El proceso incluyó una agitación controlada seguida de un periodo de sedimentación. Los resultados mostraron que el PAC tiene mejor desempeño en condiciones de pH neutro o ligeramente ácido, logrando eliminar hasta un 85% de la DQO y un 88% de la turbidez. En cambio, cuando el pH fue más alcalino, su efectividad disminuyó considerablemente, con valores inferiores al 60%. Estos hallazgos demuestran que el pH es un factor determinante para el éxito del proceso de coagulación-floculación, lo que refuerza la necesidad de controlarlo adecuadamente. Esta investigación aporta datos concretos que pueden ayudar a mejorar los sistemas de tratamiento de aguas residuales en instalaciones similares.

Palabras clave: pH, demanda química de oxígeno, turbidez, coagulación, floculación

ABSTRACT

The present study, entitled “Effect of pH on the efficacy of aluminum polychloride in the removal of organic matter from wastewater from the municipal slaughterhouse - Jaén” had the purpose of evaluating how pH influences the efficacy of aluminum polychloride (PAC) in reducing the organic matter present in wastewater from the municipal slaughterhouse of Jaén. This research arose from the concern for the environmental impact generated by these discharges and the need to find more effective treatment methods. Samples of water with high organic content were taken and adjusted to different pH levels (6, 7, 8 and 9) to then apply the PAC treatment. The process included controlled agitation followed by a sedimentation period. The results showed that PAC performed best under neutral or slightly acidic pH conditions, removing up to 85% of COD and 88% of turbidity. On the other hand, when the pH was more alkaline, its effectiveness decreased considerably, with values below 60%. These findings demonstrate that pH is a determining factor for the success of the coagulation-flocculation process, which reinforces the need to control it adequately. This research provides concrete data that can help improve wastewater treatment systems in similar facilities.

Key words: pH, chemical oxygen demand, turbidity, coagulation, flocculation

I. INTRODUCCIÓN

En América Latina se presentan problemas ambientales y sociales debido a la contaminación de las aguas, provocado por la acumulación de materia orgánica (MO) y nutrientes (Chen S. Y., 2018), provenientes de las descargas de las aguas residuales de los procesos industriales como minería, industria de alimentos, aguas residuales hospitalarias y de faenado sin previo tratamiento, en donde el 99% de los mataderos carecen de sistemas de tratamiento de aguas residuales; el 93% vierte sus aguas residuales directamente a un cuerpo natural de agua, al alcantarillado o a campo abierto, el 33% no hace ningún uso de los residuos resultantes de los procesos de sacrificio y faenado (Garzón Zúñiga, 2013). El tratamiento de aguas residuales provenientes de faenado es un problema global que afecta al ambiente y a la sociedad, por las altas descargas al medio acuático sin previa evaluación de criterios de calidad generando a futuro impactos significativos en los recursos naturales y en la salud pública (Chen Y. e., 2020). Es necesario implementar tecnologías avanzadas para mejorar la eficiencia en la remoción de la materia orgánica para reducir la formación de lodos y sedimentos, que complican los procesos de tratamiento convencionales (Montoya, 2018).

Diversos estudios destacan la eficacia del policloruro de aluminio (PAC) en el tratamiento de aguas residuales, especialmente en la remoción de compuestos orgánicos disueltos y coloidales, mejorando notablemente la calidad del agua (Mackenzie, 2010). Este compuesto, comúnmente usado como floculante, es sensible a los cambios de pH, los cuales modifican la especiación química del aluminio, afectando su capacidad para formar flóculos. Sierra y Guatame (2016) resaltan que el PAC no solo optimiza la formación de floc, sino que también reduce la generación de lodos y disminuye la necesidad de emplear polielectrolitos. Aunque su desempeño puede verse alterado por la variación del pH, continúa siendo eficaz en la remoción de turbidez, facilitando la sedimentación de la materia orgánica en aguas residuales

industriales (Sierra, 2016). En este contexto, Wang y Zhou (2008) demostraron que el uso del PAC como coagulante y floculante permitió eliminar hasta un 78% de compuestos orgánicos y un 94% de sólidos suspendidos totales, lo que reafirma su alto potencial en procesos de tratamiento de efluentes.

Por lo tanto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar el efecto del pH sobre la eficacia del policloruro de aluminio en la remoción de materia orgánica de las aguas residuales del camal municipal de Jaén. Para ello, se llevaron a cabo experimentos de coagulación-floculación variando los niveles de pH, y se analizaron la eficiencia del PAC en términos de remoción de materia orgánica. Este estudio permitirá no solo comprender mejor la interacción entre el coagulante y el pH en este tipo de efluentes, sino también optimizar el proceso de tratamiento para mejorar la calidad del agua y reducir la carga contaminante vertida en los cuerpos de agua locales.

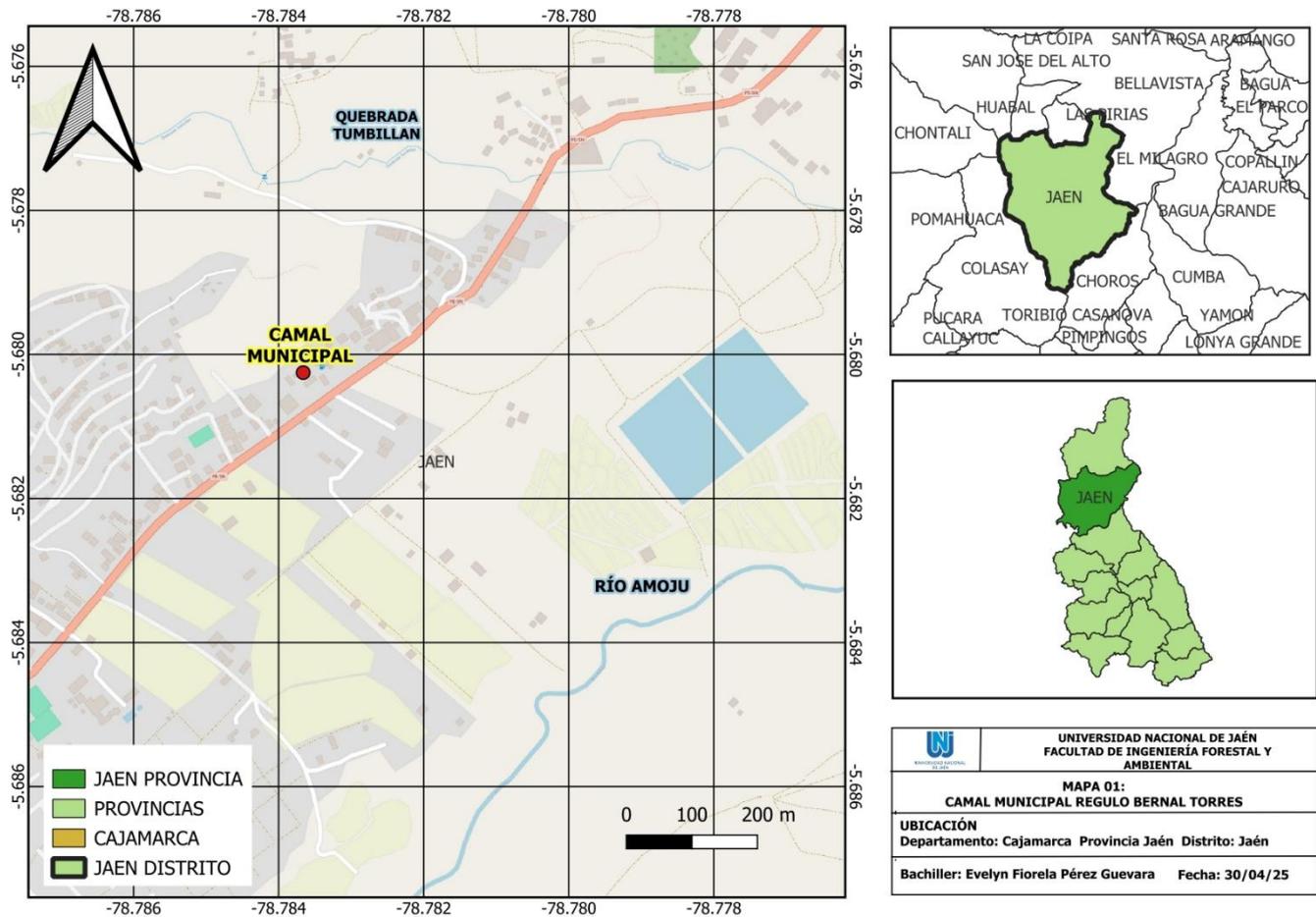
Este trabajo contribuirá a la creciente necesidad de desarrollar tecnologías innovadoras y eficientes para el tratamiento de aguas residuales en el sector agroindustrial, particularmente en áreas donde la capacidad de tratamiento es limitada y los recursos hídricos están bajo presión (Ghernaout et al., 2018). Además, los resultados de esta investigación podrán servir de base para la implementación de mejoras en la gestión de aguas residuales en camales municipales en otras regiones de Perú y América Latina, donde los problemas de contaminación por vertidos no tratados siguen siendo un desafío significativo.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1.Ubicación

La muestra se tomó del pozo de sedimentación en el camal municipal “Regulo Bernal Torres”, ubicado en el sector La Colina del distrito y provincia de Jaén región Cajamarca (Figura 1).

Figura 1 Mapa de ubicación del camal municipal "Regulo Bernal Torres"



En la figura 1, se muestra la ubicación del área de estudio el camal municipal Jaén “Regulo Bernal Torres” y el impacto que las aguas residuales podrían ocasionar en el rio Amojú.

Tabla 1

Coordenadas de ubicación del Camal Municipal

| Distrito | Coord. Este | Coord. Norte | Datum | Zona | Altitud (m.s.n.m) |
|-----------------|------------------------|-------------------------|--------------|-------------|------------------------------|
| Jaén | 7° 44' 26.6" | 93° 70' 82.1" | WGS-84 | 17S | 729 |

En la tabla 1 se encuentran las coordenadas de ubicación geográfica del Camal Municipal “Régulo Bernal Torres”, así como también su altitud sobre el nivel del mar que es 729 m.s.n.m.

2.2. Materiales

2.2.1. Materiales de campo

Balde de plástico transparente de primer uso (capacidad 20L), equipo de protección personal (guardapolvo, guantes, mascarilla, casco, botas de jebe), equipo GPS y libreta de apuntes.

2.2.2. Materiales de laboratorio

Pipeta volumétricas de 10 mL, probeta de 500 mL, probeta de 250 mL, vaso de precipitación de 500 mL, vaso de precipitación de 1000 mL, fiola de 50 mL, fiola de 250 mL, fiola de 500 mL, fiola de 1000 mL, embudo, matraz de Erlenmeyer, varilla, vaso de precipitación de 500 mL y botella de vidrio de 1L.

2.2.3. Equipos

Balanza analítica, turbidímetro, equipo de test de jarras, pH – metro, termo reactor, agitador magnético y espectrofotómetro.

2.2.4. Reactivos

Solución de polícloruro de aluminio ($Al_n(OH)_m(SO_4)_p (Cl_{3n-m-2p})$).

2.3. Población, muestra y muestreo

- **Población:**
Efluente del Camal Municipal de Jaén “Régulo Bernal Torres”
- **Muestra:**
45L litros del agua residual del Camal Municipal de Jaén “Régulo Bernal Torres”.
- **Muestreo:**
Fue aleatorio simple ya que la toma de muestra se realizará en un lugar determinado y una sola vez.

2.4. Métodos

2.4.1. Obtención del agua residual del camal municipal Jaén

Figura 2 Diagrama de las actividades realizadas en el Camal Municipal Jaén



En la figura 2, el diagrama muestra las diversas actividades que se realizó dentro del Camal Municipal “Régulo Bernal Torres” para la obtención del agua residual.

2.4.2. pH y materia orgánica del agua residual del camal municipal Jaén “Régulo Bernal Torres”

pH del agua residual del camal municipal Jaén “Régulo Bernal Torres”

Para medir el pH se utilizó un multiparámetro Orion Scientific. Para evitar mediciones inexactas, primero se calibró el electrodo con soluciones del mismo fabricante del potenciómetro (código 700004 y 700007). Seguidamente se filtró la muestra de agua residual, posteriormente se colocó el electrodo dentro del vaso precipitado con la muestra de agua residual y se esperó 30 minutos hasta que se establezca la medición en la pantalla.

– Concentración de materia orgánica del agua residual del camal municipal Jaén “Régulo Bernal Torres”

Se recolectaron muestras representativas de agua residual y se filtraron para eliminar sólidos suspendidos. Se determinó la Demanda Química de Oxígeno (DQO) utilizando un espectrofotómetro tras digestión en un termorreactor con reactivos específicos. Se aplicaron dosis variables de PAC y se efectuó una prueba de jarras para medir la remoción de materia orgánica. Los datos obtenidos se analizaron estadísticamente para evaluar la eficiencia del tratamiento.

2.4.3. Determinación del efecto del PAC en la remoción de materia orgánica del agua residual del camal municipal Jaén “Régulo Bernal Torres”

– Dosis del PAC

Se utilizó una concentración del 3% de policloruro de aluminio/Litro de agua residual del camal municipal Jaén “Régulo Bernal Torres”.

– Valores del pH

Las variables que se consideraron son: pH entre 6 y 9, los cuales fueron ajustados con solución de hidróxido de sodio (NaOH), con una variación de la concentración de policloruro de aluminio ($Al_2(OH)_3Cl_x$) al 3% y las dosificaciones de los parámetros involucrados se muestran en siguiente tabla.

El experimento realizó a 200 rpm, con un tiempo de agitación de 3 min y con un tiempo de reposo de 20 minutos por cada experimento, para lo cual se utilizó 1L por cada prueba y réplica.

Se midió la eficacia de remoción de materia orgánica en cada condición experimental. Para mejorar la eficacia de los resultados se tuvo que medir la DQO, antes y después de la adición del policloruro de aluminio.

Tabla 2

Pruebas y parámetros

| Pruebas | Réplica | pH | Concentración de Coagulante (%) | Velocidad de Agitación (rpm) | Tiempo de Agitación (min) | Tiempo de Reposo (min) |
|---------|---------|----|---------------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------------|
| 1 | 3 | 6 | 3 | 200 | 3 | 20 |
| 1 | 3 | 7 | 3 | 200 | 3 | 20 |
| 1 | 3 | 8 | 3 | 200 | 3 | 20 |
| 1 | 3 | 9 | 3 | 200 | 3 | 20 |

En la tabla 2 se muestran las pruebas realizadas a diferentes pH (6,7,8,9) y sus respectivas replicas, la concentración del coagulante PAC, así como también la velocidad de agitación (200 rpm), el tiempo de agitación de 3 minutos y el tiempo de reposo de 20 min.

– **Procedimiento para la evaluación de la materia orgánica con el test de jarras teniendo en cuenta el valor de pH, en el laboratorio**

Se recolectaron muestras de agua con alta carga orgánica y se ajustaron a pH 6, 7, 8 y 9 usando soluciones de NaOH. Cada muestra se colocó en un equipo de prueba de jarras de marca VELP Scientifica, donde se agitó a 200 rpm durante 3 minutos para garantizar la mezcla de los reactivos. Luego, se permitió un tiempo de sedimentación de 20 minutos sin agitación.

El experimento realizó a 200 rpm, con un tiempo de agitación de 3 min y con un tiempo de reposo de 20 minutos por cada experimento, para lo cual se utilizó 1L por cada prueba y réplica.

2.4.4. Análisis de varianza (Kruskall Wallis)

Se realizó dicho análisis estadístico ya que permitió comparar más de dos grupos y los datos no siguen una distribución normal. Además, permitió evaluar diferencias sin necesidad de asumir normalidad, lo que la hace perfecta para datos reales con variabilidad natural. Además, al ser no paramétrica, se adapta bien a muestras pequeñas o con distribuciones asimétricas.

III. RESULTADOS

3.1. Caracterización inicial del agua residual del camal municipal Jaén

Se analizaron las muestras de aguas residuales provenientes del camal municipal de Jaén, observándose:

Tabla 3

Características iniciales del Agua Residual del Camal Municipal Jaén

| Parámetros | pH (Unidad de pH) | Turbidez (NTU) | DQO (mg O ₂ /L) |
|-----------------------|-------------------|----------------|----------------------------|
| Agua Residual Inicial | 6.59 | 454,00 | 19980 |

En la tabla 3 se presentan los parámetros iniciales del agua residual del Camal Municipal “Régulo Bernal Torres” Jaén, estos parámetros fueron obtenidos antes de la realización de los ensayos del laboratorio.

3.2. Efecto del PAC en diferentes pH de agua residual del camal municipal Jaén

Los datos incluyen mediciones para diferentes valores de pH (6, 7, 8 y 9) y concentraciones de coagulante (3%), con resultados reportados en términos de DQO y turbidez. Las mediciones tienen tres réplicas para cada combinación.

Tabla 4

Resultado de laboratorio de las 3 réplicas del experimento

| pH | P | R1 | R2 | R3 |
|----|--------|---------|--------|--------|
| 6 | 13226 | 13226.8 | 13122 | 13042 |
| 7 | 6997.8 | 6960 | 6946.8 | 6963.8 |
| 8 | 8370 | 8380 | 8336 | 8373 |
| 9 | 10402 | 10414 | 10389 | 10422 |

En la tabla 4 se presentan los valores obtenidos de las concentraciones de DQO a diferentes valores de pH en las pruebas con sus respectivas réplicas.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En la presente investigación se desarrollaron análisis de carácter descriptivos, pruebas de normalidad y pruebas para contrastar hipótesis.

Tabla 5

Resultado del procesamiento de datos de DQO

| | Resumen de procesamiento de casos | | | | | |
|----|--|----------------|----------|----------------|-------|-------------------|
| | Válido | | Perdidos | | Total | |
| | N | Porcentaje (%) | N | Porcentaje (%) | N | Porcentaje (100%) |
| P | 4 | 100 | 0 | 0,0 | 4 | 100 |
| R1 | 4 | 100 | 0 | 0,0 | 4 | 100 |
| R2 | 4 | 100 | 0 | 0,0 | 4 | 100 |
| R3 | 4 | 100 | 0 | 0,0 | 4 | 100 |

En la tabla 5 se presentan los resultados del procesamiento de datos de DQO obtenido de las aguas residuales del Camal Municipal Jaén. Se muestra que el 100% de datos son válidos.

Tabla 6 Descriptivos estadísticos para DQO

| | | | Estadístico | Error típ. |
|----|---|-----------------|---------------|-------------|
| P | Media | | 25494,0000 | 14861,38710 |
| | Intervalo de confianza para la media al 95% | Límite inferior | -21801,5665 | |
| | | Límite superior | 72789,5665 | |
| | Media recortada al 5% | | 23974,0000 | |
| | Mediana | | 11814,0000 | |
| | Varianza | | 883443306,667 | |
| | Desv. típ. | | 29722,77421 | |
| | Mínimo | | 8370,00 | |
| | Máximo | | 69978,00 | |
| | Rango | | 61608,00 | |
| | Amplitud intercuartil | | 46912,00 | |
| | Asimetría | | 1,973 | 1,014 |
| | Curtosis | | 3,909 | 2,619 |
| R1 | Media | | 39505,5000 | 30928,95501 |
| | Intervalo de confianza para la media al 95% | Límite inferior | -58924,2386 | |
| | | Límite superior | 137935,2386 | |
| | Media recortada al 5% | | 36160,1111 | |
| | Mediana | | 9397,0000 | |
| | Varianza | | 3826401033,00 | |
| | Desv. típ. | | 61857,91003 | |
| | Mínimo | | 6960,00 | |
| | Máximo | | 132268,00 | |
| | Rango | | 125308,00 | |
| | Amplitud intercuartil | | 94489,50 | |
| | Asimetría | | 1,997 | 1,014 |
| | Curtosis | | 3,989 | 2,619 |
| R2 | Media | | 25328,7500 | 14745,69943 |
| | Intervalo de confianza para la media al 95% | Límite inferior | -21598,6467 | |
| | | Límite superior | 72256,1467 | |
| | Media recortada al 5% | | 23820,6111 | |
| | Mediana | | 11755,5000 | |
| | Varianza | | 869742606,250 | |
| | Desv. típ. | | 29491,39885 | |
| | Mínimo | | 8336,00 | |
| | Máximo | | 69468,00 | |
| | Rango | | 61132,00 | |
| | Amplitud intercuartil | | 46532,25 | |

| | | | |
|----|---|-----------------|-------------|
| | Asimetría | 1,974 | 1,014 |
| | Curtosis | 3,911 | 2,619 |
| R3 | Media | 25368,7500 | 14787,31471 |
| | Intervalo de confianza para la media al 95% | Límite inferior | -21691,0851 |
| | | Límite superior | 72428,5851 |
| | Media recortada al 5% | 23853,5556 | |
| | Mediana | 11732,00 | |
| | Varianza | 874658704,9 | |
| | Desv. típ. | 29574,62941 | |
| | Mínimo | 8373,00 | |
| | Máximo | 69638,00 | |
| | Rango | 61265,00 | |
| | Amplitud intercuartil | 46603,35 | |
| | Asimetría | 1,975 | 1,014 |
| | Curtosis | 3,916 | 2,619 |

En la Tabla 6 se presentan resultados del tratamiento estadístico descriptivo de la concentración de materia orgánica (DQO) de las aguas residuales del Camal Municipal Jaén ubicada en la provincia Jaén. Es importante mencionar que los valores característicos obtenidos antes del tratamiento (APT) no se incluyen, ya que son constantes y fueron descartados. Se presentan valores como mediana, media, desviación típica, varianza, curtosis, asimetría, etc.

Tabla 7

Prueba de normalidad para la concentración de DQO

| | Pruebas de normalidad^a | | | | | |
|----|--|----|------|--------------|----|------|
| | Kolmogorov-Smirnov ^b | | | Shapiro-Wilk | | |
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| P | ,410 | 4 | , | ,692 | 4 | ,009 |
| R1 | ,431 | 4 | , | ,651 | 4 | ,003 |
| R2 | ,411 | 4 | , | ,691 | 4 | ,009 |
| R3 | ,412 | 4 | , | ,690 | 4 | ,009 |

En la Tabla 7 se presentan los resultados de la prueba de normalidad (Sig) y su nivel de significancia. Para los fines de esta investigación, se tomó en cuenta el valor de significancia de Shapiro-Wilk (0,003 a 0,009), que al ser menor a 0,05 ($0,05 > 0,009$) indica que los datos

no cumplen una distribución normal, clasificándose como no paramétricos. El valor p de Kolmogorov-Smirnov fue descartado, ya que esta prueba se aplica principalmente a conjuntos de datos grandes, con tamaños superiores a 50.

Contrastación de hipótesis

De acuerdo con la naturaleza experimental y propósito de esta investigación, tamaño de la muestra, número de repeticiones y los resultados obtenidos por la prueba de normalidad; se realizó mediante la prueba de Kruskal Wallis que es el equivalente no paramétrico del ANOVA, un análisis estadístico que compara hipótesis. Prueba que examina la diferencia relevante a nivel estadístico de dos o más grupos de una variable independiente en una variable dependiente.

En la presente investigación, se investigó si los distintos niveles de pH (6, 7, 8 y 9) producen diferencias significativas en la reducción de la materia orgánica (DQO) del agua residual del Camal Municipal “Régulo Bernal Torres” de Jaén, mediante el uso del Policloruro de Aluminio.

Hipótesis nula (H_0): Todas las muestras provienen de poblaciones con la misma distribución, lo que implica que las medianas son iguales entre los grupos.

Hipótesis alternativa (H_a): Al menos uno de los grupos difiere en su mediana respecto a los demás.

Se cuenta con cuatro grupos, cada uno correspondiente a un valor de pH, con las siguientes mediciones:

Tabla 8

Concentraciones de DQO a diferentes valores de pH

| pH | P | R1 | R2 | R3 |
|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| 6 | 13226 | 13226.8 | 13122 | 13042 |
| 7 | 6997.8 | 6960 | 6946.8 | 6963.8 |
| 8 | 8370 | 8380 | 8336 | 8373 |
| 9 | 10402 | 10414 | 10389 | 10422 |

La tabla 8 representa las concentraciones de DQO en las pruebas con sus respectivas réplicas, se tienen 16 observaciones (4 por grupo).

La esencia de esta prueba es que, en lugar de utilizar directamente los valores, se trabajan con los rangos de todas las observaciones combinadas:

Ordenar los datos de menor a mayor

Se ordenaron los 16 valores y se les asignó un rango consecutivo:

– **Valores más bajos (pH 7)**

6946.8 (rango 1), 6960 (rango 2), 6963.8 (rango 3), 6997.8 (rango 4)

– **Valores intermedios (pH 8)**

8336 (rango 5), 8370 (rango 6), 8373 (rango 7), 8380 (rango 8)

– **Valores altos (pH 9)**

10389 (rango 9), 10402 (rango 10), 10414 (rango 11), 10422 (rango 12)

– **Valores muy altos (pH 6)**

13042 (rango 13), 13122 (rango 14), 13226 (rango 15), 13226.8 (rango 16)

Tabla 9

Resumen de los valores y rangos

| pH | Valores | Rangos asignados |
|-----------|------------------------------|-------------------------|
| 6 | 13226, 13226.8, 13122, 13042 | 15, 16, 14, 13 |
| 7 | 6997.8, 6960, 6946.8, 6963.8 | 4, 2, 1, 3 |
| 8 | 8370, 8380, 8336, 8373 | 6, 8, 5, 7 |
| 9 | 10402, 10414, 10389, 10422 | 10, 11, 9, 12 |

La tabla 9 muestra los rangos asignados a los valores de acuerdo con los niveles de pH

Fórmula para hallar la estadística H:

$$H = \frac{12}{n(n+1)} \sum \frac{R_i^2}{n_i} - 3(n + 1)$$

Donde:

N es el número total de observaciones (16 en este caso).

k es el número de grupos (4).

R_i es la suma de rangos para el grupo i .

n_i es el tamaño de cada grupo (4).

Calcular el valor ajuste:

$$H = \frac{12}{16 \times 17} = \frac{12}{272} = 0.04412$$

Determinar lo siguiente para cada grupo $\sum \frac{R_i^2}{n_i}$

$$\text{pH 7: } \frac{10^2}{4} = 25$$

$$\text{pH 8: } \frac{26^2}{4} = 169$$

pH 9: $\frac{42^2}{4} = 441$

pH 6: $\frac{58^2}{4} = 841$

Sumar estos términos: $25 + 169 + 441 + 841 = 1476$

Aplicando en:

$$H = \frac{12}{n(n+1)} \sum \frac{R_i^2}{n_i} - 3(n + 1)$$

$$H = 0.04412 \times 1476 - 3 \times 17$$

$$H = 65.064 - 51$$

$$H = 14.064$$

Seguiremos los siguientes pasos para calcular el valor de **p** a partir de la estadística de Kruskal–Wallis $H = 14.06$ con $k - 1 = 3$ grados de libertad:

Distribución de referencia

Bajo la hipótesis nula, H se aproxima a una distribución χ^2 con 3 grados de libertad. Para obtener p , buscamos la probabilidad de observar un valor de χ^2 mayor o igual a 14.06:

$$p = P(X_3^2 \geq 14.06) = 1 - F_{X_3^2}(14.06)$$

Donde:

$F_{X_3^2}$ es una función de distribución acumulada (CDF) de X^2 con 3 grados de libertad.

Tabla 10

Distribución χ^2 ($df = 3$)

| Nivel de significancia α | Valor crítico $X_3^2, 1 - \alpha$ |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| 0.05 | 7.815 |
| 0.01 | 11.345 |
| 0.005 | 12.838 |
| 0.002 | 14.511 |

El valor de $H = 14.06$ es superior a 12.838 ($\alpha = 0.005$), pero inferior que 14.511 ($\alpha = 0.002$).

Interpolación aproximada:

Podemos ubicar p entre esos puntos:

$$\begin{aligned} H_{0.005} &= 12.838; & p_{0.005} &= 0.005 \\ H_{0.002} &= 14.511; & p_{0.002} &= 0.002 \end{aligned}$$

Entonces la pendiente es:

$$m = \frac{0.002 - 0.005}{14.511 - 12.838} = \frac{-0.003}{1.673} \approx -0,00179/X^2$$

La diferencia $H - H_{0.005} = 14.06 - 12.838 = 1.222$; *de manera que,*

$$p \approx 0.005 + m \times 1.222 = 0.005 + (-0.00179) \times 1.222 \approx 0.005 - 0.00219 = 0.00281$$

Obtenemos mediante redondeo $p \approx 0.0027$, que se condice con el cálculo realizado por el software estadístico.

Considerando lo antes descrito:

El valor $p \approx 0.0027$ es muy inferior a 0.05 , se rechaza con firmeza la hipótesis nula (H_0) de igualdad de medianas.

Nos permite reforzar la conclusión que, en el experimento, al menos uno de los niveles de pH es diferente a los demás en relación de la eficiencia del Policloruro de Aluminio.

De esta manera, se demuestra cómo, partiendo de $H = 14.06$ y usando la distribución X^2_3 , se llega al valor de $p \approx 0.0027$.

La estadística H se aproxima a una distribución χ^2 con $k - 1$ grados de libertad (en este caso, 3 grados). Al comparar el valor obtenido con la distribución χ^2 , se determina que el valor p es aproximadamente 0.0027. Dado que p es menor que el nivel de significancia común (0.05), se concluye que existen diferencias significativas entre los grupos.

Interpretación: El resultado de la prueba Kruskal Wallis indica que los diferentes niveles de pH tienen un efecto significativo sobre la eficacia del Policloruro de Aluminio (PAC), para disminuir la concentración de materia orgánica (DQO). Es decir, al menos uno de los grupos se comporta de forma distinta (se acepta la hipótesis alterna) en comparación con los otros, lo que sugiere que el pH es un factor importante en el tratamiento.

La prueba de Kruskal-Wallis proporcionan resultados con evidencia sólida, que la eficacia del Policloruro de Aluminio (PAC), para reducir la materia orgánica en el agua residual (DQO), varían significativamente según el pH. El estadístico H aproximado de 14.06 y un valor $p = 0.0027$, menor al valor convencional de 0.05, es decir: $p < sig$ (como $p < 0.05$, se rechaza la hipótesis nula), podemos afirmar que los cambios de pH influye de forma significativa en el proceso de tratamiento.

Lo antes descrito se fundamenta en lo siguiente:

– **Distribución de rangos**

Las observaciones del grupo con pH 7 tienen los rangos más bajos (promedio de 2.5), mientras que los valores del grupo con pH 6 presentan los rangos más altos (promedio de 14.5). Esto refleja que, de manera general, el comportamiento de los datos difiere notablemente entre estos grupos, lo que contribuye a la diferencia global identificada por la prueba.

– **Implicaciones de los valores de H y p**

El valor de H, aproximadamente 14,06 refleja una variabilidad considerable en los rangos entre los diferentes grupos, lo que permite rechazar la hipótesis de que todos presentan un comportamiento semejante. Asimismo, el valor p de 0,0027 respalda esta conclusión, indicando que las diferencias observadas no se deben al azar, sino que tienen una relevancia estadística significativa.

Con el propósito de mejorar el análisis estadístico, realizamos la comparación entre grupos (prueba post hoc), mediante la prueba de Dunn con corrección de Bonferroni, que consiste en el análisis post hoc fundamental cuando se realizan comparaciones múltiples, ya que este método evita el incremento del error de tipo I que se produce al evaluar simultáneamente varias hipótesis.

Cálculo de la estadística Z

Para cada par de grupos (i, j), la diferencia de sus rangos promedio se estandariza:

$$Z_{ij} = \frac{\bar{R}_i - \bar{R}_j}{\sqrt{\frac{N(N+1)}{12} \left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right)}}$$

Donde:

\bar{R}_i es el promedio de rangos del grupo i.

N es el número total de observaciones.

n_i y n_j son los tamaños muestrales de los grupos i y j, respectivamente.

_ pH 7 vs pH 6

$$Z = \frac{2.5 - 14.5}{3.37} = \frac{-12}{3.37} = -3.560$$

Corrección de Bonferroni

Se multiplica cada valor p por el número total de comparaciones, en este caso con 4 grupos tenemos $4 \cdot 3 / 2 = 6$ comparaciones.

Tabla 11

Resumen de resultados post hoc

| Comparación | Diferencia de medias de rangos | Z | p sin ajuste | p ajustado (Bonferroni) | Significancia ($\alpha = 0.05$) |
|--------------|--------------------------------|--------|--------------|-------------------------|-----------------------------------|
| pH 7 vs pH 8 | 2.5 - 6.5 = -4.0 | -1.186 | ~0.235 | 1.00 | No |
| pH 7 vs pH 9 | 2.5 - 10.5 = -8.0 | -2.372 | ~0.0176 | 0.1056 | No |
| pH 7 vs pH 6 | 2.5 - 14.5 = -12.0 | -3.560 | ~0.00036 | 0.00216 | Sí |
| pH 8 vs pH 9 | 6.5 - 10.5 = -4.0 | -1.186 | ~0.235 | 1.00 | No |
| pH 8 vs pH 6 | 6.5 - 14.5 = -8.0 | -2.372 | ~0.0176 | 0.1056 | No |
| pH 9 vs pH 6 | 10.5 - 14.5 = -4.0 | -1.186 | ~0.235 | 1.00 | No |

La tabla 10 representa la comparación que muestra diferencia significativa entre pH 7 vs pH 6, con un valor p ajustado de aproximadamente 0.00216, lo cual es menor que 0.05, e indica que hay una diferencia significativa entre los dos niveles de pH, a comparación del resto e indican que la diferencia no es significativa con la corrección de Bonferroni.

En esta investigación, al emplear la corrección de Bonferroni con la prueba de Dunn, se observó que solo la comparación entre los niveles de pH 7 y pH 6 presentó una diferencia estadísticamente significativa. Este hallazgo respalda la solidez de los resultados, ya que

disminuye la probabilidad de obtener diferencias aleatorias o no reales.

Lo esencial de esta corrección de Bonferroni en el tratamiento de aguas residuales, consiste en que las decisiones en la identificación de parámetros óptimos como el pH, implica de manera directa en la eficiencia del tratamiento y la calidad del agua tratada, es decir, que asegura que las variaciones identificadas son atribuidas a la variable de interés y no a errores estadísticos o fluctuaciones aleatorias.

Por lo antes indicado, la identificación de una diferencia estadística significativa entre el pH 6 y pH 7, indica que sutiles ajustes en el pH influye notablemente en la efectividad del PAC en la disminución de la concentración de la materia orgánica, optimizando los procesos de tratamiento o depuración, así un control pertinente de las condiciones operativas mejora la eficiencia de los tratamientos.

El ajuste o corrección de Bonferroni, refuerza la validez de los resultados, evita los falsos positivos y aporta la seguridad para tomar decisiones en el manejo y optimización en el tratamiento de aguas residuales.

3.3. Efecto sinérgico entre el pH y el PAC en la remoción de materia orgánica

Se observó un efecto sinérgico significativo entre el pH y la dosis de PAC en la eficiencia de remoción de materia orgánica. Los resultados experimentales indicaron que los valores de pH ligeramente ácidos (entre 6 y 7), combinados con dosis óptimas de PAC, favorecieron la formación de flóculos más densos y estables, lo que se tradujo

en una mayor eficiencia de coagulación-floculación. En estas condiciones, la reducción de la DQO (Demanda Química de Oxígeno) alcanzó hasta un 89 %.

IV. DISCUSIÓN

Los hallazgos de esta investigación evidencian que el uso de policloruro de aluminio (PAC) resulta efectivo para eliminar la materia orgánica presente en las aguas residuales del camal municipal de Jaén, siempre que el pH se mantenga dentro de un intervalo neutro o ligeramente ácido, específicamente entre 6 y 7. Estos resultados coinciden con los obtenidos en investigaciones anteriores, como la de Mackenzie (2010), quien analizó el comportamiento de diversos coagulantes bajo distintas condiciones de pH. En su estudio, subrayó la sensibilidad del PAC ante cambios en el pH, remarcando cómo estas variaciones afectan tanto la especiación química del aluminio como su eficacia en los procesos de coagulación y floculación, influyendo directamente en la calidad del agua tratada.

Relación de los hallazgos con la literatura existente

La disminución significativa de la demanda química de oxígeno (DQO) y la turbidez, con eficiencias de hasta 85% y 88%, respectivamente, en condiciones óptimas, refleja una mejora considerable en la calidad del agua tratada. Este comportamiento también fue reportado por estudios como el de Sierra y Guatame (2016) investigaron el uso del PAC en sistemas industriales, demostrando su capacidad para eliminar turbidez y compuestos orgánicos en aguas residuales., quienes documentaron la eficacia del PAC en la remoción de compuestos orgánicos disueltos y turbiedad en sistemas de tratamiento de aguas residuales industriales.

En el contexto latinoamericano, investigaciones realizadas por Garzón Zúñiga (2013), en su análisis del manejo de residuos en mataderos de América Latina, documentó las carencias significativas en sistemas de tratamiento, destacando la urgencia de soluciones tecnológicas como las exploradas en este estudio. destacaron que más del 90% de los mataderos en la región carecen de sistemas adecuados de tratamiento, lo que subraya la relevancia de este estudio.

Asimismo, Chen et al. (2020), al evaluar tecnologías aplicadas a sistemas locales, concluyeron que los coagulantes como el PAC pueden reducir hasta un 89% la carga contaminante en cuerpos de agua, alineándose con los resultados obtenidos en Jaén. Analizaron tecnologías similares y concluyeron que la aplicación de coagulantes en sistemas locales puede reducir hasta un 89% la carga contaminante en cuerpos de agua. Estas similitudes refuerzan la aplicabilidad del PAC en Jaén, mientras que las diferencias en niveles de pH óptimos y concentraciones utilizadas resaltan la necesidad de adaptar las tecnologías a las condiciones específicas de cada localidad.

La disminución significativa de la demanda química de oxígeno (DQO) y la turbidez, con eficiencias de hasta 85% y 88%, respectivamente, en condiciones óptimas, refleja una mejora considerable en la calidad del agua tratada. Este comportamiento también fue reportado por estudios como el de Sierra y Guatame (2016), quienes documentaron la eficacia del PAC en la remoción de compuestos orgánicos disueltos y turbiedad en sistemas de tratamiento de aguas residuales industriales.

Por otro lado, en condiciones de pH alcalinas (8 y 9), se observó una disminución en la eficiencia del tratamiento, con reducciones inferiores al 60% en DQO. Este resultado puede explicarse por la menor disponibilidad de las formas químicas activas del PAC bajo pH elevados, lo que concuerda con las observaciones de Wang et al. (2019) analizaron cómo el rendimiento de coagulantes de aluminio disminuye en condiciones alcalinas, explicando que esta reducción está asociada a la formación de compuestos químicos menos reactivos., quienes destacaron que el rendimiento de los coagulantes basados en aluminio disminuye en entornos alcalinos debido a la formación de compuestos menos reactivos.

Implicaciones prácticas y empleabilidad

El uso del PAC en el camal municipal de Jaén representa una solución viable para mejorar la gestión de aguas residuales en regiones con limitaciones tecnológicas. La optimización del pH en los procesos de coagulación - floculación no solo mejora la eficiencia del tratamiento, sino que también contribuye a reducir la generación de lodos y los costos operativos asociados, lo cual es crucial para la sostenibilidad de estas tecnologías en contextos rurales y periurbanos.

Por otra parte, los resultados obtenidos pueden ser utilizados como punto de referencia en otras regiones de América Latina, donde la falta de tratamiento adecuado de aguas residuales sigue representando un desafío ambiental considerable. Los datos presentados podrían contribuir a la formulación de políticas públicas, al aportar evidencia clara sobre la necesidad de regular y optimizar los procesos de depuración. De igual forma, estos hallazgos pueden respaldar decisiones relacionadas con la inversión en infraestructuras ambientales, demostrando que la adopción de sistemas que utilicen PAC y que estén ajustados a los parámetros óptimos identificados, puede disminuir de manera significativa los efectos negativos sobre el entorno y mejorar la calidad del agua disponible. Además, la posibilidad de replicar tanto el enfoque metodológico como las condiciones operativas propuestas facilita la adopción de soluciones más eficaces en escenarios similares.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La investigación permitió determinar que el rango de pH óptimo para maximizar la efectividad del policloruro de aluminio en la eliminación de materia orgánica se sitúa entre 6 y 7, es decir, en condiciones neutras o ligeramente ácidas. En estos parámetros, se alcanzaron los mayores niveles de reducción tanto en la demanda química de oxígeno (DQO) como en la turbidez, con eficacia de hasta un 85% y un 89%, respectivamente.
- Los resultados indicaron que el PAC en concentración del 3% y en medio ligeramente ácido y neutro (entre pH 6 y pH 7), alcanzó una eficacia considerablemente mayor.
- Las pruebas realizadas demostraron que el rendimiento disminuye notablemente en condiciones alcalinas (pH 8 y 9), destacando la sensibilidad de su eficacia a la variación del pH.
- Se evidenció que la interacción sinérgica entre un pH adecuado y la concentración de PAC optimiza los procesos de coagulación - floculación, reduciendo significativamente los niveles de contaminación en las aguas residuales del camal. Este efecto sinérgico puede servir como base para futuras optimizaciones en sistemas de tratamiento similares.

5.2.Recomendaciones

- Se sugiere a los futuros investigadores seguir con las investigaciones sobre el efecto del pH sobre otros floculantes de origen vegetal y sintéticos, además explorar el resultado de la combinación del PAC con otros coagulantes o la utilización de materiales alternativos, como el quitosano, para mejorar la remoción de contaminantes específicos y emergente.
- Dado que los resultados obtenidos evidencian una mayor eficacia del policloruro de aluminio (PAC) en condiciones de pH cercanas a la neutralidad, se recomienda profundizar el estudio en un rango más específico comprendido entre pH 6.0 y 7.0. Esta delimitación permitirá identificar con mayor precisión el punto óptimo de coagulación para la remoción de materia orgánica, lo cual es fundamental para optimizar el tratamiento de aguas residuales del camal municipal de Jaén. Asimismo, se sugiere realizar ensayos adicionales con intervalos más estrechos (por ejemplo, cada 0.2 unidades de pH) y bajo condiciones controladas de temperatura y dosificación del coagulante, con el fin de obtener resultados más robustos y replicables. Esta aproximación permitirá generar evidencia científica que respalde decisiones técnicas en futuras aplicaciones a escala piloto o industrial.

VI. REFERENCIAS

- Al-Jilil, S. A. (2010). Removal of organic compounds from municipal wastewater by dissolved air flotation. *Desalination*, 252(1-3), 165-169.
- Aguilar, M. I., Sáez, J., Lloréns, M., Soler, A., Ortuno, J. F., Meseguer, V. F., & Fuentes, A. (2005). Improvement of coagulation–flocculation process using anionic polyacrylamide as coagulant aid. *Chemosphere*, 58(1), 47-56.
- Chen, S. Y., & Chen, Y. E. (2020). Advanced coagulation processes for wastewater treatment: A review. *Journal of Water Process Engineering*, 33, 101-110.
- Chen, Y. e. (2018). Anaerobic Decomposition of Organic Matter in Industrial Wastewater: Implications for Biogas Production. *Journal of Environmental Engineering*(146). doi:10.1016/j.watres.2018.09.031
- Garzón Zúñiga, A. (2013). Evaluación del impacto ambiental de mataderos en América Latina. *Revista Ambiental*, 18(2), 45-59.
- Mackenzie, M. (2010). Coagulant performance under varying pH conditions. *Water Research*, 44(7), 201-212.
- Montoya, L. L. (2018). Treatment of slaughterhouse was by combined anaerobic and aerobic systems. *Journal of Environmental Management*.
- Ortega Ramírez, A. T., & Sanchez Rodriguez, T. (2021). Tratamientos avanzados para la potabilización de aguas residuales. *SciELO Analytics*, 121-134. doi:<https://doi.org/10.18359/rcin.5343>

- Renault, F., Sancey, B., Badot, P. M., & Crini, G. (2009). Chitosan for coagulation/flocculation processes: An eco-friendly approach. *European Polymer Journal*, 45(5), 1337-1348.
- Rodríguez, e. a. (2018). De residuo a recurso: Cambiando paradigmas para intervenciones más inteligentes. Grupo Banco Mundial. Obtenido de <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/9ef72d05-bbf8-5d5e-bb4b-e5c42bca2196/content>
- Sierra, J., & Guatame, L. (2016). Eficiencia del policloruro de aluminio en la remoción de turbiedad. *Ingeniería Ambiental*, 12(4), 67-74.
- Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D. (2014). *Wastewater engineering: Treatment and resource recovery*. McGraw-Hill Education
- Teh, C. Y., Wu, T. Y., & Juan, J. C. (2016). *Optimization of agro-industrial wastewater treatment using a combination of flocculation and flotation processes*. *Journal of Water Process Engineering*. 10, 27-36.
- UNESCO. (2017). *Aguas residuales: El recurso desaprovechado. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos, París*. Obtenido de <http://www.unesco.org/open-access/terms-use->
- Wang, Z., Zhang, X., Lu, Y., & Zhang, Q. (2019). *Influence of pH on the removal of contaminants during the coagulation process*. *Water Research*, 162, 10-16.
- Yan, M., Wang, D., Qu, J., Ni, J., & Chow, C. W. K. (2013). *Enhanced coagulation for high alkalinity and micro-polluted water: The third way through coagulant optimization*. *Water Research*, 47(20), 6743-6751.

Zouboulis, A. I., & Tzoupanos, N. D. (2010). *Polyaluminium silicate chloride—a systematic study for the preparation and application of an efficient coagulant for water or wastewater treatment*. *Desalination*, 250(1), 339-344.

VII. DEDICATORIA

Al **Rey de reyes y creador de todas las cosas**, fuente de sabiduría y fortaleza, por acompañarme en cada paso de este camino. Gracias por sostenerme en los momentos de duda y por regalarme la luz necesaria para no rendirme. El que me ha llenado de bendiciones y sabiduría en este largo camino lleno de obstáculos, quién me inspiró para la realización de este estudio y estuvo en cada paso firme hacia el éxito de hoy. Veo hacia atrás y no puedo evitar pensar en esa niña que no sabía que le preparaba el futuro, que solo deseaba superarse y confiaba en los planes de Dios tenía para ella, hoy me percató una vez más de su grandeza. Por ello con todo mi amor, dedico este trabajo y mi carrera profesional plenamente a DIOS.

A mis amados padres, **Almagro Pérez Díaz** y **María Yovany Guevara Heredia**, por ser mi inspiración diaria. Gracias por su amor infinito, por su ejemplo de entrega y por enseñarme que los sueños se alcanzan con humildad, sacrificio y fe. Esta tesis es fruto de todo lo que me han dado, y lleva su nombre en cada página, los amo con todo mi corazón, estoy muy orgullosa de ustedes y eternamente agradecida por elegirme su hija.

A mi hermano menor **Oliver Cecilio Pérez Guevara**, gracias por estar siempre presente con una palabra sabia y un corazón generoso. Eres ejemplo de fortaleza, nobleza y perseveranci.

Al **Dr. Cirilo Mario Caira Mamani**, mi asesor, por su paciencia, compromiso y por creer en mí incluso cuando yo misma dudaba. Su orientación fue clave para construir este trabajo con profundidad y propósito.

Al **Dr. Persi Vera Zelada**, mi co-asesor, por su apoyo constante y su valioso conocimiento compartido con generosidad. Más que un guía académico, fue un verdadero ejemplo de generosidad y compromiso. Usted es ejemplo de superación a pesar de las adversidades, éxito; mi admiración y respeto siempre. Cada consejo suyo fue luz en los momentos de duda, con profundo respeto y gratitud, le dedico este logro que también es suyo.

A Machín mi hijo perruno, compañero fiel de días buenos y difíciles, tu amor incondicional me ha dado fuerza, con tus ojos brillantes y tu lealtad silenciosa, has llenado mi vida de alegría. Gracias por estar siempre ahí, sin pedir nada más que cariño, este logro también es tuyo mi peludo amigo del alma

A mi tía **Marisol Guevara Heredia** por todo su apoyo durante los 3 últimos años de mi carrera universitaria, a mis abuelitos, a ti **Anyori Berna Soplapuco** por siempre estar presente en mi vida desde que nos hicimos amigas, siempre mi cariño y respeto hacia ti.

Gracias a todos ustedes por formar parte de esta bonita etapa de mi vida.

VIII. AGRADECIMIENTO

A mis padres, **Almagro Pérez Díaz y María Yovany Guevara Heredia**, gracias por enseñarme a creer en mí, incluso cuando yo dudaba. Su esfuerzo, sacrificio y amor han sido la base firme sobre la cual he podido construir este logro. A mi querido hermano, **Oliver Cecilio Pérez Guevara**, por estar siempre presente con palabras de aliento, por ser mi impulso silencioso cuando más lo necesitaba.

Al **Dr. Cirilo Mario Caira Mamani**, mi asesor, y al **Dr. Persi Vera Zelada**, mi co-asesor, les agradezco de corazón por compartir su tiempo, su experiencia y su paciencia a lo largo de este proceso. También a todos aquellos que, con un gesto, una palabra o simplemente estando, han dejado huella en este camino. A todos ustedes, gracias por haber formado parte de esta etapa tan importante de mi vida.

XI. ANEXOS

Figura 3 Visita al Camal Municipal Jaén “Regulo Bernal Torres”



Figura 4 Equipo de trabajo para la colecta del agua residual



Figura 5 *Colecta del agua residual del Camal Municipal Jaén*



Figura 6 *Control del pH en el estado natural del agua residual*



Figura 7 Ajuste de pH con Hidróxido de Sodio (NaOH)



Figura 8 Inyección del PAC a diferentes concentraciones para evaluar su eficacia



Figura 9 Agitación de las muestras a 200 rpm por 3 minutos

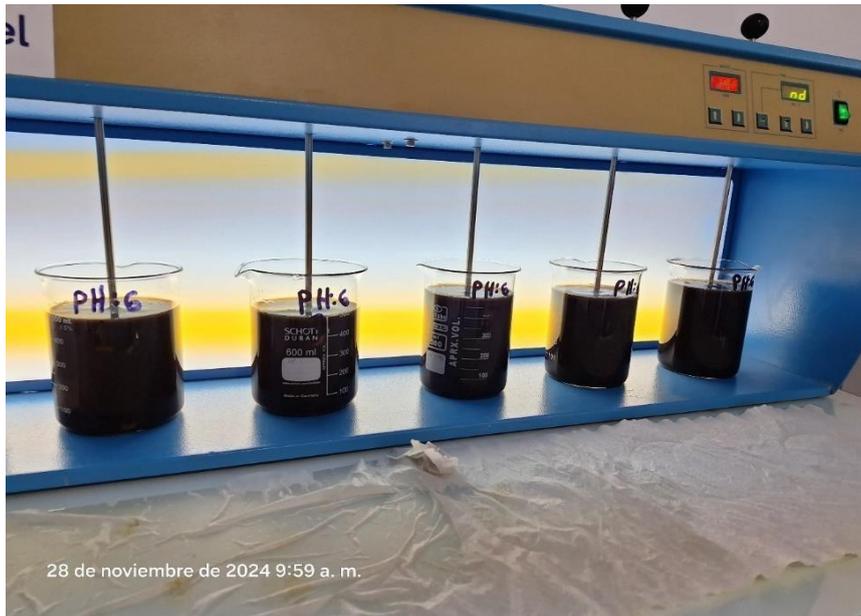


Figura 10 Medición de la turbidez del agua residual del camal municipal



Figura 11 Boleta emitida por el laboratorio INNODEVEL S.A.C.

11/2/25, 9:30

:: Boleta de Venta Electronica - Impresion ::

| | | | | | | |
|---|----------------------|---|--------------------------|---------------------|-----------------------------|---------------|
| INNODEVEL S.A.C. | | BOLETA DE VENTA ELECTRONICA | | | | |
| AV. LA CANTUTA S/N DPTO. E103 RES. LAS PRADREAS PARK | | RUC: 20602719236 | | | | |
| CAJAMARCA - CAJAMARCA - CAJAMARCA | | EB01-16 | | | | |
| Fecha de Vencimiento : | | | | | | |
| Fecha de Emisión : 11/02/2025 | | | | | | |
| Señor(es) : EVELYN FIORELA PÉREZ | | | | | | |
| DNI : 71852836 | | | | | | |
| Tipo de Moneda : SOLES | | | | | | |
| Observación : | | | | | | |
| Cantidad | Unidad Medida | Descripción | Valor Unitario(*) | Descuento(*) | Importe de Venta(**) | ICBPER |
| 1.00 | UNIDAD | SERVICIO DE ANALISIS Y PRUEBAS EN LABORATORIO PARA INVESTIGACION DE TESIS | 1378.50 | 0.00 | 1,626.63 | 0.00 |
| Otros Cargos : | | | | | | S/0.00 |
| Otros Tributos : | | | | | | S/0.00 |
| ICBPER : | | | | | | S/ 0.00 |
| Importe Total : | | | | | | S/1,626.63 |
| SON: UN MIL SEISCIENTOS VEINTISEIS Y 63/100 SOLES | | | | | | |
| (*) Sin impuestos. | | Op. Gravada : | | S/ 1,378.50 | | |
| (**) Incluye impuestos, de ser Op. Gravada. | | Op. Exonerada : | | S/ 0.00 | | |
| | | Op. Inafecta : | | S/ 0.00 | | |
| | | ISC : | | S/ 0.00 | | |
| | | IGV : | | S/ 248.13 | | |
| | | ICBPER : | | S/ 0.00 | | |
| | | Otros Cargos : | | S/ 0.00 | | |
| | | Otros Tributos : | | S/ 0.00 | | |
| | | Monto de Redondeo : | | S/ 0.00 | | |
| | | Importe Total : | | S/ 1,626.63 | | |
| <p><i>Esta es una representación impresa de la Boleta de Venta Electrónica, generada en el Sistema de la SUNAT. El Emisor Electrónico puede verificarla utilizando su clave SOL, el Adquirente o Usuario puede consultar su validez en SUNAT Virtual: www.sunat.gob.pe, en Opciones sin Clave SOL/ Consulta de Validez del CPE.</i></p> | | | | | | |

Figura 12 Informe de ensayo emitido por el laboratorio INNODEVEL S.A.C.



LABORATORIO DE ENSAYOS INNODEVEL

**INFORME DE ENSAYO N° IE2811240900
REV. 00**

DATOS DEL CLIENTE

Solicitante: Evelyn Fiorela Pérez Guevara
RUC / DNI: 71852836
Dirección fiscal: Jaén _Hipolito Unanue 840
Representante: Evelyn Fiorela Pérez Guevara
Correo Electronico: evelyn.perez@est.unj.edu.pe
Teléfono: 978 384 827
Proyecto: Efecto del pH sobre le eficacia del policloruro de aluminio en la remoción de materia orgánica de las aguas residual del camal municipal Jaén

CONTROL DEL LABORATORIO

Fecha de recepción: 28/11/2024
Fecha de ejecución: 28/11/2024
Fecha de reporte: 13/12/2024
Cadena de custodia: ---

MUESTREO

Muestreo realizado por: Innodelvel
N° de muestras: 42
Procedencia: Agua residual industrial

| ESTACIÓN DE MUESTREO | | | |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|
| M0-6-001 | CS7-8-001 | CS3-6-002 | CS0-9-002 |
| CS0-6-001 | CS9-8-001 | CS5-6-002 | CS1-9-002 |
| CS1-6-001 | M0-9-001 | CS7-6-002 | CS3-9-002 |
| CS3-6-001 | CS0-9-001 | CS9-6-002 | CS5-9-002 |
| CS5-6-001 | CS1-9-001 | M0-8-002 | CS7-9-002 |
| CS7-6-001 | CS3-9-001 | CS0-8-002 | CS9-9-002 |
| CS9-6-001 | CS5-9-001 | CS1-8-002 | |
| M0-8-001 | CS7-9-001 | CS3-8-002 | |
| CS0-8-001 | CS9-9-001 | CS5-8-002 | |
| CS1-8-001 | M0-6-002 | CS7-8-002 | |
| CS3-8-001 | CS0-6-002 | CS9-8-002 | |
| CS5-8-001 | CS1-6-002 | M0-9-002 | |


 Manuel A. Zelada Sangay
 CIP: 274151
 Encargado de laboratorio ambiental
 Jefe del Laboratorio de Ensayos

RESULTADOS

| IDENTIFICACIÓN CLIENTE | | | M0-6-001 | | CS0-6-001 | |
|----------------------------|--------------|------|------------|---------|------------|--------|
| IDENTIFICACIÓN LABORATORIO | | | 28-1101 | | 28-1102 | |
| FECHA DE MUESTREO | | | 28/11/2024 | | 28/11/2024 | |
| HORA DE MUESTREO | | | 09:00 | | 09:30 | |
| MATRIZ | | | AS | | AS | |
| PARÁMETRO | UNIDAD | LC | RESULTADO | DS | RESULTADO | DS |
| Potencial de hidrógeno | Unidad de pH | ---- | 6.59 | ± 0.47 | 6.64 | ± 0.01 |
| Turbidez | NTU | ---- | 454.00 | ± 18.00 | 332.00 | ± 9.00 |

| IDENTIFICACIÓN CLIENTE | | | CS1-6-001 | | CS3-6-001 | |
|----------------------------|--------------|------|------------|---------|------------|---------|
| IDENTIFICACIÓN LABORATORIO | | | 28-1103 | | 28-1104 | |
| FECHA DE MUESTREO | | | 28/11/2024 | | 28/11/2024 | |
| HORA DE MUESTREO | | | 09:40 | | 09:50 | |
| MATRIZ | | | AS | | AS | |
| PARÁMETRO | UNIDAD | LC | RESULTADO | DS | RESULTADO | DS |
| Potencial de hidrógeno | Unidad de pH | ---- | 6.65 | ± 0.01 | 6.62 | ± 0.01 |
| Turbidez | NTU | ---- | 310.00 | ± 16.50 | 271.00 | ± 34.50 |

| IDENTIFICACIÓN CLIENTE | | | CS5-6-001 | | CS7-6-001 | |
|----------------------------|--------------|------|------------|---------|------------|--------|
| IDENTIFICACIÓN LABORATORIO | | | 28-1105 | | 28-1106 | |
| FECHA DE MUESTREO | | | 28/11/2024 | | 28/11/2024 | |
| HORA DE MUESTREO | | | 10:00 | | 10:10 | |
| MATRIZ | | | AS | | AS | |
| PARÁMETRO | UNIDAD | LC | RESULTADO | DS | RESULTADO | DS |
| Potencial de hidrógeno | Unidad de pH | ---- | 6.58 | ± 0.01 | 6.58 | ± 0.01 |
| Turbidez | NTU | ---- | 214.00 | ± 11.50 | 173.00 | ± 4.00 |

RESULTADOS

| IDENTIFICACIÓN CLIENTE | | | CS9-6-001 | | M0-8-001 | |
|----------------------------|--------------|------|------------|--------|------------|--------|
| IDENTIFICACIÓN LABORATORIO | | | 28-1107 | | 28-1108 | |
| FECHA DE MUESTREO | | | 28/11/2024 | | 28/11/2024 | |
| HORA DE MUESTREO | | | 10:20 | | 11:00 | |
| MATRIZ | | | AS | | AS | |
| PARÁMETRO | UNIDAD | LC | RESULTADO | DS | RESULTADO | DS |
| Potencial de hidrógeno | Unidad de pH | ---- | 6.58 | ± 0.02 | 8.21 | ± 0.01 |
| Turbidez | NTU | ---- | 134.00 | ± 3.50 | 272.00 | ± 2.00 |

| IDENTIFICACIÓN CLIENTE | | | CS0-8-001 | | CS1-8-001 | |
|----------------------------|--------------|------|------------|--------|------------|--------|
| IDENTIFICACIÓN LABORATORIO | | | 28-1109 | | 28-1110 | |
| FECHA DE MUESTREO | | | 28/11/2024 | | 28/11/2024 | |
| HORA DE MUESTREO | | | 11:10 | | 11:20 | |
| MATRIZ | | | AS | | AS | |
| PARÁMETRO | UNIDAD | LC | RESULTADO | DS | RESULTADO | DS |
| Potencial de hidrógeno | Unidad de pH | ---- | 8.19 | ± 0.01 | 8.13 | ± 0.01 |
| Turbidez | NTU | ---- | 247.00 | ± 1.50 | 239.00 | ± 6.00 |

| IDENTIFICACIÓN CLIENTE | | | CS3-8-001 | | CS5-8-001 | |
|----------------------------|--------------|------|------------|--------|------------|--------|
| IDENTIFICACIÓN LABORATORIO | | | 28-1111 | | 28-1112 | |
| FECHA DE MUESTREO | | | 28/11/2024 | | 28/11/2024 | |
| HORA DE MUESTREO | | | 11:30 | | 11:40 | |
| MATRIZ | | | AS | | AS | |
| PARÁMETRO | UNIDAD | LC | RESULTADO | DS | RESULTADO | DS |
| Potencial de hidrógeno | Unidad de pH | ---- | 8.08 | ± 0.01 | 8.04 | ± 0.01 |
| Turbidez | NTU | ---- | 216.00 | ± 9.00 | 191.00 | ± 7.00 |

RESULTADOS

| IDENTIFICACIÓN CLIENTE | | | CS7-8-001 | | CS9-8-001 | |
|----------------------------|--------------|------|------------|--------|------------|--------|
| IDENTIFICACIÓN LABORATORIO | | | 28-1113 | | 28-1114 | |
| FECHA DE MUESTREO | | | 28/11/2024 | | 28/11/2024 | |
| HORA DE MUESTREO | | | 11:50 | | 12:00 | |
| MATRIZ | | | AS | | AS | |
| PARÁMETRO | UNIDAD | LC | RESULTADO | DS | RESULTADO | DS |
| Potencial de hidrógeno | Unidad de pH | ---- | 8.02 | ± 0.01 | 7.96 | ± 0.01 |
| Turbidez | NTU | ---- | 169.00 | ± 11.5 | 136.00 | ± 5.00 |

| IDENTIFICACIÓN CLIENTE | | | M0-9-001 | | CS0-9-001 | |
|----------------------------|--------------|------|------------|--------|------------|--------|
| IDENTIFICACIÓN LABORATORIO | | | 28-1115 | | 28-1116 | |
| FECHA DE MUESTREO | | | 28/11/2024 | | 28/11/2024 | |
| HORA DE MUESTREO | | | 12:30 | | 12:40 | |
| MATRIZ | | | AS | | AS | |
| PARÁMETRO | UNIDAD | LC | RESULTADO | DS | RESULTADO | DS |
| Potencial de hidrógeno | Unidad de pH | ---- | 9.10 | ± 0.01 | 9.06 | ± 0.01 |
| Turbidez | NTU | ---- | 356.00 | ± 2.00 | 313.00 | ± 1.00 |

| IDENTIFICACIÓN CLIENTE | | | CS1-9-001 | | CS3-9-001 | |
|----------------------------|--------------|------|------------|--------|------------|--------|
| IDENTIFICACIÓN LABORATORIO | | | 28-1117 | | 28-1118 | |
| FECHA DE MUESTREO | | | 28/11/2024 | | 28/11/2024 | |
| HORA DE MUESTREO | | | 12:50 | | 13:00 | |
| MATRIZ | | | AS | | AS | |
| PARÁMETRO | UNIDAD | LC | RESULTADO | DS | RESULTADO | DS |
| Potencial de hidrógeno | Unidad de pH | ---- | 9.06 | ± 0.01 | 9.04 | ± 0.01 |
| Turbidez | NTU | ---- | 275.00 | ± 6.50 | 257.00 | ± 15.5 |

RESULTADOS

| IDENTIFICACIÓN CLIENTE | | | CS5-9-001 | | CS7-9-001 | |
|----------------------------|--------------|------|------------|--------|------------|--------|
| IDENTIFICACIÓN LABORATORIO | | | 28-1119 | | 28-1120 | |
| FECHA DE MUESTREO | | | 28/11/2024 | | 28/11/2024 | |
| HORA DE MUESTREO | | | 13:10 | | 13:20 | |
| MATRIZ | | | AS | | AS | |
| PARÁMETRO | UNIDAD | LC | RESULTADO | DS | RESULTADO | DS |
| Potencial de hidrógeno | Unidad de pH | ---- | 9.03 | ± 0.01 | 9.01 | ± 0.01 |
| Turbidez | NTU | ---- | 224.00 | ± 8.00 | 215.00 | ± 11.0 |

| IDENTIFICACIÓN CLIENTE | | | CS9-9-001 | | M0-6-002 | |
|----------------------------|--------------|------|------------|--------|------------|--------|
| IDENTIFICACIÓN LABORATORIO | | | 28-1121 | | 28-1122 | |
| FECHA DE MUESTREO | | | 28/11/2024 | | 28/11/2024 | |
| HORA DE MUESTREO | | | 13:30 | | 15:00 | |
| MATRIZ | | | AS | | AS | |
| PARÁMETRO | UNIDAD | LC | RESULTADO | DS | RESULTADO | DS |
| Potencial de hidrógeno | Unidad de pH | ---- | 9.00 | ± 0.01 | 5.66 | ± 0.47 |
| Turbidez | NTU | ---- | 211.00 | ± 3.50 | 490.00 | ± 18.0 |

| IDENTIFICACIÓN CLIENTE | | | CS0-6-002 | | CS1-6-002 | |
|----------------------------|--------------|------|------------|--------|------------|--------|
| IDENTIFICACIÓN LABORATORIO | | | 28-1123 | | 28-1124 | |
| FECHA DE MUESTREO | | | 28/11/2024 | | 28/11/2024 | |
| HORA DE MUESTREO | | | 15:10 | | 15:20 | |
| MATRIZ | | | AS | | AS | |
| PARÁMETRO | UNIDAD | LC | RESULTADO | DS | RESULTADO | DS |
| Potencial de hidrógeno | Unidad de pH | ---- | 6.65 | ± 0.01 | 6.66 | ± 0.01 |
| Turbidez | NTU | ---- | 350.00 | ± 9.20 | 277.00 | ± 16.5 |

RESULTADOS

| IDENTIFICACIÓN CLIENTE | | | CS3-6-002 | | CS5-6-002 | |
|----------------------------|--------------|------|------------|--------|------------|--------|
| IDENTIFICACIÓN LABORATORIO | | | 28-1125 | | 28-1126 | |
| FECHA DE MUESTREO | | | 28/11/2024 | | 28/11/2024 | |
| HORA DE MUESTREO | | | 15:30 | | 15:40 | |
| MATRIZ | | | AS | | AS | |
| PARÁMETRO | UNIDAD | LC | RESULTADO | DS | RESULTADO | DS |
| Potencial de hidrógeno | Unidad de pH | ---- | 6.63 | ± 0.01 | 6.57 | ± 0.01 |
| Turbidez | NTU | ---- | 202.00 | ± 34.5 | 191.00 | ± 11.5 |

| IDENTIFICACIÓN CLIENTE | | | CS7-6-002 | | CS9-6-002 | |
|----------------------------|--------------|------|------------|--------|------------|--------|
| IDENTIFICACIÓN LABORATORIO | | | 28-1127 | | 28-1128 | |
| FECHA DE MUESTREO | | | 28/11/2024 | | 28/11/2024 | |
| HORA DE MUESTREO | | | 15:50 | | 16:00 | |
| MATRIZ | | | AS | | AS | |
| PARÁMETRO | UNIDAD | LC | RESULTADO | DS | RESULTADO | DS |
| Potencial de hidrógeno | Unidad de pH | ---- | 6.59 | ± 0.02 | 6.54 | ± 0.01 |
| Turbidez | NTU | ---- | 165.00 | ± 4.00 | 127.00 | ± 3.50 |

| IDENTIFICACIÓN CLIENTE | | | M0-8-002 | | CS0-8-002 | |
|----------------------------|--------------|------|------------|--------|------------|--------|
| IDENTIFICACIÓN LABORATORIO | | | 28-1129 | | 28-1130 | |
| FECHA DE MUESTREO | | | 28/11/2024 | | 28/11/2024 | |
| HORA DE MUESTREO | | | 16:30 | | 16:40 | |
| MATRIZ | | | AS | | AS | |
| PARÁMETRO | UNIDAD | LC | RESULTADO | DS | RESULTADO | DS |
| Potencial de hidrógeno | Unidad de pH | ---- | 8.19 | ± 0.01 | 8.18 | ± 0.01 |
| Turbidez | NTU | ---- | 276.00 | ± 2.00 | 250.00 | ± 1.50 |

RESULTADOS

| IDENTIFICACIÓN CLIENTE | | | CS1-8-002 | | CS3-8-002 | |
|----------------------------|--------------|------|------------|--------|------------|--------|
| IDENTIFICACIÓN LABORATORIO | | | 28-1131 | | 28-1132 | |
| FECHA DE MUESTREO | | | 28/11/2024 | | 28/11/2024 | |
| HORA DE MUESTREO | | | 16:50 | | 17:00 | |
| MATRIZ | | | AS | | AS | |
| PARÁMETRO | UNIDAD | LC | RESULTADO | DS | RESULTADO | DS |
| Potencial de hidrógeno | Unidad de pH | ---- | 8.11 | ± 0.01 | 8.07 | ± 0.01 |
| Turbidez | NTU | ---- | 227.00 | ± 6.00 | 198.00 | ± 9.00 |

| IDENTIFICACIÓN CLIENTE | | | CS5-8-002 | | CS7-8-002 | |
|----------------------------|--------------|------|------------|--------|------------|--------|
| IDENTIFICACIÓN LABORATORIO | | | 28-1133 | | 28-1134 | |
| FECHA DE MUESTREO | | | 28/11/2024 | | 28/11/2024 | |
| HORA DE MUESTREO | | | 17:10 | | 17:20 | |
| MATRIZ | | | AS | | AS | |
| PARÁMETRO | UNIDAD | LC | RESULTADO | DS | RESULTADO | DS |
| Potencial de hidrógeno | Unidad de pH | ---- | 8.06 | ± 0.01 | 8.03 | ± 0.01 |
| Turbidez | NTU | ---- | 177.00 | ± 7.00 | 146.00 | ± 11.5 |

| IDENTIFICACIÓN CLIENTE | | | CS9-8-002 | | M0-9-002 | |
|----------------------------|--------------|------|------------|--------|------------|--------|
| IDENTIFICACIÓN LABORATORIO | | | 28-1135 | | 28-1136 | |
| FECHA DE MUESTREO | | | 28/11/2024 | | 28/11/2024 | |
| HORA DE MUESTREO | | | 17:30 | | 18:00 | |
| MATRIZ | | | AS | | AS | |
| PARÁMETRO | UNIDAD | LC | RESULTADO | DS | RESULTADO | DS |
| Potencial de hidrógeno | Unidad de pH | ---- | 7.94 | ± 0.01 | 9.09 | ± 0.01 |
| Turbidez | NTU | ---- | 126.00 | ± 5.00 | 360.00 | ± 2.00 |

RESULTADOS

| IDENTIFICACIÓN CLIENTE | | | CS0-9-002 | | CS1-9-002 | |
|----------------------------|--------------|------|------------|--------|------------|--------|
| IDENTIFICACIÓN LABORATORIO | | | 28-1137 | | 28-1138 | |
| FECHA DE MUESTREO | | | 28/11/2024 | | 28/11/2024 | |
| HORA DE MUESTREO | | | 18:10 | | 18:20 | |
| MATRIZ | | | AS | | AS | |
| PARÁMETRO | UNIDAD | LC | RESULTADO | DS | RESULTADO | DS |
| Potencial de hidrógeno | Unidad de pH | ---- | 9.04 | ± 0.01 | 9.05 | ± 0.01 |
| Turbidez | NTU | ---- | 315.00 | ± 1.00 | 262.00 | ± 6.50 |

| IDENTIFICACIÓN CLIENTE | | | CS3-9-002 | | CS5-9-002 | |
|----------------------------|--------------|------|------------|--------|------------|--------|
| IDENTIFICACIÓN LABORATORIO | | | 28-1139 | | 28-1140 | |
| FECHA DE MUESTREO | | | 28/11/2024 | | 28/11/2024 | |
| HORA DE MUESTREO | | | 18:20 | | 18:30 | |
| MATRIZ | | | AS | | AS | |
| PARÁMETRO | UNIDAD | LC | RESULTADO | DS | RESULTADO | DS |
| Potencial de hidrógeno | Unidad de pH | ---- | 9.03 | ± 0.01 | 9.02 | ± 0.01 |
| Turbidez | NTU | ---- | 226.00 | ± 15.5 | 208.00 | ± 8.00 |

| IDENTIFICACIÓN CLIENTE | | | CS7-9-002 | | CS9-9-002 | |
|----------------------------|--------------|------|------------|--------|------------|--------|
| IDENTIFICACIÓN LABORATORIO | | | 28-1141 | | 28-1142 | |
| FECHA DE MUESTREO | | | 28/11/2024 | | 28/11/2024 | |
| HORA DE MUESTREO | | | 18:40 | | 18:50 | |
| MATRIZ | | | AS | | AS | |
| PARÁMETRO | UNIDAD | LC | RESULTADO | DS | RESULTADO | DS |
| Potencial de hidrógeno | Unidad de pH | ---- | 9.00 | ± 0.01 | 8.98 | ± 0.01 |
| Turbidez | NTU | ---- | 193.00 | ± 11.0 | 204.00 | ± 3.50 |

REFERENCIA DE MÉTODOS DE ENSAYO

| Referencia | Parámetro | Método de ensayo |
|---|-----------|------------------|
| 4500 -H+ B. Electrometric Method. SM Ed. 23th. | pH | LE-ME-001 |
| Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23th Edition (2017). Method 2130 B. | Turbidez | LE-ME-002 |

| OBSERVACIONES |
|---------------|
| --- |