TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

EVALUACIÓN DE POLICLORURO DE ALUMINIO Y CLORURO FÉRRICO EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES, LAMPA 2023

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. URIEL JAEN VILCA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

JULIACA - PERÚ

2025

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

EVALUACIÓN DE POLICLORURO DE ALUMINIO Y CLORURO FÉRRICO EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES, LAMPA 2023

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. URIEL JAEN VILCA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE : _____
Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

PRIMER MIEMBRO : _____
M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

SEGUNDO MIEMBRO : _____
Ing. WILFREDO DAVID SUPO PACORI

ASESOR DE TESIS : _____
Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL – P22

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

RESOLUCIÓN DECANAL N° 210-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 09 de abril del 2025

VISTO: El expediente N° 2025- CU-1809 presentado por el (la) Bachiller: URIEL JAEN VILCA estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita NOMINACIÒN DE JURADOS Y PROGRAMACIÒN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÒN.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. URIEL JAEN VILCA, quien solicita NOMINACIÒN DE JURADOS Y PROGRAMACIÒN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÒN de la Tesis Titulado: EVALUACIÓN DE POLICLORURO DE ALUMINIO Y CLORURO FÉRRICO EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES, LAMPA 2023, la misma que pertenece a la línea de investigación CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria Nº 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria Nº 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- **APROBAR**, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

* **Presidente** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
* **1er Miembro** : M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
* **2do Miembro** : Ing. WILFREDO DAVID SUPO PACORI

ARTICULO SEGUNDO. – **RECONOCER** como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, Dr. EFRAIN PARILLO SOSA.

ARTICULO TERCERO . – **APROBAR,** la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: URIEL JAEN VILCA; del informe final de la investigación (tesis) titulado: EVALUACIÓN DE POLICLORURO DE ALUMINIO Y CLORURO FÉRRICO EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES, LAMPA 2023 para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental. de acuerdo al siguiente detalle:

* **FECHA** : Miercoles 16 de abril del 2025
* **HORA** : 14:30 horas
* **LUGAR** : Aula 306 - Pabellón de Hidraulica

ARTÍCULO CUARTO.- **DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y Cs. PURAS
Mgtr. WALTER J. LIZÁRRAGA ARMAZA
DECANO (e)
CIP. 70808

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1512-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 15 de noviembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 13951 por el señor (a): **URIEL JAEN VILCA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO – N° 1338- 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 097- 2024 del integrante del comité de investigación **EPISA** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **URIEL JAEN VILCA,** ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **EVALUACIÓN DE POLICLORURO DE ALUMINIO Y CLORURO FÉRRICO EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES, LAMPA 2023**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental.**

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Franz Joseph Barahona Perales** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 097- 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE POLICLORURO DE ALUMINIO Y CLORURO FÉRRICO EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES, LAMPA 2023**, Correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL.**

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria Nº 30220, ley de creación de la UANCV Nº 23738 y modificatoria Nº 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- **APROBAR**, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN,** presentado por el señor (a): **URIEL JAEN VILCA,** para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DE POLICLORURO DE ALUMINIO Y CLORURO FÉRRICO EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES, LAMPA 2023** correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL,** en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la), **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA.**

ARTÍCULO TERCERO.- **DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CS. PURAS
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" - JULIACA
DIRECTOR
Dr. Efrain Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 810-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 16 de agosto del 2024

VISTO: El expediente **N° 2024-CU- 10446**, presentado por el señor (a) **URIEL JAEN VILCA** solicitando **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACIÓN,** el Proveído del Director de la Unidad de Investigación de la FICP, y la RESOLUCIÓN DECANAL N° 116-2024-D-UI-FICP-UANCV Aprobación de la PROPUESTA DE INVESSTIGACIÓN, para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **URIEL JAEN VILCA** ha presentado cambio de asesor de tesis del tema investigación Titulado: **EVALUACIÓN DE POLICLORURO DE ALUMINIO Y CLORURO FÉRRICO EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES, LAMPA 2023,** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental.**

Que, el Director de la Unidad de Investigación de la FICP a tomado conocimiento que el asesor **Dr. CESAR JULIO LARICO MAMANI** no tiene vínculo laboral en la facultad de ingenierías y ciencias puras y existiendo la RESOLUCIÓN DECANAL N° 116-2024-D-UI-FICP-UANCV Aprobación de la PROPUESTA DE INVESSTIGACIÓN .

Estando, a la solicitud del ejecutante y en cumplimiento al reglamento al Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención Grados Académicos y Títulos Profesionales; el director de la Unidad de Investigación **Dr. Efrain Parillo Sosa** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió el proveído favorable del cambio de asesor de investigación del tema titulado: **EVALUACIÓN DE POLICLORURO DE ALUMINIO Y CLORURO FÉRRICO EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES, LAMPA 2023.**

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria Nº 30220, ley de creación de la UANCV Nº 23738 y modificatoria Nº 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- **APROBAR**, el **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACION,** designado al señor (a): **URIEL JAEN VILCA,** para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DE POLICLORURO DE ALUMINIO Y CLORURO FÉRRICO EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES, LAMPA 2023** correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL, se le asigna como:**

ASESOR: Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la) docente **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA.**

ARTÍCULO TERCERO.- **DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ" FACULTAD DE INGENIERIAS Y Cs. PURAS
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CID. 47290

UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
DIRECTOR
Dr. Efrain Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2024
Interesado (a)

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

RESOLUCIÓN DECANAL Nº 116-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 02 de abril del 2024

VISTO: El expediente N° 2024 - CU-13959, presentado por el señor (a) **URIEL JAEN VILCA** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el PROVEIDO – N° 204 -2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 19 -2024 del integrante del comité de investigación **EPISA** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) estudiante: **URIEL JAEN VILCA** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **EVALUACIÓN DE POLICLORURO DE ALUMINIO Y CLORURO FÉRRICO EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES, LAMPA 2023**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental.**

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Franz Joseph Barahona Perales** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 19 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **EVALUACIÓN DE POLICLORURO DE ALUMINIO Y CLORURO FÉRRICO EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES, LAMPA 2023.**

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria Nº 30220, ley de creación de la UANCV Nº 23738 y modificatoria Nº 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el o (la) Bachiller: **URIEL JAEN VILCA,** para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DE POLICLORURO DE ALUMINIO Y CLORURO FÉRRICO EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES, LAMPA 2023** correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL.**

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **DR. CESAR JULIO LARICO MAMANI.**

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y Cs. PURAS
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790

UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
DIRECTOR
Dr. Efrain Farfán Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2024
Interesado (a)

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

URIEL JAEN VILCA

EVALUACIÓN DE POLICLORURO DE ALUMINIO Y CLORURO FÉRRICO EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LAS ...

Trabajos de tesis para ingreso a repositorio

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::13016:596804224

Fecha de entrega
2 jun 2026, 9:34 GMT-5

Fecha de descarga
2 jun 2026, 9:56 GMT-5

Nombre del archivo
T036_45958546_T.docx

Tamaño del archivo
30.2 MB

105 páginas

16.957 palabras

92.563 caracteres

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

18% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

14%	Fuentes de Internet
6%	Publicaciones
15%	Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

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.

Metadatos complementarios

Título de la Tesis	
EVALUACIÓN DE POLICLORURO DE ALUMINIO Y CLORURO FÉRRICO EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES, LAMPA 2023	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	URIEL JAEN VILCA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	45958546
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0004-8091-9056
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02416058
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-7567-039X
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02442876
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01323821
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	WILFREDO DAVID SUPO PACORI
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02428673

Datos de investigación	
Línea de investigación	Contaminación y calidad ambiental – P22
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	**Edificio:** AGUAS RESIDUALES, LAMPA **País**: Perú **Departamento**: Puno **Provincia**: Lampa **Distrito:** Lampa **Coordenadas**: **Latitud**: -15.3779235 **Longitud**: -70.3638934 **URL Maps:**  https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1ICcrWx2RkwndXWkKzQKdnbOCOUTHhyE&usp=sharing
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Abril 2024 – Abril 2025
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html- Librería	**Ingeniería ambiental** https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00 **Ciencias del medio ambiente** https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ – FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS – DIRECTOR – JULIACA

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo URIEL JAEN VILCA, identificado con DNI Nro. 45958546, en mi condición de egresado de:

☒ **Escuela Profesional**

☐ **Programa de Segunda Especialidad,**

☐ **Programa de Maestría o Doctorado**

INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

informo que he elaborado el/la ☒ **Tesis** o ☐ **Trabajo de Investigación,** ☐ **Trabajo Académico** denominada:

EVALUACIÓN DE POLICLORURO DE ALUMINIO Y CLORURO FÉRRICO EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES, LAMPA 2023

Asesorado por: Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como suyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda 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.

Juliaca 27 de ABRIL del 2026



Firma del Asesor (obligatoria)

Firma del Estudiante (obligatoria)

Huella

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

DEDICATORIA

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por darme la fortaleza, la claridad y el impulso que necesitaba para mantenerme firme y alcanzar mi meta. Esto es para mi papá, Adrian Jaen Paricoto, para mi mamá, Juana María Vilca Medina, para mis hermanos y hermanas, y para mis amigos; ellos me inspiraron y me apoyaron durante mis años universitarios en la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. Siento una profunda gratitud y cariño por toda mi familia, ya que siempre me han respaldado, creído en mí y me han apoyado mientras trabajaba para llegar a este momento.

Uriel Jaen Vilca

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

AGRADECIMIENTO

A Dios, quien supo guiarme en el camino, por la fortaleza en los momentos as difíciles.

A la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez agradecido por las enseñanzas de mis docentes quienes impartieron conocimiento y sabiduría durante mi formación.

Al Dr. Efrain Parillo Sosa, quien a su perseverancia, tolerancia y apoyo se culminó satisfactoriamente con la investigación.

A mis compañeros, amigos y familiares quienes fueron inspiración en mi vida profesional contando con su apoyo incondicional en momentos difíciles y momentos alegres.

Uriel Jaen Vilca

ÍNDICE

DEDICATORIA i

AGRADECIMIENTO ii

ÍNDICE iii

ÍNDICE DE TABLAS vii

ÍNDICE DE FIGURAS viii

LISTA DE ABREVIATURAS ix

RESUMEN x

ABSTRACT xi

INTRODUCCIÓN xii

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la Situación Problemática 14

1.2. Planteamiento del Problema General 18

1.2.1. Problema General 18

1.2.2. Problemas específicos 18

1.3. Justificación de la investigación 18

1.3.1. Justificación teórica 18

1.3.2. Justificación practica 19

1.3.3. Justificación metodológica 19

1.4. Objetivos 19

1.4.1. Objetivo general 19

1.4.2. Objetivos específicos 19

1.5. Hipótesis 20

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

1.5.1. Hipótesis general 20

1.5.2. Hipótesis especifica 20

1.6. Variables 20

1.6.1. Variable independiente 20

1.6.2. Variable dependiente 20

1.7. Operacionalización de variables 21

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación 22

2.1.1. Antecedentes internacionales 22

2.1.2. Antecedentes nacionales 25

2.2. Bases teóricas 27

2.2.1. Aguas residuales 27

2.2.2. Tipos de agua residual 28

2.2.3. Características fisicoquímicas de las aguas residuales 29

2.2.4. Materia orgánica en aguas residuales 31

2.2.5. Tratamiento de aguas residuales 33

2.2.2 Policloruro de aluminio y cloruro férrico 34

2.2.6. Estándares de calidad ambiental del agua 35

2.3. Marco conceptual 36

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño de la Investigación 38

3.2. Tipo de Investigación 38

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

3.3. Enfoque de investigación 38
3.4. Nivel de investigación 39
3.5. Población y Muestra 39
3.5.1. Población 39
3.5.2. Muestra 39
3.6. Técnicas e Instrumentos 39
3.6.1. Técnicas 39
3.6.2. Instrumentos 40
3.7. Ubicación de la Zona de Estudio 41
3.8. Método de Investigación 42
3.8.1. Muestreo del agua residual 42
3.8.2. Análisis de los parámetros iniciales 42
3.8.3. Adquisición de coagulantes floculantes (pesado de las diferentes dosis)... 42
3.8.4. Aplicación de prueba de jarras 42
3.8.5. Análisis Posterior del Agua Tratada 45
3.8.6. Análisis estadístico de los resultados 45
3.9. Diseño de contrastación de hipótesis 45

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Resultados 47
4.1.1. Caracterización del agua residual 47
4.1.2. Dosificación óptima del Policloruro de aluminio en la remoción de materia orgánica de las aguas residuales 48

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

4.1.3. Dosificación óptima del cloruro férrico en la remoción de materia orgánica de las aguas residuales 52

4.1.4. Comparación de la eficiencia del Policloruro de aluminio y el cloruro férrico en la remoción de materia orgánica 57

4.2. Contrastación de Hipótesis..... 60

4.2.1. Para el primer objetivo específico: Efecto de dosificación óptima del Policloruro de aluminio en la remoción de materia orgánica 60

4.2.2. Para el segundo objetivo específico: Efecto de dosificación óptima del cloruro férrico en la remoción de materia orgánica..... 63

4.2.3. Para el tercer objetivo específico: Comparación de la eficiencia del Policloruro de aluminio y el cloruro férrico en la remoción de materia orgánica ..... .66

4.3. Discusiones..... 69

CONCLUSIONES..... 73

RECOMENDACIONES..... 75

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 76

ANEXOS..... 81

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables 21
Tabla 2 Diseño factorial - número de experimentos para dosificación de policloruro de aluminio 43
Tabla 3 Diseño factorial - número de experimentos para dosificación de cloruro férrico ... 44
Tabla 4 Características del agua residual doméstica y dadas por DS-004-2017-MINAM 48
Tabla 5 Variación de pH y temperatura a distintas dosis de Policloruro de aluminio 48
Tabla 6 Efecto en tratamiento de DQO con Policloruro de aluminio 50
Tabla 7 Efecto en tratamiento de DBO con Policloruro de aluminio 51
Tabla 8 Variación de pH y temperatura a distintas dosis de cloruro férrico 52
Tabla 9 Efecto en tratamiento de DQO con cloruro férrico 54
Tabla 10 Efecto en tratamiento de DBO con cloruro férrico 55
Tabla 11 Análisis ANOVA para DQO (tratamiento con Policloruro de aluminio) . 60
Tabla 12 Prueba de tukey para la determinación la dosis de almidón de oca con mayor % de remoción de turbidez 61
Tabla 13 Análisis ANOVA para DBO (tratamiento con Policloruro de aluminio) .. 62
Tabla 14 Prueba de tukey 62
Tabla 15 Análisis ANOVA para DQO (tratamiento con cloruro férrico) 63
Tabla 16 Prueba de tukey 64
Tabla 17 Análisis ANOVA para DBO (tratamiento con cloruro férrico) 65
Tabla 18 Prueba de tukey para remoción de DBO 65
Tabla 19 Comparación de remoción de DQO y DBO a dosis optima 66
Tabla 20 Prueba T de muestras independientes en remoción de DQO y DBO a dosis optima 68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica 41

Figura 2 Variación de pH y temperatura a distintas dosis de Policloruro de aluminio 49

Figura 3 Concentración de DQO y % de remoción con Policloruro de aluminio . 50

Figura 4 Concentración de DBO y % de remoción con Policloruro de aluminio .. 51

Figura 5 Variación de pH y temperatura a distintas dosis de cloruro férrico 53

Figura 6 Variación de concentración de DQO y % de remoción con cloruro férrico 54

Figura 7 Variación de concentración de DBO y % de remoción con cloruro férrico 56

Figura 8 Comparación de remoción de DQO con Policloruro de aluminio y cloruro férrico 57

Figura 9 Comparación de remoción de DBO con Policloruro de aluminio y cloruro férrico 58

Figura 10 Toma de muestra de agua residual en la ciudad de Lampa..... 89

Figura 11 Medición de agua residual y distribución en los vasos de precitados para su tratamiento..... 90

Figura 12 Codificación y medida de la muestra para cada corrida experimental 91

Figura 13 Acondicionamiento de coagulantes..... 91

Figura 14 Programación del equipo de test de jarras..... 92

Figura 15 Operación del equipo de prueba de jarras 92

Figura 16 Agua después de cada tratamiento..... 93

LISTA DE ABREVIATURAS

DBO : Demanda Bioquímica de Oxigeno

DQO : Demanda Química de Oxígeno

ECA : Estándares de Calidad Ambiental

LMP : Límite Máximo Permisible

MINAM : Ministerio del Ambiente

ONU : Organización de las Naciones Unidas

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

RESUMEN

La elevada carga orgánica de las aguas residuales exige la aplicación de tratamientos que permitan disminuir parámetros como la DBO_5 y la DQO. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto del $Al_2(OH)_3Cl$ y $FeCl_3$ en la remoción de materia orgánica, representada por la DBO_5 y DQO, en aguas residuales domésticas del distrito de Lampa. Para ello, se recolectó un volumen total de 10 L de agua residual doméstica, del cual se tomaron 500 mL para los ensayos de coagulación-floculación en equipo de prueba de jarras. Se evaluaron cuatro dosis por coagulante. En el caso del $Al_2(OH)_3Cl$, se empleó una solución al 85%, con dosis de 2, 4, 6 y 8 mL/500 mL, aplicando una agitación rápida de 150 rpm durante 1,5 min, seguida de una agitación lenta de 80 rpm por 15 min y una sedimentación de 60 min. Para el $FeCl_3$, se empleó una solución al 5%, con dosis de 0,5; 0,7; 1,0 y 1,2 mL/500 mL, bajo agitación rápida de 200 rpm durante 1,5 min, agitación lenta de 100 rpm por 15 min y sedimentación de 60 min. Los resultados mostraron que el $FeCl_3$ alcanzó una remoción máxima de 82,38% en DBO_5 y 38,39% en DQO con una dosis de 1,2 mL/500 mL, mientras que el policloruro de aluminio logró remociones de 69,18% en DBO_5 y 30,96% en DQO con dosis de 6 y 8 mL/500 mL, respectivamente. En conclusión, el análisis estadístico evidenció que el cloruro férrico presentó mayor eficiencia que el policloruro de aluminio en la remoción de materia orgánica, con diferencias significativas ($p<0,05$).

Palabras clave: coagulantes, aguas residuales, materia orgánica, $Al_2(OH)_3Cl$, $FeCl_3$, tratamiento de agua.

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

ABSTRACT

The high organic load of wastewater necessitates the application of treatments that reduce parameters such as BOD5 and COD. This research aimed to evaluate the effect of $Al_2(OH)_3Cl$ and $FeCl_3$ on the removal of organic matter, represented by BOD5 and COD, in domestic wastewater from the Lampa district. A total volume of 10 L of domestic wastewater was collected, from which 500 mL were taken for coagulation-flocculation tests using jar test equipment. Four doses per coagulant were evaluated. In the case of $Al_2(OH)_3Cl$, an 85% solution was used, with doses of 2, 4, 6, and 8 mL/500 mL, applying rapid stirring at 150 rpm for 1.5 min, followed by slow stirring at 80 rpm for 15 min, and sedimentation for 60 min. For $FeCl_3$, a 5% solution was used at doses of 0.5, 0.7, 1.0, and 1.2 mL/500 mL, under rapid stirring at 200 rpm for 1.5 min, slow stirring at 100 rpm for 15 min, and sedimentation for 60 min. The results showed that $FeCl_3$ achieved a maximum removal of 82.38% for BOD_5 and 38.39% for COD at a dose of 1.2 mL/500 mL, while aluminum polychloride achieved removals of 69.18% for BOD_5 and 30.96% for COD at doses of 6 and 8 mL/500 mL, respectively. In conclusion, the statistical analysis showed that ferric chloride was more efficient than aluminum polychloride in the removal of organic matter, with significant differences ($p<0.05$).

Keywords: coagulants, wastewater, organic matter, $Al_2(OH)_3Cl$, $FeCl_3$, water treatment.

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

INTRODUCCIÓN

El estudio denominado “EVALUACIÓN DEL POLICLORURO DE ALUMINIO Y CLORURO FÉRRICO EN LA REMOCION DE MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES, LAMPA” El objetivo principal era comprobar la eficacia de los coagulantes para eliminar la materia orgánica de las aguas residuales, con el fin de cumplir con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del agua. El tratamiento de las aguas residuales es fundamental, sobre todo porque muchas plantas de tratamiento no logran reducir los altos niveles de contaminación como deberían. El vertido de aguas residuales sin tratar al medio ambiente perjudica especialmente la vida acuática y el agua que consumimos. Según Reem et al. (2023), el uso de coagulantes altamente eficaces para capturar la materia orgánica y los sólidos en suspensión no solo mejora la calidad del efluente, sino que también reduce los costos operativos y ayuda a mitigar el daño ambiental.

A escala mundial, se han creado varias tecnologías para optimizar la calidad de las aguas residuales, tales como la coagulación-floculación, la filtración, la adsorción, la ósmosis inversa y la ultrafiltración. Sin embargo, la coagulación-floculación sigue siendo uno de los métodos más utilizados para su efectividad y bajo precio. En este contexto, el cloruro férrico y el El policloruro de aluminio se destaca como coagulantes inorgánicos que se emplean con frecuencia por su elevada habilidad para eliminar sólidos y materia orgánica de las aguas residuales, así como porque tienen un bajo impacto ambiental (Nguyen et al., 2024). Estos compuestos químicos promueven la coalescencia de partículas coloidales, facilitando su decantación y subsecuente remoción, lo cual disminuye la concentración de contaminantes en el efluente final.

TESIS UANCV

Por lo tanto, este estudio, organizado en cuatro capítulos, analiza en profundidad la eficacia de dos coagulantes para la extracción de materia orgánica de aguas residuales.

En el Capítulo I, se ofrece una perspectiva internacional, nacional y local sobre la importancia de las aguas residuales, presentando las preguntas de investigación, el razonamiento, los objetivos, las hipótesis y la configuración de las variables.

El Capítulo II proporciona los antecedentes: investigaciones previas, la teoría que sustenta este trabajo y las ideas clave.

El Capítulo III detalla el tipo de investigación realizada, la configuración experimental, el equipo y los métodos utilizados, así como los participantes y el desarrollo del experimento.

Finalmente, el Capítulo IV presenta los resultados en relación con los objetivos del proyecto, concluye con reflexiones finales y las próximas acciones, e incluye apéndices con información adicional.

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la Situación Problemática

Conforme la población mundial crece y la demanda de agua aumenta, el volumen de aguas residuales que provienen de actividades domésticas, industriales y agrícolas también sube continuamente. Ya que contribuye al incremento de la contaminación y a la degradación de la calidad de las fuentes disponibles, con efectos directos sobre los ecosistemas acuáticos, esta expansión representa un desafío global en términos de manejo del agua. (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2017). En numerosas regiones, la infraestructura de tratamiento resulta insuficiente frente a esta creciente carga, lo que implica riesgos significativos tanto para la salud pública como para la biodiversidad. Ante este escenario, se vuelve imperativo el desarrollo e implementación de tecnologías innovadoras que optimicen el tratamiento y promuevan la reutilización de las aguas residuales, garantizando así la sostenibilidad de los recursos hídricos y la preservación del entorno ambiental (Rodriguez, 2023).

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

La gestión de las aguas residuales constituye un reto de alcance mundial cuya magnitud difiere notablemente en función del desarrollo económico de cada nación (Silva, 2023). En los países de altos ingresos, caracterizados por disponer de infraestructura consolidada y tecnologías avanzadas, se logra tratar cerca del 70% de las aguas residuales tanto urbanas como industriales (ONU, 2017). Sin embargo, en los países de ingresos medianos, donde el tratamiento llega a un 37% en las naciones de ingreso medio alto y a un 29%en las de ingreso medio bajo, este porcentaje disminuye considerablemente. La situación es aún peor en los países de bajos ingresos, donde apenas el 8% de las aguas residuales reciben tratamiento. Esta brecha tan drástica pone de manifiesto la gravedad de la crisis a nivel mundial, ya que más del 80% de las aguas residuales terminan sin tratar, lo que conlleva graves peligros para las personas y el medio ambiente (ONU, 2017). Además, con la creciente cantidad de aguas residuales y el aumento vertiginoso de la demanda de agua, el problema se agrava cada vez más, y los métodos de tratamiento actuales simplemente no dan abasto para satisfacer las necesidades de las zonas más vulnerables. Como Resultado, se forma un círculo vicioso en el que la escasez de un tratamiento apropiado empeora la contaminación del agua, deteriorando los ecosistemas acuáticos y afectando negativamente la calidad de vida de las poblaciones (Paucar & Iturregui, 2020).

A escala global, más de 2.000 millones de personas residen en países sometidos a elevados niveles de estrés hídrico, es decir, contextos donde la demanda de agua supera su disponibilidad o donde los recursos existentes presentan una calidad insuficiente. De acuerdo con estimaciones recientes, 31 países registran un estrés hídrico moderado, con índices que fluctúan entre el 25%

umbral mínimo considerado y el 70%. En contraste, 22 países enfrentan escenarios más críticos, con niveles superiores al 70% (ONU, 2019).

Dado que las fuentes de agua dulce están disminuyendo rápidamente en varias áreas del planeta, este escenario pone de manifiesto una crisis en crecimiento que afecta a los ecosistemas acuáticos y al bienestar humano. La agricultura sobresale como el sector que más agua utiliza, pues representa el 69% de las extracciones anuales a nivel mundial (Sun et al., 2024). Esto incluye la acuicultura, la ganadería y el riego. En Cuanto al uso total, la industria (incluyendo la producción de energía) representa el 19%, mientras que el consumo doméstico llega solo al 12%.

Esta La distribución muestra la presión constante sobre los recursos hídricos, especialmente en áreas con acceso restringido, y destaca la apremiante necesidad de poner en marcha estrategias de conservación y gestión más efectivas para impedir que este problema se intensifique (ONU, 2019).

En el ámbito nacional peruano, y de manera más acentuada en la provincia de Lima, se observa una preocupación creciente debido al desbalance entre la demanda de recursos hídricos y la disponibilidad existente (Paucar & Iturregui, 2020). Esta problemática responde a una convergencia de factores interdependientes, entre los que destaca la distribución inequitativa del agua en el territorio, generando escenarios de acceso restringido en determinadas zonas. A ello se suma el acelerado crecimiento poblacional en contextos urbanos, el cual, junto con una infraestructura insuficiente para satisfacer los requerimientos de la ciudadanía, intensifica de forma significativa esta situación. (Paucar & Iturregui , 2020). Además, la gran contaminación de las aguas superficiales y subterráneas deteriora considerablemente la calidad del agua que tenemos, lo que no solo afecta

a lo que la gente puede beber, sino que también perjudica a toda la comunidad acuática (AQUAFONDO, GIZ, & A2G Climate Partner, 2018). Esta situación ha conducido a una falta de agua que afecta directamente a la población y al progreso de las actividades productivas en todo el país. En En este escenario, se vuelve evidente la urgente necesidad de implementar alternativas, entre las cuales sobreventa el tratamiento y la reutilización de aguas residuales. El despliegue de tecnología diseñada para limpiar estas aguas se presenta como una medida vital para aliviar la presión sobre los recursos hídricos naturales y, huelga decir, esto ayuda a recuperar la calidad de lagos y ríos al reducir la basura que los contamina (ONU, 2017).

En Lampa, una ciudad situada en la misma provincia que comparte nombre con el departamento de Puno, la planta local de tratamiento de aguas residuales (PTAR) recibe todas las aguas residuales domésticas procedentes de las actividades cotidianas de la gente. Sin embargo, según las condiciones observadas a lo largo del desarrollo del estudio, el sistema mencionado no estaría funcionando de manera ideal, lo cual afectaría la eficiencia en el tratamiento de los efluentes antes de su disposición final. Esta problemática sugiere la posibilidad de que ocurran impactos ambientales y sanitarios en el ambiente inmediato, debido a que se fomenta la degradación del recurso hídrico y se modifican las condiciones del medio receptor. Además, los contaminantes presentes en estas aguas residuales pueden ser perjudiciales tanto para las plantas como para los animales que las habitan, además de generar problemas de salud para quienes entren en contacto con ellas. Por lo tanto, resulta fundamental identificar y proponer estrategias de tratamiento que reduzcan la cantidad de estos contaminantes. El policloruro de aluminio y el cloruro férrico merecen especial atención en la coagulación-

floculación, ya que ambos son muy eficaces para eliminar sólidos en suspensión, materia orgánica y otros contaminantes.

1.2. Planteamiento del problema general

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto del policloruro de aluminio y del cloruro férrico en la remoción de materia orgánica de las aguas residuales de Lampa?

1.2.2. Problemas específicos

a) ¿Cuál es la dosificación óptima del Policloruro de aluminio en la remoción de materia orgánica de las aguas residuales?
b) ¿Cuál es la dosificación óptima del cloruro férrico en la remoción de materia orgánica de las aguas residuales?
c) ¿Qué reactivo entre el Policloruro de aluminio y el cloruro férrico será más eficiente para remover materia orgánica de aguas residuales para cumplir con el ECA agua?

1.3. Justificación de la investigación

1.3.1. Justificación teórica

Esta perspectiva se basa en las ideas y los conocimientos prácticos utilizados en el tratamiento de aguas residuales, centrándose especialmente en el funcionamiento de la floculación y la coagulación. Estos procesos son fundamentales para la purificación del agua, ya que la adición de coagulantes inorgánicos garantiza la eliminación de partículas flotantes y otros contaminantes. Por lo tanto, el uso de coagulantes inorgánicos como el cloruro férrico o el policloruro de aluminio tiene un impacto significativo en la calidad del agua, y estas sustancias contribuyen en gran medida a reducir la contaminación.

1.3.2. Justificación practica

Esto surge de una mentalidad práctica, ya que usar reactivos como el policloruro de aluminio y el cloruro férrico para la limpieza de aguas residuales en el laboratorio facilita mucho comprobar si realmente funcionarán en un entorno industrial a gran escala, teniendo en cuenta no solo su rendimiento, sino también su coste final.

1.3.3. Justificación metodológica

Si analizamos la metodología empleada, el estudio define un diseño experimental creado para poner a prueba las ideas principales, utilizando hojas de observación para la recopilación de datos. Además, se apoya en pruebas de laboratorio para profundizar en las características específicas del agua contaminada encontrada en el distrito de Lampa, en Puno.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar el efecto del policloruro de aluminio y del cloruro férrico en la remoción de materia orgánica de las aguas residuales de Lampa.

1.4.2. Objetivos específicos

Determinar la dosificación óptima del policloruro de aluminio en la remoción de materia orgánica de las aguas residuales.

Determinar la dosificación óptima del cloruro férrico en la remoción de materia orgánica de las aguas residuales.

Comparar la eficiencia del policloruro de aluminio y el cloruro férrico en la remoción de materia orgánica de las aguas residuales para cumplir con el ECA agua.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

El policloruro de aluminio y del cloruro férrico tienen efecto significativo en la remoción de materia orgánica de las aguas residuales de Lampa.

1.5.2. Hipótesis especifica

La dosificación optima del Policloruro de aluminio será de 600 mg/L en la remoción de materia orgánica de aguas residuales

La dosificación optima del cloruro férrico será de 600mg/L en la remoción de materia orgánica de aguas residuales

La eficiencia del cloruro férrico es mayor que la eficiencia de sulfato de aluminio en la remoción de materia orgánica de aguas residuales

1.6. Variables

1.6.1. Variable independiente

- Policloruro de aluminio y cloruro férrico

1.6.2. Variable dependiente

- Agua residual doméstica

1.7. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable	Dimensiones	Indicadores	Unidad
Variable independiente: Policloruro de aluminio y cloruro férrico	Dosis de Policloruro de aluminio	2, 4, 6 y 8 mL/500 mL	mL/mL
	Dosis de cloruro férrico	0.5, 0.7, 1 y 1.2 mL/500 mL	mL/mL
	Eficiencia	% de remoción	min
Variable dependiente: Agua residual domestica	Parámetros fisicoquímicos del agua residual doméstica	Potencial de hidrogeno	0 – 14
		Temperatura	°C
		DQO	mg/L
		DBO_5	mg/L

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Sierra et al. (2018) se llevó a cabo el estudio titulado Evaluation of Chemical Coagulants in the Removal of Organic Matter from Wastewater Stabilization Ponds, tenía como objetivo examinar la eficacia de eliminar sólidos suspendidos, algas y demanda química de oxígeno (DQO) en el efluente del sistema de lagunas de estabilización El Salguero, situado en Valledupar. La metodología se creó en condiciones de laboratorio, empleando alrededor de 40 litros de efluente extraído del sistema. Se analizaron parámetros biológicos y fisicoquímicos a lo largo del proceso, incluyendo la turbidez, el pH, la temperatura, la concentración de algas, los sólidos suspendidos totales y la DQO. Se desarrolló la dosis ideal mediante pruebas en una columna sedimentaria de 2.20 m de altura, tomando muestras de 500 mL cada 20 minutos a diferentes profundidades a lo largo de un total de 80 minutos.

Los resultados mostraron que el cloruro férrico fue el coagulante más efectivo, logrando eliminaciones de 77,13% en DQO, 91,03% en SST y 96,22% en algas con una dosis de 170 mg/L. En cambio, para conseguir rendimientos más bajos, el PAC necesitaba una dosis mayor de 400 mg/L.

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

Lopera en el (2019) La tesis titulada “Proceso de coagulación en el tratamiento de aguas residuales de una heladería: Eficiencia de diferentes coagulantes inorgánicos”, realizada para completar la licenciatura en Química, analizó en profundidad la eficacia de diferentes coagulantes inorgánicos para tratar los efluentes de una heladería. El estudio se centró en la reducción de la turbidez y la cantidad de sólidos en suspensión en las aguas residuales mediante estos coagulantes. Para ello, se empleó un enfoque descriptivo-analítico con un experimento práctico que incluyó pruebas de laboratorio con cinco tratamientos: cloruro férrico, sulfato de aluminio, sulfato ferroso, una mezcla de sulfato de aluminio con cloruro férrico y sulfato férrico puro.

En conclusión, se estableció que el sulfato de aluminio exhibió el desempeño global más eficiente, logrando una reducción de la turbidez del 98 % (±0,1) con una dosis óptima de 400 ppm. Gracias a su elevada eficacia y su costo relativamente bajo, este coagulante se posiciona como una opción altamente viable.

También, Alvarado (2022) en su investigación titulada “Optimización del proceso de coagulación-floculación en el tratamiento de agua residual generada en la cuba de decapado en la empresa Galvánica Cía. LTDA. del cantón Cuenca”, se adoptó un enfoque metodológico de carácter descriptivo-analítico, complementado con un diseño pre - experimental sustentado en la técnica del ensayo de jarras. En este marco experimental se evaluó el desempeño de tres coagulantes inorgánicos sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3$), cloruro férrico ($FeCl_3$) y policloruro de aluminio (PAC) aplicados a las aguas residuales previamente acondicionadas mediante la regulación del pH. Los resultados evidenciaron una relación directa entre la eficiencia de remoción de metales y variables tales como la naturaleza y

concentración del coagulante, así como el pH del medio de tratamiento, alcanzando su óptimo a una concentración del 10% y a un pH de 5.5 para la eliminación de hierro y aluminio. Bajo dichas condiciones operativas se lograron eficiencias de remoción de 97.69% para el hierro y 92.81% para el aluminio, constituyendo los valores más elevados del estudio. En síntesis, el autor concluyó que el sulfato de aluminio, dosificado a 300 mg/L y con el pH ajustado a 5.5, representa la alternativa más eficaz para la remoción de metales pesados presentes en los efluentes generados por la empresa Galvánica Cía. LTDA.

Así mismo, Cabrera et al. (2009) En su artículo “Estudio del proceso de coagulación-floculación de aguas residuales de la empresa textil (Desembarco del Granma) a escala de laboratorio”, los autores se propusieron determinar la eficacia del proceso de coagulación-floculación a escala de laboratorio utilizando aguas residuales del sistema de tratamiento biológico de la planta textil “Desembarco del Granma” en Villa Clara. Para ello, emplearon un método descriptivo-analítico y un diseño experimental con pruebas de jarras, complementado con análisis estadístico mediante Microsoft Office Excel y STATGRAPHIC versión 4.1. ¿Los resultados? Demuestran que es factible utilizar estas aguas residuales y establecer condiciones operativas óptimas: la alúmina a pH 7 con una dosis de 40 mg/L ofrece los mejores resultados. En conclusión, los autores determinaron que el tratamiento más eficaz se logra con sulfato de aluminio a un pH cercano a 7 y una dosis de 40 mg/L.

De la misma forma Flores et al. (2017) El artículo titulado “Estudio del proceso de coagulación-floculación de aguas residuales de la empresa textil (Desembarco del Granma) a escala de laboratorio” se propuso determinar la eficacia de la coagulación-floculación en aguas residuales textiles al ser probadas en laboratorio. El análisis de datos se realizó mediante métodos estadísticos

utilizando Microsoft Excel y el software STATGRAPHIC versión 4.1. Los resultados sugieren una posibilidad real de utilizar este efluente, además de ayudar a identificar las condiciones óptimas, como el uso de sulfato de aluminio con un pH cercano a la neutralidad y una dosis de 40 mg/L. En resumen, el equipo de investigación concluyó que el tratamiento funciona mejor bajo estas condiciones específicas, lo que indica que el sulfato de aluminio es un coagulante eficaz en este caso.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Pérez (2025) La investigación, titulada "Efecto del pH en la eficacia del policloruro de aluminio en la eliminación de materia orgánica de las aguas residuales del matadero municipal de Jaén", buscaba determinar cómo la variación del pH afecta la capacidad del policloruro de aluminio (PAC) para reducir la contaminación orgánica en el efluente. Para ello, se recolectaron muestras de aguas residuales con alto contenido de materia orgánica y se prepararon con cuatro valores de pH distintos: 6, 7, 8 y 9. Después. En cambio, la eficacia se redujo considerablemente en condiciones de pH alcalino, y quedó por debajo del 60%.

Según Garcia y Zevallos (2021) Los autores de la tesis titulada "Optimización del proceso de coagulación-floculación con cloruro férrico y fosfato para reducir contaminantes en las aguas residuales de Camal Conchucos SA" se propusieron un objetivo principal: perfeccionar el método de coagulación-floculación mediante el uso de cloruro férrico y fosfato. Para ello, utilizaron 700 mg/L de cloruro férrico, lo combinaron con 900 mg/L de fosfato, aumentaron la velocidad de mezcla rápida a 320 rpm y mantuvieron la mezcla lenta a 100 rpm. Con estos parámetros, los resultados muestran una notable reducción de la turbidez del 83,47%, una disminución de la demanda química de oxígeno (DQO) del 50,75% y una reducción

del fósforo total del 44,08%. También se obtuvo un índice de deseabilidad de 0,7. En resumen, García y Zevallos encontraron que tanto los parámetros operacionales como la dosis de los reactivos utilizados tuvieron una influencia decisiva en la eliminación de contaminantes, lo cual se demostró con significancia a nivel estadístico ($p < 0,05$).

También se menciona a Caruajulca (2022) El objetivo del autor en su tesis, llamada "Capacidad coagulante de cloruro férrico frente al sulfato férrico en las aguas residuales de una industria de alimentos, Santa María Huaura", fue determinar si el cloruro férrico es más eficaz que el sulfato férrico para eliminar la turbidez en las aguas residuales generadas por una empresa alimentaria situada en Santa María, Huaura. La investigación se llevó a cabo con un enfoque experimental, explicativo y aplicado. Los Se encontró que no existían diferencias estadísticamente significativas entre los dos coagulantes en cuanto a su eficiencia para eliminar la turbidez. Por último, Caruajulca calcula que a nivel de planta ambos coagulantes alcancen eficiencias de eliminación de turbidez muy parecidas (aproximadamente del 97%), con valores estimados de 97,50% para uno y 97,00% para el otro.

De la misma forma a Huahuamullo (2021) En su tesis titulada "Eficiencia del almidón de plátano de seda y el policloruro de aluminio para reducir la turbidez y la carga orgánica en las aguas superficiales del río Coata en la comunidad Almozanche, Juliaca", presentó un estudio descriptivo-analítico, incorporando un diseño experimental y seleccionando específicamente a la comunidad Almozanche para su muestra. Este grupo obtiene su agua de ríos y lagos locales (30%) y, curiosamente, de manantiales naturales (10%). Los resultados confirmaron que una solución de policloruro de aluminio al 1% (18 mg/L) redujo significativamente

la turbidez y el color, disminuyendo los valores hasta situarlos dentro del límite permitido. En resumen, Huahuamullo demostró que el policloruro de aluminio supera con creces al almidón de plátano de seda en la eliminación de la turbidez.

Por último, se menciona a Bravo (2019) en su tesis “Producción de agua potable de la EPS EMSAPUNO S.A. para la ciudad de Puno”, orientada al título de Ingeniero Ambiental, el autor analizó el abastecimiento de agua potable en Puno, con énfasis en la Planta Aziruni. Se aplicó una metodología descriptivo-analítica con diseño experimental, considerando los procesos de dicha planta y tomando como muestra las captaciones de Totorani y Aracmayo. Los resultados mostraron una producción total de 7,814,971.93 m³ de agua potable, con un costo global de S/ 2,373,664.97. Finalmente, se concluyó que es necesario modernizar la planta de tratamiento, ampliar la capacidad de reservorios e implementar nuevas redes de impulsión y distribución para mejorar la eficiencia del sistema.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Aguas residuales

Las aguas servidas o residuales domésticos son el resultado de actividades diarias como la limpieza de la casa, cocinar y asear. Por lo general, son dirigidos a través de sistemas de alcantarillado. Sin embargo, en ciertas situaciones pueden ser descargados directamente en el suelo o en cuerpos acuáticos (Osorio et al., 2021). Su composición es compleja e incluye elementos orgánicos e inorgánicos, sólidos suspendidos, grasas, aceites y productos químicos de limpieza (Tchobanoglous et al., 2014).

Las aguas residuales, que a menudo se denominan "aguas negras" debido a su color oscuro, provienen de las actividades sanitarias, industriales y domésticas

de los seres humanos. Por su contenido de metales pesados, contaminantes orgánicos e inorgánicos, compuestos químicos y agentes patógenos, representan un peligro significativo para la salud pública y el medio ambiente (Humamante et al., 2022). Para Minimizar su impacto, se someten a tratamientos que combinan métodos bioquímicos y físicos para purificarlos, lo que posibilita su descarga segura o su reutilización en áreas como la industria y la agricultura. Su composición no es fija, pues está determinada por varias fuentes de generación y por factores como el clima en cada región, las prácticas culturales y la situación socioeconómica (Tchobanoglous et al., 2014; von Sperling, 2007).

2.2.2. Tipos de agua residual

2.2.2.1. Domesticas o aguas negras

Las aguas residuales domésticas se originan principalmente de actividades cotidianas como la eliminación de excretas y orina, la higiene personal, la preparación de alimentos y la limpieza del hogar. Estas aguas presentan una alta carga de materia orgánica (restos alimenticios, grasas y aceites), además de microorganismos patógenos que pueden implicar riesgos sanitarios. (Espigares y Pérez, 2017). Asimismo, incorporan compuestos químicos procedentes de productos de limpieza como detergentes, jabones y lejía (von Sperling, 2007).

2.2.2.2. Aguas blancas

Las aguas se generan a partir de diferentes orígenes, sobre todo de las precipitaciones blancas (nieve, lluvia o granizo) y del empleo del agua en tareas como el aseo de áreas públicas y el riego de zonas verdes (von Sperling, 2007). En áreas donde Llueve con frecuencia o intensidad, se suelen poner en marcha sistemas de separación para su administración

autónoma, con la finalidad de prevenir que las infraestructuras de saneamiento y tratamiento se sobrecarguen (Espigares y Pérez, 2017).

2.2.2.3. Industriales

Las aguas industriales se producen en los procedimientos de fabricación que tienen lugar en fábricas y otras instalaciones productivas. Es posible que incluyan diversos contaminantes, como detergentes, medicamentos, aceites, residuos de origen químico, minerales, animales o vegetales y grasas. Su composición cambia de acuerdo a la industria que las fabrican, puesto que depende tanto de las materias primas como de los procedimientos empleados (Espigares y Pérez, 2017).

2.2.3. Características fisicoquímicas de las aguas residuales

Olor: Dado su vínculo cercano con los gases que se liberan al medio ambiente a lo largo de la degradación de materia orgánica, la caracterización de los olores en las aguas residuales es un componente fundamental del análisis. Uno de los compuestos gaseosos más importantes es el azufre de hidrógeno, que se genera gracias a la transformación biológica de sulfatos a sulfitos por medio de microorganismos. La valoración de los olores se basa en cuatro parámetros principales (Humamante et al., 2022).

Temperatura: Las aguas residuales suelen estar más calientes que el agua limpia, principalmente porque los microorganismos trabajan intensamente para descomponer la materia orgánica, generando calor en el proceso. Si a esto le sumamos el calor adicional que generan las aguas residuales domésticas y las fábricas, la temperatura aumenta aún más. (Crittenden et al., 2012)

Turbiedad: La turbidez es una forma de comprobar la calidad del agua, ya que indica la presencia de sólidos en suspensión o coloides. La turbidez se

determina mediante métodos fisicoquímicos que miden la dispersión de la luz en la muestra en comparación con un estándar. Esto es importante porque estas partículas interfieren en la propagación de la luz al absorberla. Sin embargo, curiosamente, en las aguas residuales, la relación habitual entre sólidos en suspensión y turbidez no siempre se cumple. (Bratby, 2006; Crittenden et al., 2012)

Contenido de solidos: Los sólidos en aguas residuales son partículas coloidales y visibles que las componen. Se trata, sobre todo, de elementos inorgánicos y de materia orgánica como celulosa, carbohidratos, fibras y Quitina. Se clasifican de acuerdo al tamaño y la naturaleza (Humamante et al., 2022), enfatizando que la fracción coloidal y suspendida es importante en el tratamiento porque acumula materia orgánica que puede ser eliminada utilizando procesos de coagulación-floculación (Bratby, 2006).

Sólidos Totales (ST): Los sólidos totales son el residuo seco que queda después de exponer una muestra a secado y evaporación a 105 °C durante un día, con lo cual se suprime su contenido de agua por medio de calor controlado. Este Análisis, que es común en laboratorio, posibilita la cuantificación de la fracción no volátil contenida en matrices tales como suelos o aguas residuales (Humamante et al., 2022).

Color: La tonalidad de las aguas residuales es un parámetro importante que muestra, en gran medida, la presencia de sólidos en suspensión, coloides y sustancias disueltas. En particular, la tonalidad verde puede estar relacionada con compuestos coloidales y materia orgánica disuelta; de esta manera, funciona como un indicador cualitativo de la composición del efluente. Además, la coloración puede estar asociada con descargas de tipo industrial, que incluyen colorantes, o

con la existencia de compuestos naturales como los taninos, los ácidos húmicos y los ácidos fúlvicos (Humamante et al., 2022).

pH: El pH es un indicador que señala el grado de acidez o alcalinidad de un líquido, como las aguas residuales, según la cantidad de iones de hidrógeno presentes. Se mide en una escala del 0 al 14, donde 7 representa la neutralidad, cualquier valor inferior indica acidez y un valor superior a 7 indica alcalinidad. (Bratby, 2006). Para evaluar la Calidad del agua, este indicador es crucial porque posibilita detectar potenciales desequilibrios químicos y guiar la elección de tratamientos apropiados, lo que evita impactos adversos en los organismos acuáticos y en los procesos de depuración (Humamante et al., 2022).

En cuanto a las características químicas, Según Camacho et al., (2020) Incluyen una diversidad de compuestos y sustancias químicas que, si no reciben un tratamiento apropiado, podrían tener efectos negativos sobre el medio ambiente.

Los efluentes pueden tener sólidos disueltos (sales y minerales) y sólidos en suspensión (por ejemplo, partículas orgánicas, de arena o suelo), que disminuyen la transparencia del agua y tienen el potencial de obstaculizar su tratamiento (Camacho et al., 2020).

2.2.4. Materia orgánica en aguas residuales

Esta fracción orgánica, que en su mayoría puede biodegradarse, tiene la capacidad de descomponerse de manera natural; no obstante, al hacerlo consumir oxígeno disuelto y contribuir a los procesos de eutrofización, lo cual tiene un impacto negativo sobre la vida acuática (Camacho et al., 2020). En ingeniería sanitaria, esa materia orgánica está en estados disuelto, coloidal y particulado y su respuesta al tratamiento está determinada por su bio degradabilidad (von Sperling, 2007; Tchobanoglous et al., 2014).

Por lo general, la carga orgánica en las aguas residuales se determina midiendo la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y la demanda química de oxígeno (DQO) a los cinco días. Cuando se analizan estos efluentes, suelen presentar valores de DBO_5 bastante altos debido a la degradación de sustancias como restos de comida, detergentes, aceites y otros compuestos que se descomponen fácilmente (von Sperling, 2007), cuyo consumo de oxígeno resulta significativo (Camacho et al., 2020).

La DQO cuantifica el oxígeno equivalente requerido para la oxidación química de la materia orgánica del agua mediante un oxidante fuerte en condiciones controladas, abarcando tanto compuestos biodegradables como no biodegradables, por lo que suele arrojar valores superiores a la DBO_5. En conjunto, ambos parámetros son complementarios y permiten una evaluación integral de la carga orgánica y del desempeño de los sistemas de tratamiento (Camacho et al., 2020).

2.2.4.1. Impacto de la materia orgánica en la calidad del agua

La alta concentración de materia orgánica en aguas residuales provoca efectos adversos en los cuerpos receptores, principalmente por la disminución del oxígeno disuelto debido al consumo microbiano durante su degradación, lo que puede derivar en condiciones hipóxicas o anóxicas (Crittenden et al., 2012). Esto compromete la vida acuática y altera el equilibrio ecológico. Además, su descomposición genera gases como metano y sulfuro de hidrógeno, asociados a malos olores y condiciones insalubres, y favorece la proliferación de patógenos, incrementando el riesgo sanitario. Por ello, la reducción de la DBO_5 y la DQO constituye un objetivo esencial en el tratamiento de aguas residuales (Fúquene et al., 2020).

2.2.5. Tratamiento de aguas residuales

Según Fúquene et al. (2020) Se refiere al conjunto de técnicas aplicadas para depurar agua contaminada, dependiendo del grado de contaminación que se busca eliminar, con el objetivo de adecuarla a su uso previsto. Estos tratamientos se clasifican en primarios, secundarios y terciarios según los contaminantes a remover y el nivel de purificación requerido (Tchobanoglous et al., 2014; von Sperling, 2007).

Los tratamientos primarios están orientados a la remoción parcial de sólidos en suspensión, materia orgánica y patógenos presentes en las aguas residuales, principalmente mediante procesos físicos como la sedimentación en tanques. Entre las técnicas más empleadas se incluyen la sedimentación, flotación, coagulación, neutralización y filtración (Bratby, 2006), cada una con funciones específicas para mejorar la calidad del agua (Fúquene et al., 2020)

El tratamiento secundario se centra principalmente en reducir la DBO soluble y los sólidos en suspensión mediante procesos aeróbicos y anaeróbicos de las aguas residuales, con el objetivo de mejorar la calidad del agua eliminando los residuos orgánicos que el tratamiento primario no logra eliminar (Crittenden et al., 2012). Entre los sistemas más populares se encuentran las fosas sépticas, los tanques Imhoff, los sistemas de lodos activados y las lagunas anaeróbicas. Estos sistemas no funcionan de la misma manera: mientras que las fosas sépticas y los tanques Imhoff aprovechan la sedimentación de sólidos, los lodos activados y las lagunas anaeróbicas permiten que los microorganismos descompongan la materia orgánica con o sin oxígeno (Fúquene et al., 2020)

El tratamiento terciario o avanzado consiste en eliminar nutrientes como el nitrógeno y el fósforo para detener la eutrofización y lograr que el efluente

secundario esté lo suficientemente limpio para su reutilización. El objetivo principal es eliminar los contaminantes persistentes que no se eliminaron en las etapas anteriores, de modo que todo cumpla con las normativas ambientales y sanitarias (Fuquene et al. 2020).

2.2.5.1. Proceso de coagulación – floculación

La floculación consiste en la agregación de flóculos previamente formados, aumentando su tamaño y masa para favorecer su sedimentación. Este fenómeno ocurre mediante la unión mecánica de partículas previamente desestabilizadas, generando estructuras sólidas más grandes que mejoran la velocidad de decantación y la eficiencia del tratamiento (Humamante et al., 2022).

2.2.6. Coagulante de Policloruro de aluminio y cloruro férrico

Las sales de aluminio y hierro son coagulantes habituales en el tratamiento de agua, ya que son muy eficaces para eliminar impurezas. En el caso de las aguas residuales domésticas, la materia orgánica supone un gran problema tanto para la calidad del agua como para quienes dependen de ella. Además de perjudicar la calidad del agua, la materia orgánica puede favorecer el crecimiento de gérmenes dañinos, aumentando el riesgo de enfermedades y alterando los ecosistemas acuáticos (Flórez et al., 2017).

La coagulación-floculación es un método de tratamiento de aguas residuales en el que se añaden productos químicos para desequilibrar las partículas coloidales y hacer que se agrupen en flóculos, lo que facilita su separación o sedimentación. Estos coagulantes eliminan las cargas eléctricas que mantienen las partículas dispersas, haciendo que se aglutinen. Entre todos los coagulantes, el sulfato de aluminio y el cloruro férrico son muy comunes, y el sulfato de aluminio es

especialmente popular por ser económico, fácil de conseguir y funcionar bien si el pH es el adecuado.

$Al_2(OH)_3Cl$: Compuesto hidroxicloroalumínico relacionado con el policloruro de aluminio, correspondiente a un coagulante de aluminio prehidrolizado empleado para la desestabilización de coloides y la reducción de turbidez, color y materia orgánica. No obstante, si el reactivo utilizado fue el comercial "policloruro de aluminio", es preferible emplear dicha denominación o la sigla PAC, ya que la formulación puede resultar ambigua sin una caracterización química específica (American Water Works Association, 2000).

$FeCl_3$: Estamos hablando del cloruro férrico, esa sal metálica que actúa como un importante coagulante durante la coagulación-floculación. Su funcionamiento se basa en la hidrólisis y la eliminación de cargas, lo que ayuda a agrupar partículas diminutas y coloides, reduciendo así la turbidez, los sólidos en suspensión e incluso parte de la materia orgánica presente en las aguas residuales (Bratby, 2016).

2.2.7. Estándares de calidad ambiental del agua

Los valores de referencia son parámetros normativos empleados para evaluar la calidad del agua, definiendo concentraciones adecuadas de componentes y características físicas, químicas y biológicas en los cuerpos de agua. Funcionan como criterios de control y monitoreo, orientando la protección ambiental y la gestión sostenible, además de facilitar la detección de contaminantes y la toma de decisiones en el manejo de los recursos hídricos (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2017).

2.3. Marco conceptual

Coagulantes: Son sustancias químicas que se emplean para el tratamiento de aguas con el objetivo de desestabilizar sólidos en suspensión y coloides, lo cual facilita su eliminación (Bratby, 2016).

Aguas residuales: Son aguas que han perdido su calidad natural a causa de acciones industriales, comerciales, institucionales o domésticas; estos incluyen elementos biológicos, químicos y físicos que deben ser procesados antes de ser reutilizados o desechados (von Sperling, 2007).

Materia orgánica: Compuestos principalmente de carbono, hidrógeno y oxígeno —con pequeñas cantidades de fósforo, nitrógeno y azufre, estos elementos se presentan en forma coloidal, disuelta o en suspensión. A veces, la materia orgánica se descompone fácilmente si los microorganismos actúan sobre ella, pero otras veces permanece en el ambiente por no ser biodegradable. Para determinar el nivel de contaminación en los efluentes, se utiliza la evaluación, basándose en indicadores como la DBO5 y la DQO (Tchobanoglous et al., 2014; APHA et al., 2023).

Demanda química de oxígeno (DQO): A diferencia de la DBO, que mide el oxígeno que utilizan los microbios al descomponer la materia orgánica, la DQO calcula cuánto oxígeno se necesita para descomponer rápida y químicamente los compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en el agua (Silva et al., 2019).

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5): Este indicador mide indirectamente la carga de materia orgánica en el agua, relacionada con contaminantes biodegradables como desechos de alimentos, excremento y efluentes de fábrica. Cuando los valores de DBO son altos, esto señala una intensa

contaminación orgánica, lo cual puede poner en riesgo la calidad del agua y la supervivencia de las especies acuáticas (Silva et al., 2019).

Sólidos suspendidos totales: Son partículas sólidas más grandes que los coloides (>1 µm), las cuales pueden ser separadas por medio de procedimientos físicos, como la decantación (Silva et al., 2019).

Valores máximos admisibles: Si no se cumplen estos valores, las instalaciones y la infraestructura sanitaria pueden deteriorarse de manera inmediata o progresiva, poniendo en peligro su eficacia y operatividad. Estos límites se Establecer para garantizar que los efluentes no representen una amenaza para la salud pública o el entorno ambiental (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2019).

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño de la Investigación

Los investigadores optaron por un diseño experimental, ya que modificaron varias variables de estudio para lograr un control riguroso (Hernández y Mendoza, 2018). Así, comprobaron la cantidad de contaminación eliminada del agua analizando la eficacia del policloruro de aluminio frente al cloruro férrico en diferentes dosis aplicadas a las aguas residuales domésticas de Lampa.

3.2. Tipo de Investigación

Esta investigación se enmarca en el ámbito aplicado, tratando de abordar un problema social real y apoyándose en gran medida en la investigación básica para respaldarla (Ñaupas et al., 2018). En este caso, buscan determinar el problema de la calidad del agua causado por las aguas residuales domésticas de los habitantes de Lampa, y para ello utilizan policloruro de aluminio y cloruro férrico como principales agentes de coagulación.

3.3. Enfoque de investigación

Para esta investigación se optó por un método cuantitativo, centrado en el seguimiento de los valores numéricos de los factores fisicoquímicos presentes en

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

las aguas residuales antes y después del tratamiento, prestando especial atención a la DBO_5 y la DQO. ¿El objetivo principal? Determinar el porcentaje de materia orgánica eliminada. Tras recopilar los datos, se realizó un análisis estadístico para comprobar si existían diferencias significativas entre los distintos tratamientos evaluados (Hernández & Mendoza, 2018).

3.4. Nivel de investigación

Parece que la investigación se centró en la explicación, con el objetivo de determinar cómo la cantidad de policloruro de aluminio y cloruro férrico utilizados influyó en la cantidad de materia orgánica extraída de las aguas residuales domésticas. Pero eso no es todo: en lugar de limitarse a describir los resultados, el equipo también analizó la cantidad de coagulante empleado y cómo esta afectó la eficacia del tratamiento (Ñaupas et al., 2018).

3.5. Población y Muestra

3.5.1. Población

En esta investigación, la población objeto de estudio está constituida por las aguas residuales domésticas generadas por los residentes de la ciudad de Lampa, ubicada en la región de Puno.

3.5.2. Muestra

La muestra utilizada en este estudio consistió en 10 litros de aguas residuales domésticas provenientes de la ciudad de Lampa, en la región de Puno.

3.6. Técnicas e Instrumentos

3.6.1. Técnicas

En el presente estudio se utilizó la técnica de observación experimental, en concordancia con lo propuesto por Ñaupas et al. (2018). Esta metodología consiste en examinar de manera sistemática cómo la manipulación de la variable

independiente influye sobre la variable dependiente. En este sentido, la observación constituye un elemento fundamental dentro del desarrollo de cualquier diseño experimental.

3.6.2. Instrumentos

El registro de datos se llevó a cabo mediante fichas de recolección, las cuales, de acuerdo con Ñaupas et al. (2018), se emplean cuando el investigador busca analizar o evaluar un aspecto específico del objeto de estudio. En este sentido, dichas fichas constituyen un medio sistemático para consignar información obtenida tanto en trabajo de campo como en laboratorio o en el entorno donde se desarrolla la investigación.

Por otro lado, la obtención de datos se realizó mediante el uso de equipos e instrumentos de laboratorio apropiados para la evaluación de los parámetros físico-químicos del agua residual. Se empleó un equipo de prueba de jarras para simular el proceso de coagulación-floculación, un potenciómetro (pH-metro) para la medición del potencial de hidrógeno, un termómetro para el control de la temperatura y material volumétrico para la preparación y dosificación de soluciones y reactivos. Asimismo, la determinación de la DBO_5 se efectuó mediante incubación en condiciones controladas, mientras que la DQO se evaluó a través del método colorimétrico con espectrofotometría, siguiendo procedimientos normalizados. Cabe destacar que todos los equipos fueron previamente calibrados con el fin de asegurar la precisión y confiabilidad de los resultados.

En relación con la validación de los instrumentos, no se utilizaron herramientas de carácter subjetivo como encuestas o cuestionarios, por lo que no fue necesaria su validación. La recolección de datos se sustentó en métodos

analíticos físico-químicos estandarizados, los cuales garantizan la validez y confiabilidad de los resultados obtenidos.

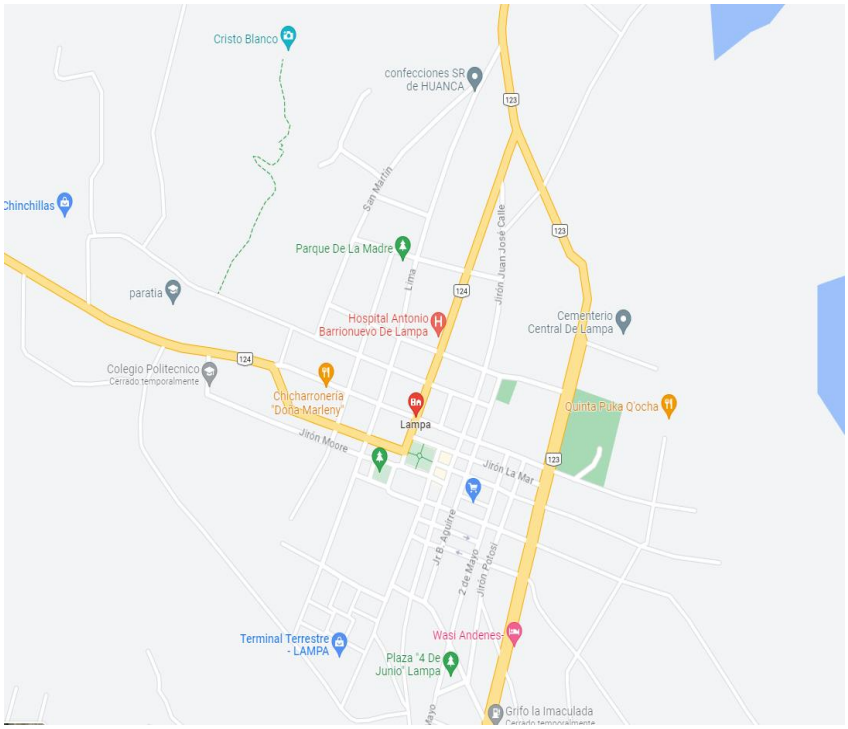
Finalmente, el cálculo de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y la demanda química de oxígeno (DQO) se realizó siguiendo los Métodos Estándar para el Examen de Agua y Aguas Residuales, tal como lo describen APHA, AWWA y WEF (2023). Además, cada dispositivo se calibró correctamente siguiendo los protocolos del laboratorio, por lo que las mediciones resultaron precisas.

3.7. Ubicación de la Zona de Estudio

Lampa es uno de los diez distritos que conforman la provincia de Lampa, que se ubica en el departamento de Puno al Sur del Perú, que abarca un área cerca de 674,83 km², abarcando una población aproximadamente de 11206 habitantes.

Figura 1

Ubicación geográfica



Nota. Ubicación de la zona de estudio con las coordenadas UTM que son: N: 15.3630458, E:70.3684761.

3.8. Método de Investigación

3.8.1. Muestreo del agua residual

Se determinó un punto de muestreo específico en la zona de captación de aguas residuales domésticas del distrito de Lampa. Posteriormente, se recolectaron diez litros de aguas residuales y se mezclaron para analizar los diferentes parámetros.

3.8.2. Análisis de los parámetros iniciales

Se procede a analizar los parámetros iniciales con los que cuenta el agua residual para poder compararlo con los resultados finales del porcentaje de remoción de contaminantes, considerándose los parámetros siguientes: DBO5, pH, temperatura, DQO, la conductividad eléctrica y solidos suspendidos totales.

3.8.3. Adquisición de coagulantes floculantes (pesado de las diferentes dosis)

Posteriormente se adquieren los reactivos a usar procedentes de un laboratorio certificado, posteriormente se pesó la cantidad en mg correspondiente a la dosificación a usar para cada experimento.

3.8.4. Aplicación de prueba de jarras

El proceso de coagulación-floculación se inició utilizando un equipo de prueba de jarras que contenía 10 litros de aguas residuales domésticas completamente mezcladas del distrito de Lampa. Cada prueba consistió en verter muestras de 500 ml en cada jarra del sistema. El proceso constó de tres etapas: primero, mezcla rápida; luego, mezcla lenta; y finalmente, tiempo de sedimentación. La mezcla rápida duró solo un minuto y medio, mientras que la mezcla lenta se prolongó durante 15 minutos, y el proceso finalizó con una hora de sedimentación. Durante todo el proceso, se monitorearon indicadores como el pH,

la temperatura, la DBO5 y la DQO para determinar la eficacia de la eliminación de materia orgánica.

Para el primer objetivo específico: Para determinar la dosificación óptima del policloruro de aluminio, se realizaron ensayos de coagulación-floculación mediante prueba de jarras utilizando alícuotas de 500 mL de agua residual doméstica obtenidas a partir de la muestra homogenizada de 10 L. Se evaluaron cuatro dosis del coagulante: 2, 4, 6 y 8 mL/500 mL, correspondientes a cuatro tratamientos experimentales. El proceso se desarrolló bajo las siguientes condiciones operativas: mezcla rápida a 150 rpm durante 1,5 minutos, mezcla lenta a 80 rpm durante 15 minutos y sedimentación durante 60 minutos. Cada tratamiento se realizó en dos repeticiones. Posteriormente, se tomaron muestras del sobrenadante para determinar DBO_5 y DQO. La eficiencia del tratamiento se expresó en porcentaje de remoción, calculado a partir de la concentración inicial y final de cada parámetro. La dosis óptima se definió como aquella que presentó el mayor porcentaje de remoción de materia orgánica.

Tabla 2

Diseño factorial - número de experimentos para dosificación de policloruro de aluminio

N°	Dosis de $Al_2(OH)_3Cl$ mL/500 mL	Concentración final de DBO_5 y DQO	
		Replica 1	Replica 2
1	2	-	-
2	4	-	-
3	6	-	-
4	8	-	-

Para el segundo objetivo específico: Para determinar la dosificación óptima del cloruro férrico, se realizaron ensayos de coagulación-floculación utilizando alícuotas de 500 mL de agua residual doméstica por cada tratamiento. Se evaluaron cuatro dosis del coagulante: 0,5; 0,7; 1,0 y 1,2 mL/500 mL, correspondientes a cuatro tratamientos experimentales. Las condiciones operativas del proceso fueron: mezcla rápida a 200 rpm durante 1,5 minutos, mezcla lenta a 100 rpm durante 15 minutos y sedimentación durante 60 minutos. Cada tratamiento se realizó en tres repeticiones. Luego del proceso, se analizaron DBO_5 y DQO, calculándose el porcentaje de remoción de materia orgánica para cada dosis. La dosis óptima se determinó en función del mayor porcentaje de remoción obtenido.

Tabla 3

Diseño factorial - número de experimentos para dosificación de cloruro férrico

N°	Dosis de $FeCl_3$ mL/500 Ml	Concentración final de DBO_5 y DQO	
		Replica 1	Replica 2
1	0.5	-	-
2	0.7	-	-
3	1	-	-
4	1.2	-	-

Para el tercer objetivo específico: Para comparar la eficiencia del policloruro de aluminio y el cloruro férrico en la remoción de materia orgánica, se seleccionaron las dosis óptimas determinadas en los ensayos previos para cada coagulante. Posteriormente, se compararon los porcentajes de remoción de DBO_5 y DQO obtenidos con ambas sustancias.

3.8.5. Análisis Posterior del Agua Tratada

Una vez aplicadas las dosis correspondientes de cada coagulante, se procedió a determinar los valores finales de DBO_5 y DQO en el agua tratada, considerando cada tratamiento y sus respectivas repeticiones. A partir de dichos resultados se calculó el porcentaje de remoción de materia orgánica para cada dosis evaluada.

3.8.6. Análisis estadístico de los resultados

Los resultados obtenidos se clasificaron y analizaron estadísticamente para determinar si existían diferencias reales entre las dosis administradas y los coagulantes analizados. Para ello, utilizaron pruebas estadísticas inferenciales que se ajustaban a su objetivo.

3.9. Diseño de contrastación de hipótesis

Para comprobar la hipótesis, los investigadores utilizaron pruebas estadísticas inferenciales para averiguar si existían grandes diferencias en la eliminación de materia orgánica medida específicamente mediante DBO5 y DQO dependiendo de la cantidad de policloruro de aluminio y cloruro férrico dosificados.

Para el **primer** y **segundo objetivo específico**, orientados a determinar la dosificación óptima de cada coagulante, se utilizó un ANOVA de un factor, tomando como factor la dosis y como variable de respuesta el porcentaje de remoción de DBO_5 y DQO. Las hipótesis estadísticas fueron:

- **H0:** no existen diferencias significativas en la remoción de DBO_5 y DQO entre las dosis evaluadas del coagulante.
- **Ha:** existen diferencias significativas en la remoción de DBO_5 y DQO entre al menos dos dosis del coagulante.

Cuando el ANOVA mostró diferencias significativas ($p < 0,05$), se aplicó la prueba post hoc de Tukey para identificar qué dosis difirieron entre sí y establecer la dosis óptima.

Para el **tercer objetivo específico**, referido a la comparación de la eficiencia de ambos coagulantes, se aplicó la prueba t de Student para muestras independientes, considerando las dosis óptimas previamente determinadas para cada coagulante. En este caso, las hipótesis fueron:

- **H0:** no existen diferencias significativas en la remoción de DBO_5 y DQO entre el policloruro de aluminio y el cloruro férrico.
- **Ha:** existen diferencias significativas en la remoción de DBO_5 y DQO entre ambos coagulantes.

Los análisis se realizaron en IBM SPSS Statistics 25, con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$. Se rechazó H0 cuando el p-valor fue menor a 0,05.

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Resultados

4.1.1. Caracterización del agua residual

Según la Tabla 4, la composición de las aguas residuales domésticas antes y después de su llegada a la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) pone de manifiesto que los parámetros medidos no alcanzan los valores de referencia establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, que fija las Normas de Calidad Ambiental (NCA) para el agua. La Demanda Química de Oxígeno (DQO) se sitúa en 258,3 mg/L a la entrada y desciende a 115,8 mg/L a la salida de la planta, pero, sinceramente, sigue estando por encima del límite máximo establecido de 40 mg/L. En cuanto a la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), se sitúa en torno a 172,8 mg/L a la entrada, mientras que a la salida muestra 137,5 mg/L, por lo que ambos valores están muy por encima del punto de referencia de 15 mg/L. Por otro lado, el pH se mantiene dentro de los rangos adecuados, entre 6,5 y 8,5, en ambos puntos de medición. Respecto a la temperatura, se registraron valores de 14,7 °C y 14,2 °C, respectivamente, parámetro para el cual no se consigna un valor de referencia en la comparación realizada.

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

Tabla 4

Características del agua residual doméstica y dadas por DS-004-2017-MINAM

Parámetro	**Unidad**	**Agua residual antes de PTAR**	**Agua residual salida de PTAR**	DS-004-2017-MINAM
Temperatura	°C	14,7	14,2	
pH	1-14	7,22	7,03	6,5 – 8,5
DQO	mg/L	258,3	115,8	40 mg/L)
DBO_5	mg/L	172,8	137,5	15 mg/L

4.1.2. Dosificación óptima del Policloruro de aluminio en la remoción de materia orgánica de las aguas residuales

En primer lugar, la Tabla 5 y figuras 2 muestran la variación del parámetros de temperatura y pH.

Tabla 5

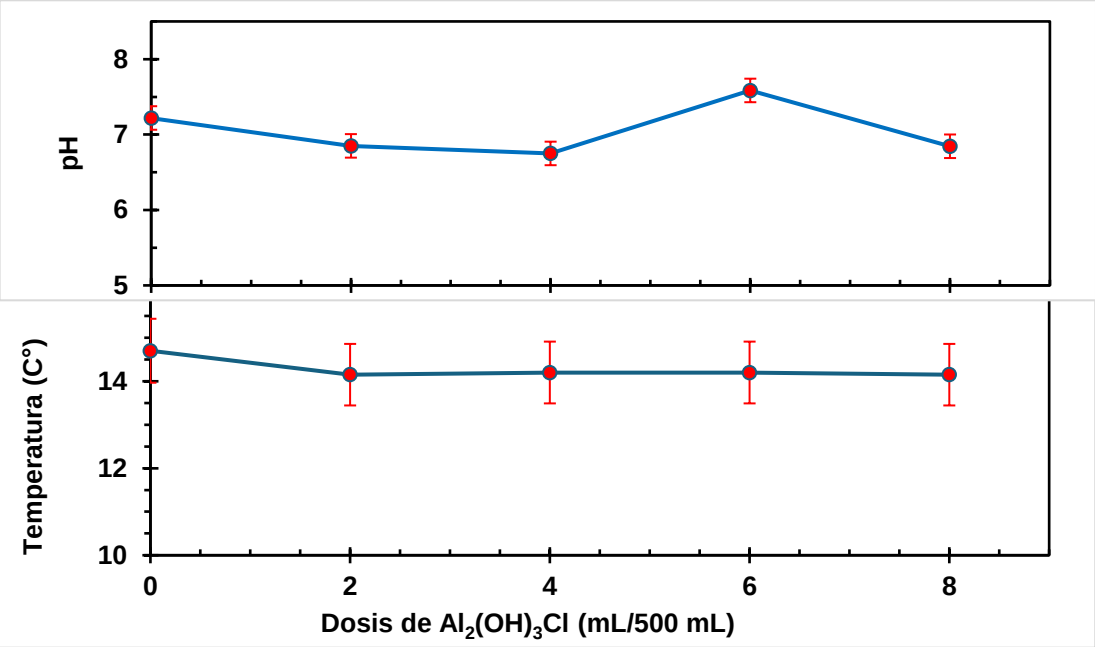
Variación de pH y temperatura a distintas dosis de Policloruro de aluminio

N°	**Dosis de $Al_2(OH)_3Cl$ mL/500 mL**	**Temperatura**				**pH**			
		R1	**R2**	**Promedio**	**SD (±)**	**R1**	**R2**	**Promedio**	**SD (±)**
INICIAL				14.7				7.22	
1	2	14,30	14,00	14,15	0,21	6,82	6,88	6,85	0,04
2	4	14,20	14,20	14,20	0,00	6,76	6,74	6,75	0,01
3	6	14,10	14,30	14,20	0,14	7,54	7,63	7,59	0,06
4	8	14,20	14,10	14,15	0,07	6,87	6,82	6,85	0,04

Nota. R1, R2 son réplica 1 y 2.

Figura 2

Variación de pH y temperatura a distintas dosis de Policloruro de aluminio



La Tabla 5 muestra cómo varía el pH y la temperatura cuando se aplican diferentes cantidades de policloruro de aluminio (Al2(OH)3Cl) a 500 ml de agua residual. La temperatura presenta cambios muy pequeños, con promedios que van de 14,10 °C a 14,30 °C y una desviación estándar de entre 0,00 y 0,21. Esto indica que el proceso es térmicamente estable. Respecto al pH, se nota que cambia con la dosis utilizada, resaltando un incremento a 7.59 en la dosis de 6 mL/500 mL y una reducciónen otras concentraciones, con desviaciones estándar entre 0.01y 0,06; esto indica una ligera variaciónen el nivel de acidez del medio. La La Figura 2 muestra de forma gráfica esta variación, al mostrar la manera en que los parámetros de temperatura y pH, lo cual brinda una representación visual clara de las tendencias vistas en la tabla.

Tabla 6

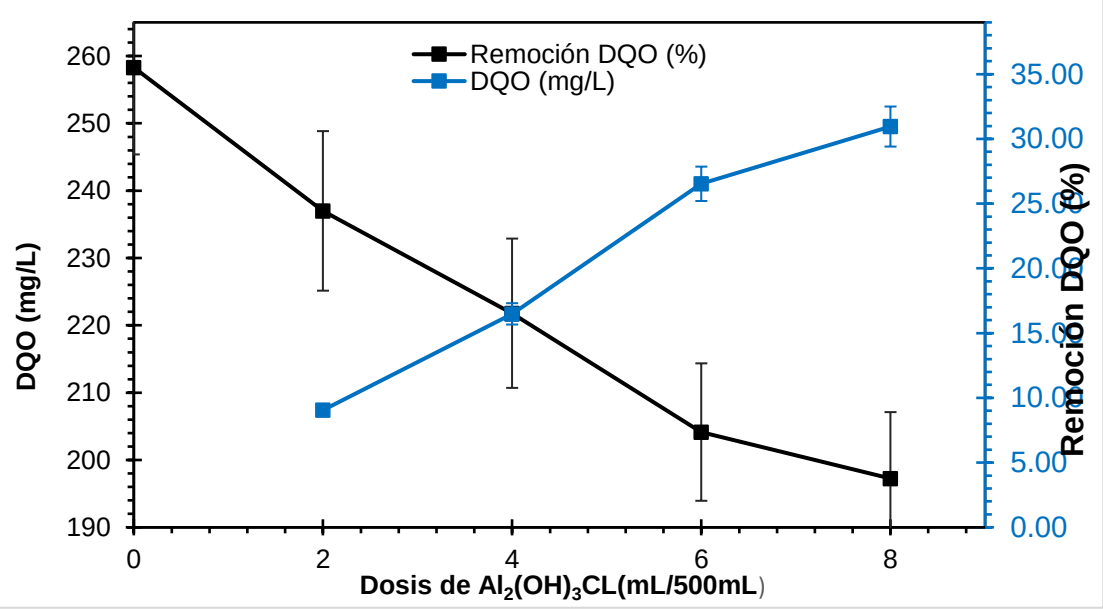
Efecto en tratamiento de DQO con Policloruro de aluminio

N°	Dosis de $Al_2(OH)_3Cl$ mL/500 mL	R1 (mg/L)	% remoción	R2 (mg/L)	% remoción	Promedio (mg/L)	Promedio (% remoción)
1	2	231,30	11,67	242,70	6,43	237,00	9,05
2	4	218,20	18,38	225,40	14,60	221,80	16,49
3	6	202,60	27,49	205,70	25,57	204,15	26,53
4	8	198,10	30,39	196,40	31,52	197,25	30,95

Nota. la concentración inicial de DQO fue de 258.3 mg/L. R1, R2 son réplica 1 y 2.

Figura 3

Concentración de DQO y % de remoción con Policloruro de aluminio



La Tabla 6 explica cómo diferentes dosis de policloruro de aluminio disminuyen la demanda químicade oxígeno (DQO) en el agua residual. La la concentración de DQO muestra una disminución a medida que la dosis aumenta, comenzando desde 237.00 mg/L en 2 mL/500 mL y bajando hasta 197.25 mg/L en 8 mL/500 mL; esto representa una eficiencia de remoción que va del 9.05% al 30.95%. Estas fluctuaciones vienen con desviaciones entre las réplicas (R1 y R2),

lo que ofrece una visión minuciosa del efecto del coagulante en la disminución de materia orgánica. Como se observa en la Figura 3, la concentración de DQO disminuye y el porcentaje de remoción aumenta, lo que hace que sea más sencillo entender cuán eficaz es el Policloruro de Aluminio en este caso.

Tabla 7

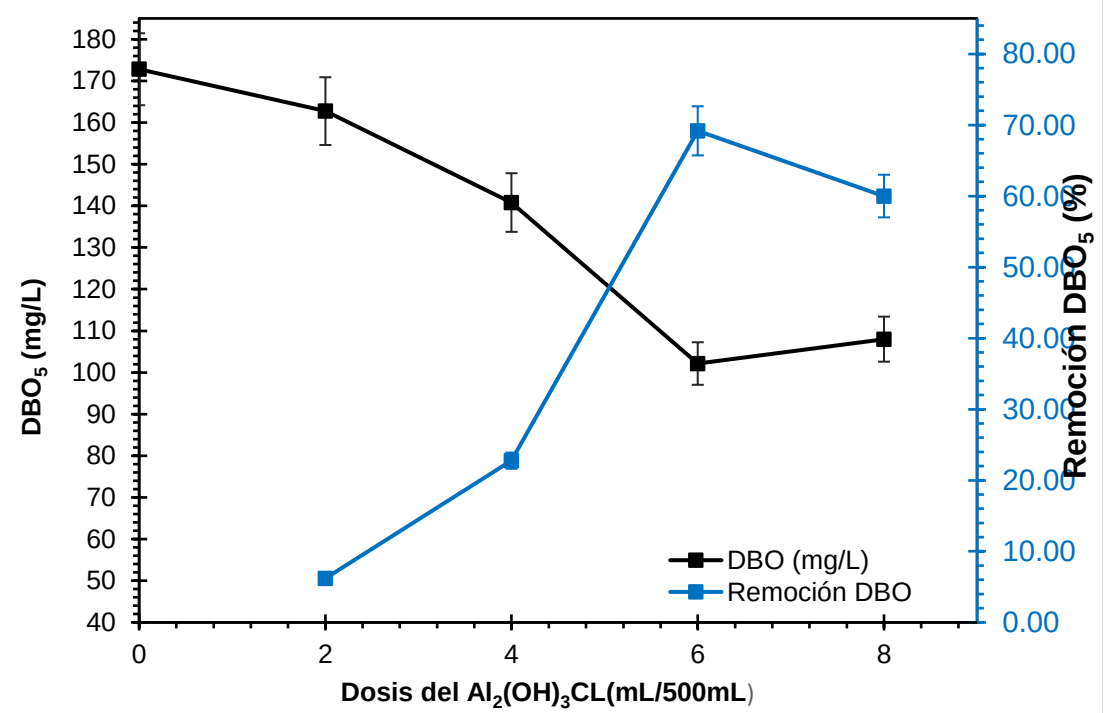
Efecto en tratamiento de DBO con Policloruro de aluminio

N°	Dosis de $Al_2(OH)_3Cl$ mL/500 mL	R1 (mg/L)	% remoción	R2 (mg/L)	% remoción	Promedio (mg/L)	Promedio (% remoción)
1	2	165,20	4,60	160,30	7,80	162,75	6,20
2	4	138,40	24,86	143,20	20,67	140,80	22,76
3	6	103,20	67,44	101,10	70,92	102,15	69,18
4	8	107,60	60,59	108,40	59,41	108,00	60,00

Nota. la concentración inicial de DBO fue de 172,8 mg/L. R1, R2 son réplica 1 y 2.

Figura 4

Concentración de DBO y % de remoción con Policloruro de aluminio



La Tabla 7 muestra claramente cómo las diferentes cantidades de policloruro de aluminio afectan la eliminación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en aguas residuales. Al aumentar la dosis de coagulante, se observa una disminución considerable de la DBO, desde 162,75 mg/L con 2 mL/500 mL hasta 108,00 mg/L con 8 mL/500 mL. Esto significa que la eliminación aumenta del 6,20 % al 60,00 %. Al parecer, las réplicas R1 y R2 presentan una variación significativa, lo que respalda la validez de estos resultados. La Figura 4 presenta estos datos, mostrando la disminución de la DBO y clasificando los porcentajes de eliminación. Aparentemente, este tipo de resultado sugiere que el policloruro de aluminio es eficaz para eliminar la materia orgánica biodegradable de las aguas residuales.

4.1.3. Dosificación óptima del cloruro férrico en la remoción de materia orgánica de las aguas residuales

La Tabla 8 y la Figura 5 exponen los cambios delos parámetros pH y temperatura.

Tabla 8

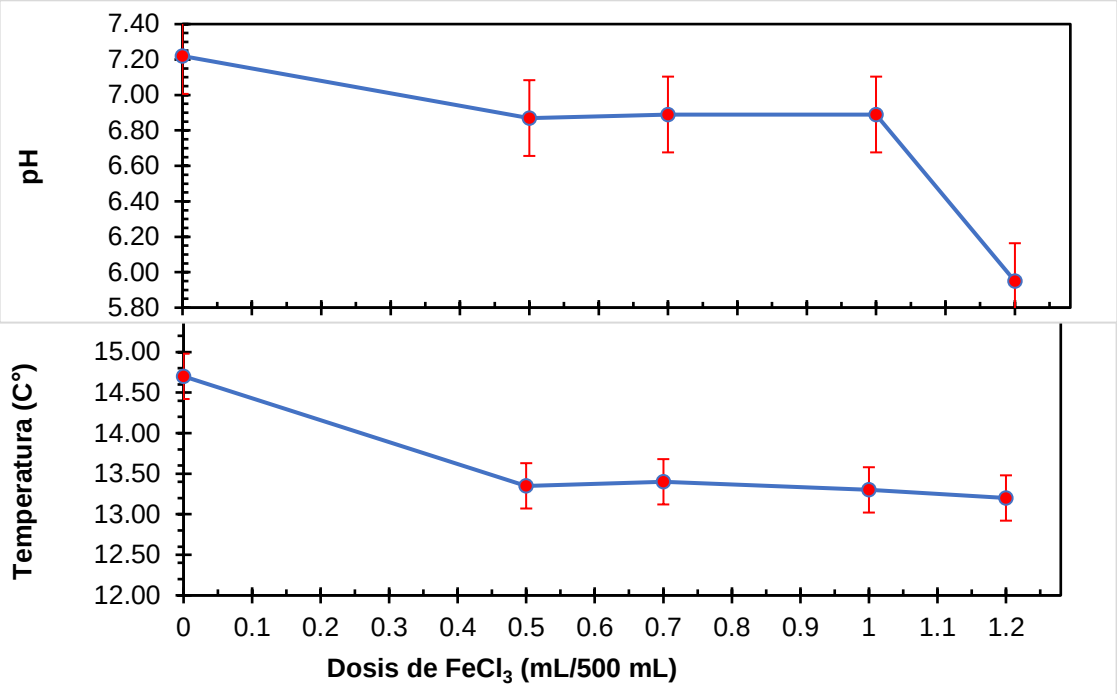
Variación de pH y temperatura a distintas dosis de cloruro férrico

N°	Dosis de $FeCl_3$ mL/500 mL	Temperatura				pH			
		R1	**R2**	**Promedio**	**SD (±)**	**R1**	**R2**	**Promedio**	**SD (±)**
INICIAL				14,7				7,22	
1	0,5	13,50	13,20	13,35	0,21	6,82	6,92	6,87	0,07
2	0,7	13,50	13,30	13,40	0,14	6,91	6,87	6,89	0,03
3	1	13,40	13,20	13,30	0,14	6,90	6,88	6,89	0,01
4	1,2	13,30	13,10	13,20	0,14	5,94	5,96	5,95	0,01

Nota. R1, R2 son réplica 1 y 2.

Figura 5

Variación de pH y temperatura a distintas dosis de cloruro férrico



La Tabla 8 presenta cómo cambian la temperatura y el pH al agregar distintas cantidades de cloruro férrico (FeCl3) a 500 ml de agua residual. La temperatura descendiendo poco a poco con el aumento de la dosis, alcanzando valores medios de 13,35 °C a 13,20 °C y una desviación estándar entre 0,14 y 0,21. Esto indica que la temperatura es relativamente constante. Con relación al pH, se registra una disminución significativa de la acidez, pasando de 6,89 a 5,95 conforme aumenta la dosis, con desviaciones estándar entre 0,01 y 0,07. Esto señala un cambio consistente del pH como respuesta al tratamiento con cloruro férrico. Esta variación es representada visualmente en la Figura 5, que muestra gráficamente las tendencias observadas en la tabla y subraya el vínculo entre las dosis administradas y las alteraciones en los parámetros de pH y temperatura.

Tabla 9

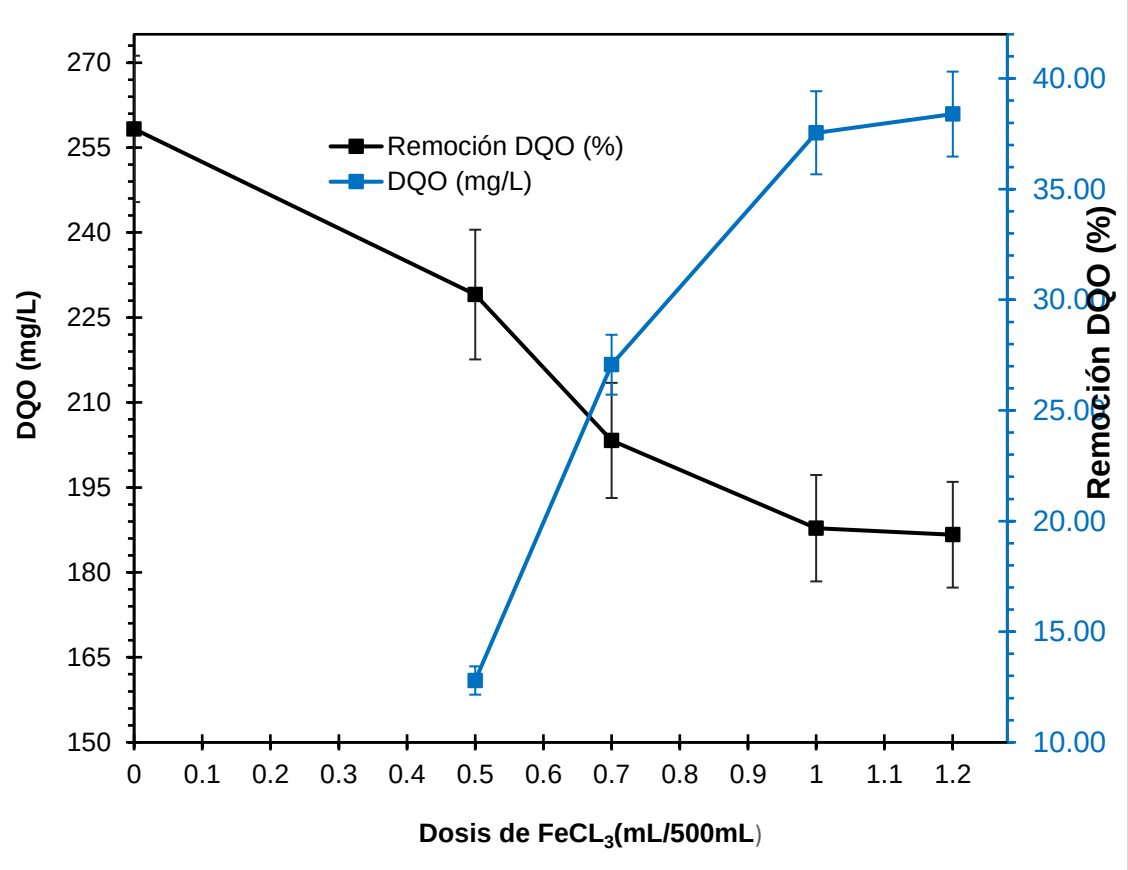
Efecto en tratamiento de DQO con cloruro férrico

N°	Dosis de $FeCl_3$ mL/500 mL	R1 (mg/L)	% remoción	R2 (mg/L)	% remoción	Promedio (mg/L)	Promedio (% remoción)
1	0.5	225,70	14,44	232,40	11,14	229,05	12,79
2	0.7	205,40	25,75	201,20	28,38	203,30	27,07
3	1	186,30	38,65	189,30	36,45	187,80	37,55
4	1.2	187,90	37,47	185,40	39,32	186,65	38,39

Nota. La concentración inicial de DQO fue de 258.3 mg/L. R1, R2 son réplica 1 y 2

Figura 6

Variación de concentración de DQO y % de remoción con cloruro férrico



El efecto del cloruro férrico sobre la disminución de la demanda química de oxígeno (DQO) en las aguas residuales se detalla en la Tabla 9. La La concentración de DQO desciende gradualmente cuando se eleva la dosis de FeCl3, bajando de 229.05 mg/L con una dosis.de 0,5 mL/500 mL a 186,65mg/L con una dosis de 1,2 mL/500 mL. Esto equivale a un incremento en la eficacia de eliminación del 12,79% al 38,39%. Las réplicas R1 y R2 muestran pequeñas variaciones, lo que contribuye a la solidez de los resultados. Estos Los datos se observan en la Figura 6, que ilustra de manera explícita la relación inversa entre el porcentaje de remoción y la concentración de DQO conforme aumenta el volumen del coagulante, destacando así la eficacia del cloruro férrico para eliminar materia orgánica no biodegradable.

Tabla 10

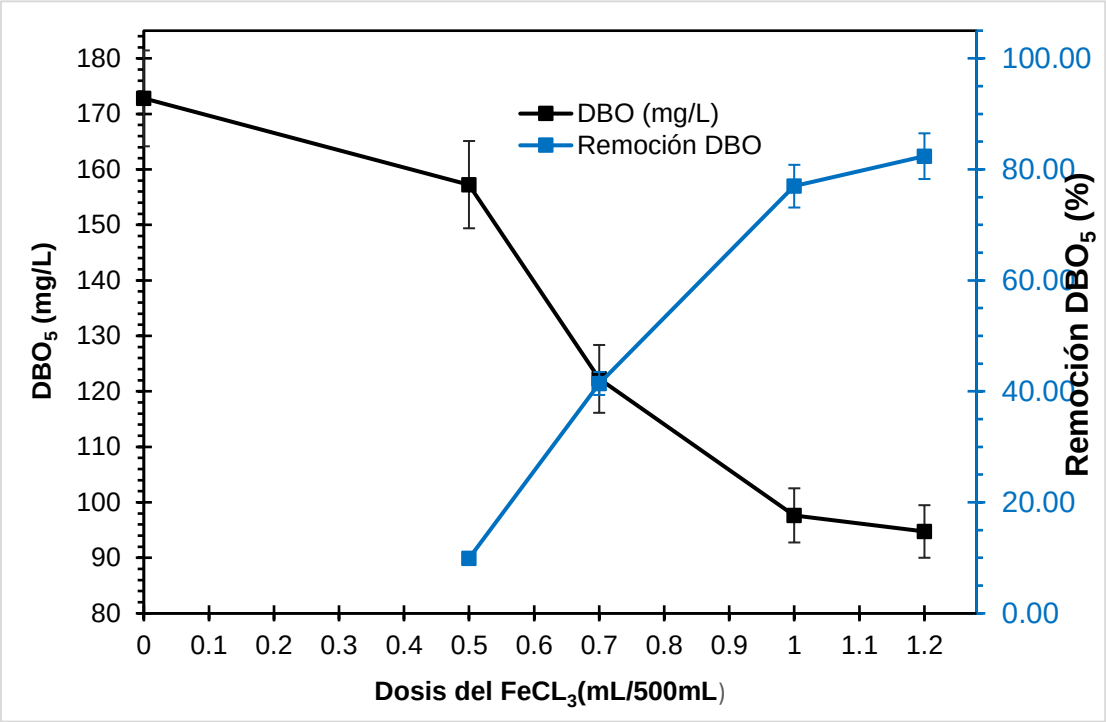
Efecto en tratamiento de DBO con cloruro férrico

N°	Dosis de $FeCl_3$ mL/500 mL	R1 (mg/L)	% remoción	R2 (mg/L)	% remoción	Promedio (mg/L)	Promedio (% remoción)
1	0,5	154,20	12,06	160.30	7.80	157.25	9.93
2	0,7	125,00	38,24	119.50	44.60	122.25	41.42
3	1	98,60	75,25	96.70	78.70	97.65	76.98
4	1,2	95,40	81,13	94.10	83.63	94.75	82.38

Nota. la concentración inicial de DBO fue de 172.8 mg/L. R1, R2 son réplica 1 y 2.

Figura 7

Variación de concentración de DBO y % de remoción con cloruro férrico

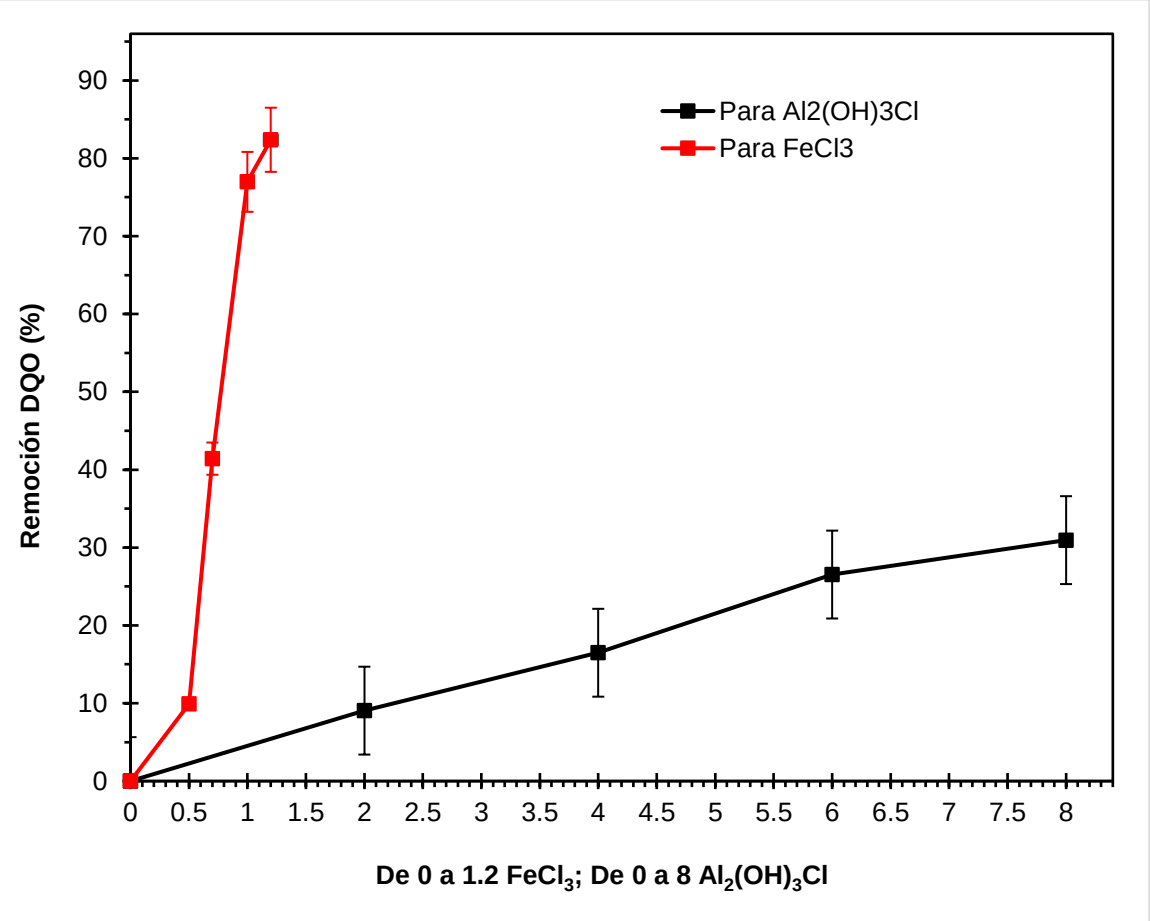


Los hallazgos del tratamiento de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) con varias dosis de cloruro férrico aparecen en la Tabla 10. Los Se descubre que, a medida que la dosis aumenta, la concentración de DBO se reduce notablemente: de 157,25 mg/L con 0,5 mL/500 mL hasta 94,75 mg/L con 1,2 mL/500 mL. Esto es coherente con un incremento en el porcentaje de eliminación del 9,93% al 82,38%. Las réplicas R1 y R2 evidencian una buena consistencia entre sí, lo que demuestra la mejora en la remoción. La Figura 7 muestra una representación gráfica de esta información, resaltando cómo la mejora significativa en la eliminación de materia orgánica biodegradable se debe al incremento en la dosi de cloruro férrico, lo que resulta en concentraciones más bajas de DBO en las aguas tratadas.

4.1.4. Comparación de la eficiencia del Policloruro de aluminio y el cloruro férrico en la remoción de materia orgánica

Figura 8

Comparación de remoción de DQO con Policloruro de aluminio y cloruro férrico

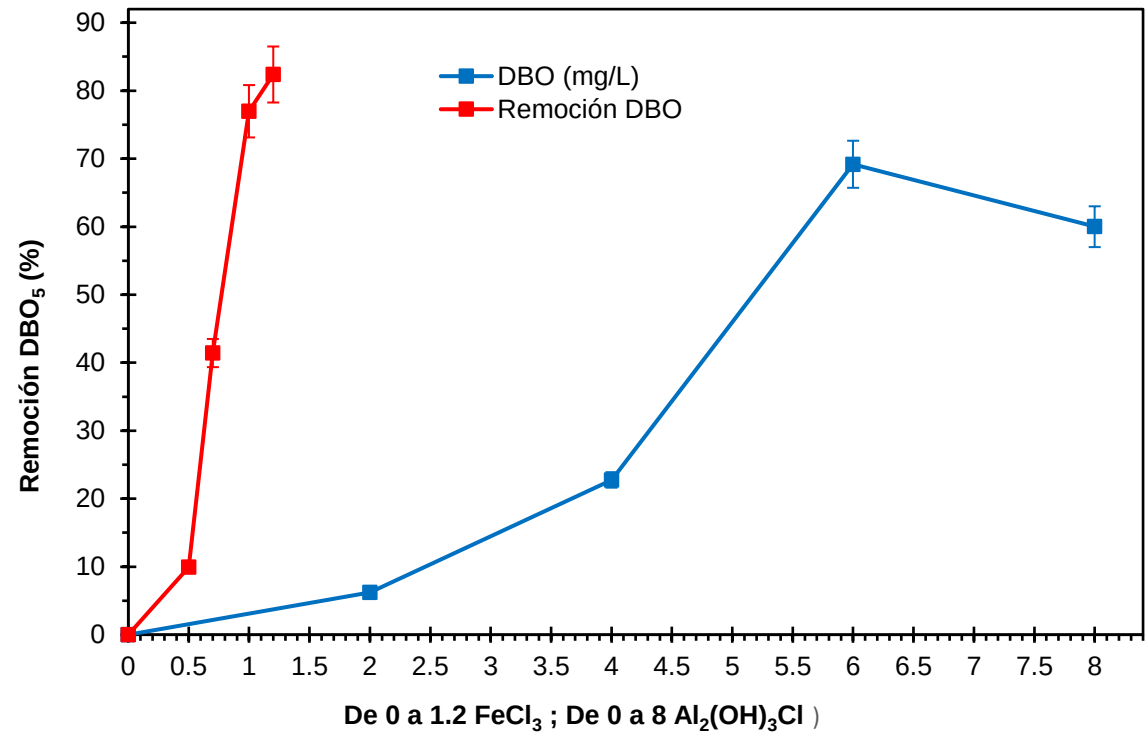


La eficiencia de eliminación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en función de la dosis de los coagulantes Al2(OH)3Cl y FeCl3 se puede observar en la Figura 8. Las dosis oscilan entre 2 y 8 mL por cada 500 mL, lo que equivale a una eficiencia de remoción que se incrementa desde un 9,05% hasta un 30,95%. La curva de FeCl3 (en rojo) revela que es más eficaz la eliminación de DQO que la de DBO5, empleando una dosis entre 0.5. y 1.2 mL por cada 500 mL, lo cual se traduce en un incremento de la eficiencia de remoción del 12,79% al 38,39%.

Se nota un incremento en la eficiencia de eliminación de DQO para los dos coagulantes a medida que la dosis de coagulante se eleva. La curva correspondiente a Al2(OH)3Cl (en color negro) en todas las dosis ensayadas. Específicamente, en la En dosis más alta (D4), FeCl3 logra una eficiencia de remoción cercana al 40%, a pesar de que Al2(OH)3Cl apenas llega al 30% bajo las mismas condiciones. Los Errores relacionados con cada punto de la curva señalan que las mediciones tienen un grado de variabilidad, especialmente en las dosis intermedias (D2 y D3). En la gráfica, las barras de error señalan la desviación estándar de cada punto medido en la curva. Se nota que la desviación estándar es más alta en las dosis intermedias (D2 y D3), lo cual indica una variabilidad más elevada en los resultados logrados bajo estas condiciones particulares.

Figura 9

Comparación de remoción de DBO con Policloruro de aluminio y cloruro férrico



La eficiencia de eliminación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), en función de las dosis iguales de FeCl3 y Al2(OH)3Cl, está ilustrada en la Figura 9. Nuevamente, FeCl3 (en rojo) muestra un desempeño superior en la eliminación de DBO5, con un rango del 9,93% al 82,38%, comparado con Al2(OH)3Cl (en negro), que tiene una eliminación desde el 6,20% hasta el 60,00%. En dosis bajas (D1 y D2), las dos curvas presentan una eliminación modesta: FeCl3 llega a cerca del 25% y 50%, respectivamente, en tanto que Al2(OH)3Cl obtiene alrededor de un 15% y 30% en esas mismas dosis. FeCl3 logra eficiencias de aproximadamente el 70% y el 80%, respectivamente, en las dosis más elevadas (D3 y D4), evidenciando así una inclinación más marcada hacia la eliminación máxima. En cambio, Al2(OH)3Cl llega a tener una eficiencia máxima cercana al 50 % en la dosis D4. Las Dosis más elevadas, en particular la D3 para FeCl3, presentan una mayor variabilidad de los datos. Los errores estándar de las mediciones se señalan también en esta gráfica a través de las barras de error. En particular, para FeCl3 (en D3), las dosis más elevadas muestran una variabilidad mayor. Esto indica que, a pesar de que el FeCl3 es más eficaz, los resultados podrían ser menos constantes en algunas dosis, lo cual evidencia la complejidad del procedimiento de eliminación de DBO5.

4.2. Contrastación de Hipótesis

4.2.1. Para el primer objetivo específico: Efecto de dosificación óptima del Policloruro de aluminio en la remoción de materia orgánica

Ho: No existe diferencia entre los porcentajes de disminución de DQO con las distintas dosis de $Al_2(OH)_3Cl$

Ha: Existe diferencia entre los porcentajes de eliminación de DQO con las distintas dosis de $Al_2(OH)_3Cl$

Tabla 11

Análisis ANOVA para DQO (tratamiento con Policloruro de aluminio)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	585,176	3	195,059	33,408	,003
Dentro de grupos	23,355	4	5,839		
Total	608,530	7			

La Tabla 11 presenta los resultados del ANOVA para la DQO tratada con policloruro de aluminio. El valor p es de 0,003, lo cual es significativo. Al ser inferior a 0,05, podemos adoptar la hipótesis alternativa (Ha) y descartar la hipótesis nula (Ho). Esto indica que existe una diferencia considerable en la eliminación de DQO entre las distintas dosis de $Al_2(OH)_3Cl$. En resumen, estos datos sugieren que el tratamiento con policloruro de aluminio tiene un impacto significativo en la eliminación de DQO bajo las condiciones evaluadas.

Tabla 12

Prueba de tukey para la determinación la dosis de almidón de oca con mayor % de remoción de turbidez

HSD Tukey[a]				
Muestra	n	Subconjunto para alfa =0,05		
		1		2
Dosis de 2 mL/500 mL	2	[a] 9,05		
Dosis de 4 mL/500 mL	2	[a] 16,49		
Dosis de 6 mL/500 mL	2		[b]	26,53
Dosis de 8 mL/500 mL	2		[b]	30,96

Nota. Se muestra las medias para distintos grupos en los subconjuntos homogéneos. Tomando el tamaño de la muestra de la media armónica = 2,000

Los hallazgos del test post hoc de HSD de Tukey, que se utiliza para definir la cantidad ideal de almidón de ocapara eliminar turbidez, aparecen en la Tabla 12. Las dosis de 2 mL/500 mL y 4 mL/500 mL pertenecen al mismo subconjunto homogéneo, que se encuentra marcado con la letra a. Esto sugiere que no hay diferencias significativas entre estas dos dosis en lo referente a la eliminación de turbidez. En cambio, la dosis de 6 mL/500 mL pertenece a un subconjunto distinto, indicado con la letra b, lo que demuestra una diferencia sustancial en comparación con las dosis más pequeñas. La dosis de 8 mL/500 mL, que comparte la letra b con la dosis de 6 mL/500 mL, es parte de este subconjunto y no presenta diferencias significativas con la dosis de 6 mL/500 mL. En conclusión, las dosis de 6 mL/500 mL y 8 mL/500 mL son las que más eficaces resultan para eliminar la turbidez, con un promedio de eliminación del 30,96%. Esto evidencia que estas dosis son las más efectivas en los contextos experimentales analizados.

Ho: No existe diferencia entre los porcentajes de disminución de DBO_5 con las distintas dosis de $Al_2(OH)_3Cl$

Ha: Existe diferencia entre los porcentajes de eliminación de DBO_5 con las distintas dosis de $Al_2(OH)_3Cl$

Tabla 13

Análisis ANOVA para DBO (tratamiento con Policloruro de aluminio)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	5380,725	3	1793,575	347,931	<0,001
Dentro de grupos	20,620	4	5,155		
Total	5401,345	7			

Los resultados del análisis ANOVA que se llevó a cabo para analizar la disminución de DBO5 con policloruro de aluminio ($Al_2(OH)_3Cl$) se muestra en la Tabla 13. La hipótesis nula puede ser rechazada porque el p-valor es inferior a 0,001, lo que nos lleva a concluir que existen variaciones significativas en la eliminación de DBO5 entre las diferentes dosis de tratamiento. En las condiciones experimentales, el tratamiento con policloruro de aluminio tiene un impacto importante en la disminución de DBO5.

Tabla 14

Prueba de tukey

HSD Tukey[a]

Muestra	N	Subconjunto para alfa =0,05		
		1	**2**	**3**
Dosis de 2 mL/500 mL	2	[a] 6,019		
Dosis de 4 mL/500 mL	2		[b] 27,76	
Dosis de 6 mL/500 mL	2			[c] 60,00
Dosis de 8 mL/500 mL	2			[c] 69,18

Nota. Se muestra las medias para distintos grupos en los subconjuntos homogéneos. Tomando el tamaño de la muestra de la media armónica = 2,000

Los hallazgos de la prueba HSD de Tukey, que compara las dosis de policloruro de aluminio (2, 4, 6 y 8 mL/500 mL) en cuanto a la eliminación de DBO5,

se encuentran en la tabla número catorce. Las Las dosis de 2 mL son parte del subconjunto "a", las de 4 mL pertenecen al subconjunto "b" y, finalmente, las dosis de 6 mL y 8 mL se encuadran en el subconjunto "c". Esto señala que las Dosis de 6 mL y 8 mL son más efectivas en la disminución de DBO5 que las dosis inferiores, lo que ratifica que la eficacia del Policloruro de Aluminio para reducir materia orgánica biodegradable se incrementa conforme aumenta su dosificación.

4.2.2. Para el segundo objetivo específico: Efecto de dosificación óptima del cloruro férrico en la remoción de materia orgánica

Ho: No existe diferencia entre los porcentajes de disminución de DQO con las distintas dosis de $FeCl_3$

Ha: Existe diferencia entre los porcentajes de eliminación de DQO con las distintas dosis de $FeCl_3$

Tabla 15

Análisis ANOVA para DQO (tratamiento con cloruro férrico)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	855,734	3	285,245	87,534	<0,001
Dentro de grupos	13,035	4	3,259		
Total	868,768	7			

La Tabla 15 resume los resultados del análisis de varianza (ANOVA) realizado para comprobar cómo las diferentes dosis de cloruro férrico ($FeCl_3$) afectan a la reducción de la DQO. Con un valor p inferior a 0,001, se observa una diferencia significativa entre las dosis aplicadas. Por lo tanto, parece que el cloruro férrico desempeña un papel fundamental en la eliminación de materia orgánica, lo que lo convierte en una opción eficaz para el tratamiento de aguas residuales en las situaciones analizadas.

Tabla 16

Prueba de tukey

HSD Tukey[a]				
Muestra	N	Subconjunto para alfa =0,05		
		1	2	3
Dosis de 0.5 mL/500 mL	2	[a] 12,79		
Dosis de 0.7 mL/500 mL	2		[b] 27,07	
Dosis de 1 mL/500 mL	2			[c] 37,55
Dosis de 1.2 mL/500 mL	2			[c] 38,39

Nota. Se muestra las medias para distintos grupos en los subconjuntos homogéneos. Tomando el tamaño de la muestra de la media armónica = 2,000

La Tabla 16 presenta los resultados de la prueba post hoc HSD de Tukey. Al usar la prueba HSD de Tukey, básicamente se compara la efectividad de diferentes dosis de cloruro férrico (0,5, 1 y 1,2 mL por 500 mL) para eliminar la DBO5. Los resultados indican un aumento significativo en la eliminación de materia orgánica biodegradable a medida que aumenta la dosis de cloruro férrico, especialmente porque las dosis de 1,2 mL y 1 mL destacan sobre las demás. Observe que el subconjunto "a" incluye la dosis de 0,5 mL, y el subconjunto "c" abarca las dosis de 1 mL y 1,2 mL, lo que evidencia una gran diferencia entre los efectos de las dosis más bajas y las más altas.

Ho: No existe diferencia entre los porcentajes de disminución de DBO con las distintas dosis de $FeCl_3$

Ha: Existe diferencia entre los porcentajes de eliminación de DBO con las distintas dosis de $FeCl_3$

Tabla 17

Análisis ANOVA para DBO (tratamiento con cloruro férrico)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	855,734	3	285,245	87,534	<0,001
Dentro de grupos	13,035	4	3,259		
Total	868,768	7			

La Tabla 17 resume los resultados del ANOVA para la reducción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) a los 5 días tras el tratamiento con diferentes dosis de policloruro de aluminio ($Al_2(OH)_3Cl$). Cabe destacar que el valor de significancia es muy inferior a 0,001, muy por debajo del umbral habitual de 0,05. Esto significa que podemos aceptar la hipótesis alternativa (Ha) y descartar la hipótesis nula (Ho), lo que indica diferencias reales en las tasas de eliminación de DBO5 al utilizar distintas dosis de $Al_2(OH)_3Cl$. Un valor F de 87,534 confirma que el policloruro de aluminio tiene un gran efecto en la reducción de la DBO5 en las condiciones evaluadas.

Tabla 18

Prueba de tukey para remoción de DBO

HSD Tukey[a]						
Muestra	n	Subconjunto para alfa =0,05				
		1		**2**		**3**
Dosis de 0.5 mL/500 mL	2	[a] 9,93				
Dosis de 0.7 mL/500 mL	2		[b]	41,42		
Dosis de 1 mL/500 mL	2				[c]	76,97
Dosis de 1.2 mL/500 mL	2				[c]	82,38

Nota. Se muestra las medias para distintos grupos en los subconjuntos homogéneos. Tomando el tamaño de la muestra de la media armónica = 2,000

Los resultados de la prueba HSD de Tukey compara la eficacia de diferentes dosis (0,5, 1 y 1,2 mL/500 mL) de cloruro férrico en la eliminación de DBO5. el subconjunto "a" incluye las dosis de 0,5 ml, y el subconjunto "c" incluye las de 1 y 1,2 ml. Esto demuestra que las dosis más elevadas (1 y 1,2 ml) son mucho más efectivas que las dosis más bajas (0,5 ml) para eliminar DBO5. Esto confirma que, al aumentar la cantidad de cloruro férrico, se mejora la eficacia del tratamiento para eliminar materia orgánica biodegradable.

4.2.3. Para el tercer objetivo específico: Comparación de la eficiencia del Policloruro de aluminio y el cloruro férrico en la remoción de materia orgánica

Comparación de la eliminación de DQO y DBO a una dosis óptima de 1.2 mL/500 mL de FeCl3 y 8mL/500 mL de Al2(OH)3Cl.

Tabla 19

Comparación de remoción de DQO y DBO a dosis optima

		N	Media (% remoción)	Desviación estándar	Media de error estándar
% remoción de DQO	$Al_2(OH)_3Cl$	2	30,95	,79903	,56500
	$FeCl_3$	2	38,39	1,30815	,92500
% remoción de DBO	$Al_2(OH)_3Cl$	2	60,00	,83806	,59260
	$FeCl_3$	2	82,38	1,76943	1,25118

Los resultados de la comparaciónde la eficacia en eliminar la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) a través del Cloruro Férrico ($FeCl_3$) y Policloruro de Aluminio ($Al_2(OH)_3Cl$), empleando las dosis ideales, se muestra en la Tabla 19. Se especifican el promedio del porcentaje de remoción, la desviación estándar y el error estándar de los medios. El $Al_2(OH)_3Cl$ presenta una media de eliminación del 30,95% para la remoción de DQO, mientras que el $FeCl_3$ consigue un 38,39%.

Respecto a la eliminación de DBO, el $FeCl_3$ logra un 82,38% y el $Al_2(OH)_3Cl$ un 60%. Estos hallazgos señalan que $FeCl_3$ es más efectivo en la eliminación de las dos formas de materia orgánica en comparación con $Al_2(OH)_3Cl$. No, sin embargo, se nota que la variabilidad en la eliminación (que se manifiesta en la desviación estándar) es más alta para el $FeCl_3$, especialmente en lo que respeta a la eliminación de DBO.

Las hipótesis nula y alternativa serían las que se presentan a continuación para la Tabla 19, que refleja los resultados de la prueba de muestras independientes utilizadas para determinar las diferencias en el rendimiento de eliminación de DQO y DBO entre utilizadas para determinar las diferencias en el rendimiento de eliminación de DQO y DBO entre Cloruro Férrico ($FeCl_3$) Cloruro Férrico Policloruro de Aluminio ($Al_2(OH)_3Cl$) .($FeCl_3$) y Policloruro de Aluminio ($Al_2(OH)_3Cl$).

- **Para la Remoción de DQO:**

  Hipótesis nula (H_0): No existe una diferencia significativa en la eficiencia de remoción de DQO entre el Policloruro de Aluminio ($Al_2(OH)_3Cl$) y el Cloruro Férrico ($FeCl_3$).

  Hipótesis alternativa (H_1): Existe una diferencia significativa en la eficiencia de remoción de DQO entre el Policloruro de Aluminio ($Al_2(OH)_3Cl$) y el Cloruro Férrico ($FeCl_3$).

- **Para la Remoción de DBO:**

  Hipótesis nula (H_0): No existe una diferencia significativa en la eficiencia de remoción de DBO entre el Policloruro de Aluminio ($Al_2(OH)_3Cl$) y el Cloruro Férrico ($FeCl_3$).

Hipótesis alternativa (H_1): Existe una diferencia significativa en la eficiencia de remoción de DBO entre el Policloruro de Aluminio ($Al_2(OH)_3Cl$) y el Cloruro Férrico ($FeCl_3$).

Tabla 20

Prueba T de muestras independientes en remoción de DQO y DBO a dosis optima

	prueba t para la igualdad de medias						
	T	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia Inferior	Superior
Para DQO	-6,864	2	,021	-7,44000	1,08390	-12,10367	-2,77633
Para DBO	-16,16	2	,004	-22,38106	1,38442	-28,33774	-16,42438

La Tabla 20 confirma los resultados de la prueba t de muestras independientes que compara la cantidad de Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) que eliminan los dos coagulantes estudiados. Los coagulantes probados fueron cloruro férrico ($FeCl_3$) y policloruro de aluminio ($Al_2(OH)_3Cl$). Parece que para la DQO, el valor t es de -6,864 con 2 grados de libertad y una significancia bilateral de 0,021, lo que significa que la diferencia media es estadísticamente clara. La diferencia media se sitúa en -7,44, y el intervalo de confianza del 95% se extiende de -12,10 a -2,77. Aparentemente para la DBO, el valor t es aún mayor en -16,16, con dos grados de libertad y una significancia bilateral de 0,004. ¿Resultados? Una vez más, una diferencia significativa en el proceso de eliminación. En este escenario, la diferencia media es de -22,38, con un intervalo de confianza del 95% que va desde -28,34 hasta -16,42. Estos resultados respaldan la hipótesis alternativa, evidenciando diferencias significativas en la extracción de DQO y DBO entre ambos coagulantes. En

definitiva, los hallazgos sugieren que el $FeCl_3$ es mucho más eficiente que el $Al_2(OH)_3Cl$ para la eliminación de DQO y DBO en las condiciones evaluadas.

4.3. Discusiones

Este estudio deja claro que el cloruro férrico ($FeCl_3$) y el policloruro de aluminio (PAC) no son tan eficaces para eliminar la materia orgánica de las aguas residuales. Si analizamos las cifras, parece que, en la cantidad adecuada, el PAC redujo drásticamente tanto la demanda química de oxígeno (DQO) como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), lo que demuestra que es una excelente opción para reducir la alta contaminación orgánica. Sin embargo, el $FeCl_3$ mostró un rendimiento más alto y llegó a niveles de eliminación más elevados de eliminación más Delawarede DQO y DBO, lo cual señala una eficacia global superior en contraste con el PAC, DQO y DBO, lo cual señala una eficacia global superior en contraste con el PAC.

Para determinar la dosis óptima de policloruro de aluminio (PAC) para la eliminación de materia orgánica de aguas residuales, se compararon los resultados de este estudio con investigaciones previas sobre coagulación-floculación. Curiosamente, se observaron tanto fuertes paralelismos como marcadas diferencias en el desempeño de los distintos coagulantes. Alvarado (2022) y Lopera (2019) demuestran que el sulfato de aluminio logra una alta reducción de la turbidez en aguas residuales, con una eficiencia del 98 % y del 97,69 %, respectivamente. Sin embargo, lo que destaca de este estudio es que el PAC, cuando se utiliza en la dosis óptima, consigue una reducción significativa de la materia orgánica, disminuyendo la DQO en un 30,95 % y la DBO en un considerable 60,00 %. Los resultados indican que su rendimiento está más enfocado en reducir la carga

orgánica que en eliminar la turbidez, lo que aumenta su aplicabilidad en tratamientos de mayor exigencia.

Se nota también concordancia con los resultados de García y Zevallos (2021) y Flores et al. (2017), quienes presentan el PAC como una opción factible en lugar de coagulantes tradicionales, como el cloruro férrico y el sulfato de aluminio, particularmente en matrices con una alta concentración .de contaminantes orgánicos. Sin embargo, la investigación de Caruajulca (2022) señala que el sulfato férrico y el cloruro férrico tienen eficiencias similares en cuanto a la eliminación de turbidez. Por otro lado, las conclusiones de este estudio indican que el PAC podría tener un rendimiento más bajo que el cloruro férrico en la disminución de carga orgánica bajo ciertas circunstancias. Por otro lado, Huahuamullo (2021) informa que el PAC es más efectivo que el almidón de plátano para eliminar la turbidez, lo cual coincide con la efectividad observada en este estudio en relación a la reducción de materia orgánica. En Resumen, los resultados encontrados demuestran que el policloruro de aluminio es una opción prometedora para eliminar materia orgánica en aguas residuales. Tiene un rendimiento competitivo con respecto a los coagulantes tradicionales, aunque su eficacia puede cambiar según la clase de contaminante y el tipo de coagulante de referencia.

Los resultados de este estudio confirman con notable precisión lo que trabajos anteriores han señalado sobre el tratamiento de aguas residuales con este coagulante específico, especialmente en lo que respecta a la dosis de cloruro férrico necesaria para eliminar la materia orgánica. Al parecer, a medida que aumentaban las dosis de cloruro férrico, se observaba una disminución de la DBO y la DQO. Este patrón es consistente con el hallazgo de Sierra et al. (2018), quienes identifican a este coagulante como el más eficaz, con un 77,13% de eliminación de

DQO. Además, los resultados están relacionados con las investigaciones de Alvarado (2022) y Lopera (2019), que resaltan la eficacia del cloruro férrico para disminuir la turbidez y varios contaminantes. Estos resultados coinciden con los hallazgos de esta investigación, que logró reducciones de hasta un 82,38 % para la DBO y un 38,39 % para la DQO. Parece que el cloruro férrico puede ser incluso más eficaz para eliminar materia orgánica, especialmente la DBO, donde los valores fueron superiores a los observados en otros estudios. Sin embargo, esto difiere considerablemente de los hallazgos de Xiomara et al. (2009), ya que su estudio destacó la eficacia del sulfato de aluminio a un pH casi neutro.

El análisis de Flores et al. (2017) también apoya que las sales férricas son más efectivas quelas de aluminio para eliminar materia orgánica, lo cual coincide con los resultados, en los que el cloruro férrico demostró ser más eficiente en términos relativos. Sin embargo, estudios como los de García y Zevallos (2021) y Caruajulca (2022) indican que la efectividad del cloruro férrico puede fluctuar dependiendo de las condiciones operativas y de las propiedades de la matriz del agua residual. Este estudio también muestra este fenómeno, en el cual se observa un comportamiento variable del coagulante según la dosis utilizada.

Para cumplir con los Estándares de Calidad Ambiental (EQS) del agua, los investigadores analizaron la eficacia del policloruro de aluminio (PAC) frente al cloruro férrico ($FeCl_3$) en la eliminación de materia orgánica de las aguas residuales, utilizando la demanda química de oxígeno (DQO) y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) como indicadores. Cabe destacar que el $FeCl_3$ supera al PAC en ambos parámetros. El PAC logró una eliminación de DQO del 30,95 %, mientras que el $FeCl_3$ alcanzó un sólido 38,39 %. Además, el $FeCl_3$ logró una eliminación de DBO del 82,38 %, frente al PAC, que solo llegó al 60 %.

Esta eficacia superior del cloruro férrico coincide con lo que se encontró en estudios anteriores, como el de Lopera (2019), que reveló una eficiencia inferior del sulfato de aluminio base del PAC al lado de los coagulantes férricos. Sin embargo, se notó que el $FeCl_3$ tiene una variabilidad más significativa en sus resultados, evidenciada por desviaciones estándar más altas. Esto indica que su estabilidad operativa es menor en determinadas condiciones de dosificación, especialmente al eliminar la DBO. Flores et Alabama. (2017) también informó que el cloruro férrico es más eficaz que los coagulantes a base de aluminio, aunque muestra variaciones en su rendimiento. Este comportamiento concuerda con lo indicado en la presente investigación. Además, investigaciones realizadas en el país, como la de García y Zevallos (2021), apoyan que el $FeCl_3$ es un coagulante efectivo para tratar aguas residuales, confirmando que su rendimiento es mejor que el de otras opciones al reducir la carga orgánica. En cuanto a la satisfacción de los ECA, el $FeCl_3$ tuvo un rendimiento más próximo a las exigencias, en comparación con el PAC, que mostró una capacidad de remoción inferior. En general, los resultados corroboran que el cloruro férrico es un coagulante más adecuado para extraer materia orgánica de las aguas residuales; no obstante, se aconseja mejorar su dosificación y control operativo para disminuir la variabilidad y garantizar resultados más estables.

CONCLUSIONES

General: l policloruro de aluminio ($Al_2(OH)_3Cl$) y el cloruro ferríco ($FeCl_3$) presentaron una eficiencia diferente en la eliminación de materia orgánica de aguas residuales diferente en la eliminación de materia orgánica de aguas residuales. El férrico fue el que logró la eficacia más alta, con una eliminación de DBO5 que llegó al 82.38% y una eliminación de DQO del 38.39% en dosis de 1.2 mL/500 mL. En comparación con el Policloruro de Aluminio, los resultados fueron considerablemente más altos; este último tuvo una eliminación máxima de DQO del 30.96% y de DBO5 del 69.18%. estudios estadísticos corroboraron las diferencias notables en la eficiencia de remoción entre los dos coagulantes, lo que avaló que el $FeCl_3$ es más eficaz.

Primero: La Cantidad ideal de policloruro de aluminio para eliminar DQO fue 8 mL/500 mL, con una eficacia del 30.95%. La dosis más eficaz para DBO5 fue de 6 mL/500 mL, con una eficiencia del 69,18%. Para DQO, el p-valor obtenido fue 0.003 y para DBO5 fue inferior a 0.001, lo que confirma que hay diferencias notables entre las diferentes dosis de Policloruro de Aluminio en cuanto a la disminución de materia orgánica.

Segundo: La dosis ideal de cloruro férrico para eliminar DQO fue de 1.2 mL/500 mL, con un rendimiento del 38.39%. Con la misma cantidad, la eliminación de DBO5 fue más eficiente: 82,38%. Para DBO5 y DQO, se obtuvo un p-valor inferior a 0.001, lo que señala que las dosis tienen un impacto significativo en la eliminación de materia orgánica. Esto confirma que el $FeCl_3$ es altamente eficiente en este tratamiento.

Tercero: Se observe que el $FeCl_3$ es más eficiente que el policloruro de aluminio en la comparación entre ambos, con dosis óptimas; el $FeCl_3$ logra porcentajes de eliminación de DBO5 (82,38%) y DQO (38,39%) más altos. Los valores p fueron menores a 0.05, lo que indica una diferencia notable en la eficiencia. Esto evidencia que el $FeCl_3$ es más idóneo para eliminar materia orgánica de las aguas residuales que el $Al_2(OH)_3Cl$.

RECOMENDACIONES

Primera: Para optimizar el tiempo, se aconseja a los futuros investigadores que lleven a cabo más pruebas de remoción en diferentes momentos de agitación, manteniendo constante la cantidad de coagulantes.

Segunda: Se aconseja a los futuros investigadores examinar la variación de otros parámetros fisicoquímicos, como son la turbidez, la conductividad térmica y los microbiológicos.

Tercera: Para optimizar la eficacia de la eliminación de materia orgánica y disminuir el impacto ambiental de los tratamientos, se aconseja a los futuros investigadores explorar el uso de combinaciones de coagulantes que contienen cloruro férrico y policloruro de aluminio.

Cuarta: Se aconseja a los próximos investigadores que llevarán a cabo un estudio de costos y beneficios para evaluar la factibilidad económica de emplear cloruro férrico en comparación con policloruro de aluminio en distintos tipos y escalas de plantas para tratar aguas residuales, tomando en cuenta no solo la eficacia en la eliminación de contaminantes, sino también el costo de los materiales y su efecto sobre el medio ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Environment Federation. (2023). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (24th ed.). APHA.

AQUAFONDO, Cooperación Alemana para el Desarrollo–GIZ, & A2G Climate Partner. (2018). *Huella hídrica de los usuarios de agua de Lima Metropolitana*. AQUAFONDO.

American Water Works Association. (2000). *Operational control of coagulation and filtration processes* (Manual M37). American Water Works Association.

Caruajulca Díaz, C. (2022). *Capacidad coagulante de loruro ferrico frente al coagulante sulfato ferrico en las aguas residuales de una industria de alimentos, Santa Maria Huaura.* [Tesis para optar el grado academico de Ingeniero, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión], Repositorio de la universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Obtenido de http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/7406/TESIS%20CARUAJULCA_compressed.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Alvarado Pacheco, M. B. (2022). *Optimización del proceso de coagulación-floculación en el tratamiento de agua residual generada en la cuba de decapado en la empresa Galvánica Cía. LTDA. del cantón Cuenca.* Ecuador. Obtenido de http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/40332

Bravo Coaquira , F. M. (2019). *Producción de agua potable de la EPS. EMSAPUNO S.A para la ciudad de Puno.* Puno, Juliaca. Obtenido de https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3280743

Bratby, J. (2006). *Coagulation and flocculation in water and wastewater treatment* (2nd ed.). IWA Publishing.

Bratby, J. (2016). *Coagulation and flocculation in water and wastewater treatment* (3rd ed.). IWA Publishing.

Cabrera Bermudez, X., Fleites Ramirez, M., & Contreras Moya, A. (2009). *Estudio del proceso de coagulacion-floculacion de aguas residuales de la empresa textil "Desembarco del Granma"a escala de laboratorio.* Cuba. Obtenido de https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445543760009

Camacho-Ballesteros, A., Ortega-Escobar, H., Sánchez-Bernal, E., & Can-Chulim, A. (2020). Indicadores de calidad físico-química de las aguas residuales del estado de Oaxaca, México. *Terra Latinoamericana, 38*(2). https://doi.org/https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.610

Crittenden, J. C., Trussell, R. R., Hand, D. W., Howe, K. J., & Tchobanoglous, G. (2012). *MWH's water treatment: Principles and design* (3rd ed.). John Wiley & Sons.

Espigares, M., & Pérez, J. (2017). *Aguas residuales composición.* Obtenido de https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf

Flores Mujica, G., Lopez Mejia , M., & Manssbach Ospina, M. (2017). *Evaluacion de sales de aluminio y hierro en la remosion quimica de materiaorganiza y sedimentos presentes en aguas residuales domesticas.* Colombia. Obtenido de https://www.eumed.net/rev/caribe/2017/01/sales.html

Flórez-Mojica, G., López, M., & Mannsbach, M. (2017). Evaluación de sales de aluminio y hierro en la remoción química de materia orgánica y sedimentos presentes en aguas residuales domésticas. *Eumed*. Obtenido de https://www.eumed.net/rev/caribe/2017/01/sales.html

Fúquene, D., Yate-Segura, A., Pérez, D., Duque Chaves, C., Chiriví Salomón, J., Valderrama López, C., & Forero Ausique, V. (2020). *Tratamiento de aguas residuales.* Obtenido de https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/book/article/view/3123/3132

Garcia Campos, A., & Zevallos Palacio, K. (2021). *Optimizacion del proceso de coagulacion - floculacion usando cloruro ferrico y fosfato para la reduccion de contaminantes del agua residual del camal Conchucos S.A, Lima.* [Tesis para optar el grado academico de, Repositorio de la Universidad Nacional del Callao. Obtenido de http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/6201/TESIS_PREGRADO_GARCIA_ZEVALLOS_FIARN_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Huahuamullo Ttito, K. J. (2021). *Eficiencia del almidon del platano de seda y policloruro de aluminio para la reduccion de turbiedad y carga organica de las aguas superficiales del rio Coata de la comunidad de Almozanche Juliaca*

- *2020.* Puno, Juliaca. Obtenido de http://www.repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/7593

Humanante Cabrera, J., Moreno Alcivar, L., Grijalva-Endara, A., Saldoya Tinedo, R., & Suárez Tomalá, J. (2022). Eficiencia de remoción e impacto del sistema de tratamiento de aguas residuales del sector urbano y rural de la Provincia de Santa Elena. *Manglar, 19*(2). https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2022.022

Humanante Cabrera, J. J., Deza Navarrete, C. A., Moreno Alcivar, L. C., & Grijalva Endara, A. M. (2022). Biorrecuperación de aguas residuales con microorganismos. *Manglar, 18*(4), 345–356. https://doi.org/10.17268/manglar.2021.044

Lopera Lopez, F. C. (2019). *Proceso de coagulacion en el tratamiento de aguas residuales de una heladeria: eficioncia de diferentes coagulantes de origen organico.* Bogota. Obtenido de https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/23323

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2017). *Aprueban estandares de calidad ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complemetarias.* Obtenido de https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2019). *Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario.* Obtenido de https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-aprueba-el-reglamento-de-valores-maximos-decreto-supremo-n-010-2019-vivienda-1748339-3/

Nguyen, C. T., Vien, V. P., Tran Thi, T. H., & Tran, L. L. (2024). Treatment of seafood processing wastewater toward carbon neutrality: A comparison between coagulation/flocculation, chemical oxidation and absorbent methods. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering, 10*. Retrieved from https://doi.org/10.1016/j.cscee.2024.100792

Ñaupas, H., Valdivia, M., Palacios, J., & Romero, H. (2018). *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis.* Ediciones de la U.

ONU. (2019). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019.* Obtenido de https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367276_spa

Organizacion de las Naciones Unidas [ONU]. (2017). *Aguas residuales: el recurso desaprovechado.* nforme Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017. Obtenido de https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247647

Osorio-Rivera, M., Carrillo-Barahona, W., Negrete-Costales, J., Loor-Lalvay, X., & Riera-Guachichullca, E. (2021). La calidad de las aguas residuales domésticas. *Polo de conocimiento, 6*(3). https://doi.org/10.23857/pc.v6i3.2360

Pérez Guevara, E. F. (2025). *Efecto del pH sobre la eficacia del policloruro de aluminio en la remoción de materia orgánica de las aguas residuales del camal municipal Jaén.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio Institucional UNJ. https://hdl.handle.net/20.500.14689/929

Paucar, F., & Iturregui , P. (2020). Los desafíos de la reutilizacion de las aguas residuales en el Perú. *South sustanibility, 1*(1). https://doi.org/DOI: 10.21142/SS-0101-2020-004

Ramírez, L., & Sierra, L. (2018). Evaluation of chemical coagulants in the removal of organic matter from wastewater stabilization ponds. *Ingeniería y Competitividad., 13*(24), 91-99. http://dx.doi.org/10.18180/tecciencia.2017.24.10

Reem, M. E.-t., Nora, M., Khlood, A. A., Sh, H., & Abdel-Aziz. (2023). A review of coagulation explaining its definition, mechanism, coagulant types, and optimization models; RSM, and ANN. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry, 6*. Obtenido de https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2023.100358

Rodriguez Espinoza, R. (2023). *Evaluación del proceso de Coagulación-Floculación en los efluentes de una planta de conservas de pescado.* [Tesis para optar el grado academico de Doctor, Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion], 2023. Obtenido de https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/7694/Tesis%20-%20Ciencias%20Ambientales.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Tchobanoglous, G., Stensel, H. D., Tsuchihashi, R., Burton, F., Abu-Orf, M., Bowden, G., & Pfrang, W. (2014). *Wastewater engineering: Treatment and resource recovery* (5th ed.). McGraw-Hill.

Silva, J., Torres, P., & Madera , C. (2019). Reuso de aguas residuales domésticas en agricultura. Una revisión. *Agronomia Colombiana, 26*(2). Retrieved from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652008000200020

Silva, J. A. (2023). Wastewater treatment and reuse for sustainable water resources management: A systematic literature review. *Sustainability, 15*(14), 10940. doi:10.3390/su151410940

Sun, H., Zhou, Y., Du, M., & Du, Z. (2024). Enhanced removal of refractory organic compounds from coking wastewater using polyaluminum chloride with coagulant aids. *Water, 16*(18), 2662. https://doi.org/10.3390/w16182662

von Sperling, M. (2007). *Wastewater characteristics, treatment and disposal*. IWA Publishing.

ANEXOS

ANEXOS 1. Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Método
Problema general ¿Cuál es el efecto del policloruro de aluminio y del cloruro férrico en la remoción de materia orgánica de las aguas residuales de Lampa, 2023?	**Objetivo general** Evaluar el efecto del policloruro de aluminio y del cloruro férrico en la remoción de materia orgánica de las aguas residuales de Lampa, 2023.	**Hipótesis general** El Policloruro de aluminio y el cloruro férrico son efectivos en aguas residuales domésticas	**Tipo** Aplicada **Enfoque** Cuantitativo **Diseño** Experimental **Nivel o alcance** Descriptiva-explicativo **Muestra** 10 L de agua residual domestica **Técnica** La observación **Instrumento** Ficha de observación
Problemas específicos ¿Cuál es la dosificación óptima del Policloruro de aluminio en las aguas residuales domésticas? ¿Cuál es la dosificación óptima del cloruro férrico en las aguas residuales domésticas? ¿Qué reactivo entre el Policloruro de aluminio y el cloruro férrico será más eficiente para remover contaminantes de aguas residuales domesticas para cumplir con el ECA agua?	**Objetivos específicos** Determinar la dosificación óptima del Policloruro de aluminio en las aguas residuales domésticas Determinar la dosificación óptima del cloruro férrico en las aguas residuales domésticas Comparar la eficiencia del Policloruro de aluminio y el cloruro férrico en las aguas residuales domésticas para cumplir con el ECA agua.	**Hipótesis específicas** La dosificación optima del Policloruro de aluminio será de 600 mg/L en aguas residuales domésticas La dosificación optima del cloruro férrico será de 600mg/L en aguas residuales domésticas La eficiencia del cloruro férrico es mayor que la eficiencia de sulfato de aluminio en aguas residuales domésticas	

ANEXOS 2. Matriz operacional

Variable	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad
Variable independiente: Policloruro de aluminio y cloruro férrico	Las sales de aluminio y hierro son agentes coagulantes de uso común en el tratamiento de diferentes tipos de aguas. La presencia de materia orgánica en las aguas residuales domésticas constituye un problema para las fuentes de aguas receptora y la salud pública de la población que se abastece de estas fuentes (Flórez-Mojica et al., 2017).	Los coagulantes Policloruro de aluminio y cloruro férrico se evaluarán en diferentes dosis en la eficiencia (porcentaje de remoción) de remoción de contaminantes presentes en el agua residual	Dosis de Policloruro de aluminio	2, 4, 6 y 8mL/500mL	mL/mL
			Dosis de cloruro férrico	0.5, 0.7, 1 y 1.2mL/500mL	mL/mL
			Eficiencia	% de remoción	min
Variable dependiente: Agua residual domestica	Las aguas residuales domésticas conocidas también con el nombre de aguas servidas, son aquellas que tienen origen en las actividades de la rutina diaria del ser humano, las descargas son a través de sistemas de alcantarillado o de vertimientos directos sobre el ambiente. La composición de las aguas residuales domésticas es muy variada y manifiesta características fisicoquímicas y biológicas muy alteradas, las cuales en tal estado no son aptas para el consumo humano (Osorio-Rivera et al., 2021).	Se medirán a través de los parámetros fisicoquímicos del agua residual doméstica antes y después de utilizar los reactivos de policloruro de aluminio y hierro.	Parámetros fisicoquímicos del agua residual doméstica	Potencial de hidrogeno	0 – 14
				Temperatura	ºC
				DQO	mg/L
				DBO_5	mg/L

ANEXOS 3. CERTIFICADO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LCA068 - 2024

I. DATOS DEL SERVICIO

1.1. Solicitante : URIEL JAEN VILCA

1.2. Proyecto : EVALUACIÓN DE POLICLORURO DE ALUMINIO Y CLORURO FÉRRICO EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES LAMPA 2023.

II. DATOS DEL ENSAYO

2.1. Producto : Aguas
2.2. Numero de muestras : 02
2.3. Muestreado por : Uriel Jaen Vilca
2.4. Fecha de ensayo : 06/08/2024
2.5. Departamento : Puno
2.6. Provincia : Lampa
2.7. Distrito : Lampa
2.8. Código, ubicación, fecha y hora de muestreo

Código	Coordenadas	Fecha	Hora
P1 (Entrada)	N: 8299545 E: 353635	05/08/2024	10:10
P2 (Salida)	N: 8299363 E: 353636	05/08/2024	10:30

III. RESULTADOS

Parámetro	Unidad	P1	P2
Temperatura	°C	14.7	14.2
pH	-	7.22	7.03
Demanda química de oxigeno	mg/L	258.3	115.8
Demanda bioquímica de oxigeno	mg/L	172.8	137.5

IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005

Juliaca, 19 de agosto del 2024

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELASQUEZ"
Mgtr. Ing. Milthon Quispe Huanca
CIP. 47790
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP

N°B.E.: 00297359
1

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LCA082 - 2024

I. DATOS DEL SERVICIO

1.1. Solicitante : URIEL JAEN VILCA

1.2. Proyecto : EVALUACIÓN DE POLICLORURO DE ALUMINIO Y CLORURO FÉRRICO EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES LAMPA 2023.

II. DATOS DEL ENSAYO

2.1. Producto : Aguas
2.2. Numero de muestras : 04
2.3. Muestreado por : Uriel Jaen Vilca
2.4. Fecha de ensayo : 07/08/2024
2.5. Departamento : Puno
2.6. Provincia : San Román
2.7. Distrito : Juliaca
2.8. Código, ubicación, fecha y hora de muestreo

Código	Coordenadas	Fecha	Hora
C - 1	N: 8282287.2 E: 380119.1	07/08/2024	13:10
C – 2	N: 8282287.2 E: 380119.1	07/08/2024	13:20
C – 3	N: 8282287.2 E: 380119.1	07/08/2024	13:35
C – 4	N: 8282287.2 E: 380119.1	07/08/2024	13:50

III. RESULTADOS

Parámetro	Unidad	C – 1	C – 2	C – 3	C – 4
Temperatura en laboratorio	°C	13.5	13.5	13.4	13.3
pH		6.82	6.91	6.90	5.94
Demanda química de oxigeno	mg/L	225.7	205.4	186.3	187.9
Demanda bioquímica de oxigeno	mg/L	154.2	125.0	98.6	95.4

IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005

Juliaca, 19 de agosto del 2024

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
Mgtr. Ing. Milthon Quispe Huanca
CIP. 47790
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP

N°B.E.: 00297359
2

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LCA083 - 2024

I. DATOS DEL SERVICIO

1.1. Solicitante : URIEL JAEN VILCA

1.2. Proyecto : EVALUACIÓN DE POLICLORURO DE ALUMINIO Y CLORURO FÉRRICO EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES LAMPA 2023.

II. DATOS DEL ENSAYO

2.1. Producto : Aguas
2.2. Numero de muestras : 04
2.3. Muestreado por : Uriel Jaen Vilca
2.4. Fecha de ensayo : 07/08/2024
2.5. Departamento : Puno
2.6. Provincia : San Román
2.7. Distrito : Juliaca
2.8. Código, ubicación, fecha y hora de muestreo

Código	Coordenadas	Fecha	Hora
P - 1	N: 8282287.2 E: 380119.1	07/08/2024	15:15
P – 2	N: 8282287.2 E: 380119.1	07/08/2024	15:25
P – 3	N: 8282287.2 E: 380119.1	07/08/2024	15:40
P – 4	N: 8282287.2 E: 380119.1	07/08/2024	16:00

III. RESULTADOS

Parámetro	Unidad	P – 1	P – 2	P – 3	P – 4
Temperatura en laboratorio	°C	14.3	14.2	14.1	14.2
pH		6.82	6.76	7.54	6.87
Demanda química de oxigeno	mg/L	231.3	218.2	202.6	198.1
Demanda bioquímica de oxigeno	mg/L	165.2	138.4	103.2	107.6

IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005

Juliaca, 19 de agosto del 2024

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
Mgtr. Ing. Milthon Quispe Huanca
CIP. 47790
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP

N°B.E.: 00297359
3

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LCA084 - 2024

I. DATOS DEL SERVICIO

1.1. Solicitante : URIEL JAEN VILCA

1.2. Proyecto : EVALUACIÓN DE POLICLORURO DE ALUMINIO Y CLORURO FÉRRICO EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES LAMPA 2023.

II. DATOS DEL ENSAYO

2.1. Producto : Aguas
2.2. Numero de muestras : 04
2.3. Muestreado por : Uriel Jaen Vilca
2.4. Fecha de ensayo : 08/08/2024
2.5. Departamento : Puno
2.6. Provincia : San Román
2.7. Distrito : Juliaca
2.8. Código, ubicación, fecha y hora de muestreo

Código	Coordenadas	Fecha	Hora
C - 1	N: 8282287.2 E: 380119.1	08/08/2024	13:00
C – 2	N: 8282287.2 E: 380119.1	08/08/2024	13:30
C – 3	N: 8282287.2 E: 380119.1	08/08/2024	13:45
C – 4	N: 8282287.2 E: 380119.1	08/08/2024	14:00

III. RESULTADOS

Parámetro	Unidad	C – 1	C – 2	C – 3	C – 4
Temperatura en laboratorio	°C	13.2	13.3	13.2	13.1
pH		6.92	6.87	6.88	5.96
Demanda química de oxigeno	mg/L	232.4	201.2	189.3	185.4
Demanda bioquímica de oxigeno	mg/L	160.3	119.5	96.7	94.1

IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005

Juliaca, 19 de agosto del 2024

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
Mgtr. Ing. Milthon Quispe Huanca
CIP. 47790
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP

N°B.E.: 00297359
4

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LCA085 - 2024

I. DATOS DEL SERVICIO

1.1. Solicitante : URIEL JAEN VILCA

1.2. Proyecto : EVALUACIÓN DE POLICLORURO DE ALUMINIO Y CLORURO FÉRRICO EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES LAMPA 2023.

II. DATOS DEL ENSAYO

2.1. Producto : Aguas
2.2. Numero de muestras : 04
2.3. Muestreado por : Uriel Jaen Vilca
2.4. Fecha de ensayo : 08/08/2024
2.5. Departamento : Puno
2.6. Provincia : San Román
2.7. Distrito : Juliaca
2.8. Código, ubicación, fecha y hora de muestreo

Código	Coordenadas	Fecha	Hora
P - 1	N: 8282287.2 E: 380119.1	08/08/2024	15:00
P – 2	N: 8282287.2 E: 380119.1	08/08/2024	15:35
P – 3	N: 8282287.2 E: 380119.1	08/08/2024	15:50
P – 4	N: 8282287.2 E: 380119.1	08/08/2024	16:15

III. RESULTADOS

Parámetro	Unidad	P – 1	P – 2	P – 3	P – 4
Temperatura en laboratorio	°C	14.0	14.2	14.3	14.1
pH		6.88	6.74	7.63	6.82
Demanda química de oxigeno	mg/L	242.7	225.4	205.7	196.4
Demanda bioquímica de oxigeno	mg/L	160.3	143.2	101.1	108.4

IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005

Juliaca, 19 de agosto del 2024

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
Mgtr. Ing. Milthon Quispe Huanca
CIP. 47790
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP

N°B.E.: 00297359
5

ANEXOS 4. ECA MINAM-2017

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"
88

Tabla N° 1: Estándar de calidad de Amoniaco Total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH_3)

Temperatura (°C)	pH							
	6	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	10,0
0	231	73,0	23,1	7,32	2,33	0,749	0,250	0,042
5	153	48,3	15,3	4,84	1,54	0,502	0,172	0,034
10	102	32,4	10,3	3,26	1,04	0,343	0,121	0,029
15	69,7	22,0	6,98	2,22	0,715	0,239	0,089	0,026
20	48,0	15,2	4,82	1,54	0,499	0,171	0,067	0,024
25	33,5	10,6	3,37	1,08	0,354	0,125	0,053	0,022
30	23,7	7,50	2,39	0,767	0,256	0,094	0,043	0,021

Nota:

(*)El estándar de calidad de Amoniaco total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 6 a 10 y Temperatura de 0 a 30°C. Para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(**)En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoniaco-N (NH_3-N), multiplicar el resultado por el factor 1,22 para expresarlo en las unidades de Amoniaco (NH_3).

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/ Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(µS/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO_3^--N) + Nitritos (NO_2^--N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO_2^--N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	5		5
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24
ORGÁNICO				
Bifenilos Policlorados				
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04		0,045
PLAGUICIDAS				
Paratión	µg/L	35		35
Organoclorados				
Aldrín	µg/L	0,004		0,7
Clordano	µg/L	0,006		7
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0,001		30
Dieldrín	µg/L	0,5		0,5
Endosulfán	µg/L	0,01		0,01
Endrín	µg/L	0,004		0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01		0,03
Lindano	µg/L	4		4
Carbamato				
Aldicarb	µg/L	1		11
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000
Escherichia coli	NMP/100 ml	1 000	**	**
Huevos de Helmintos	Huevo/L	1	1	**

(a): Para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b): Después de filtración simple.

(c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 4:

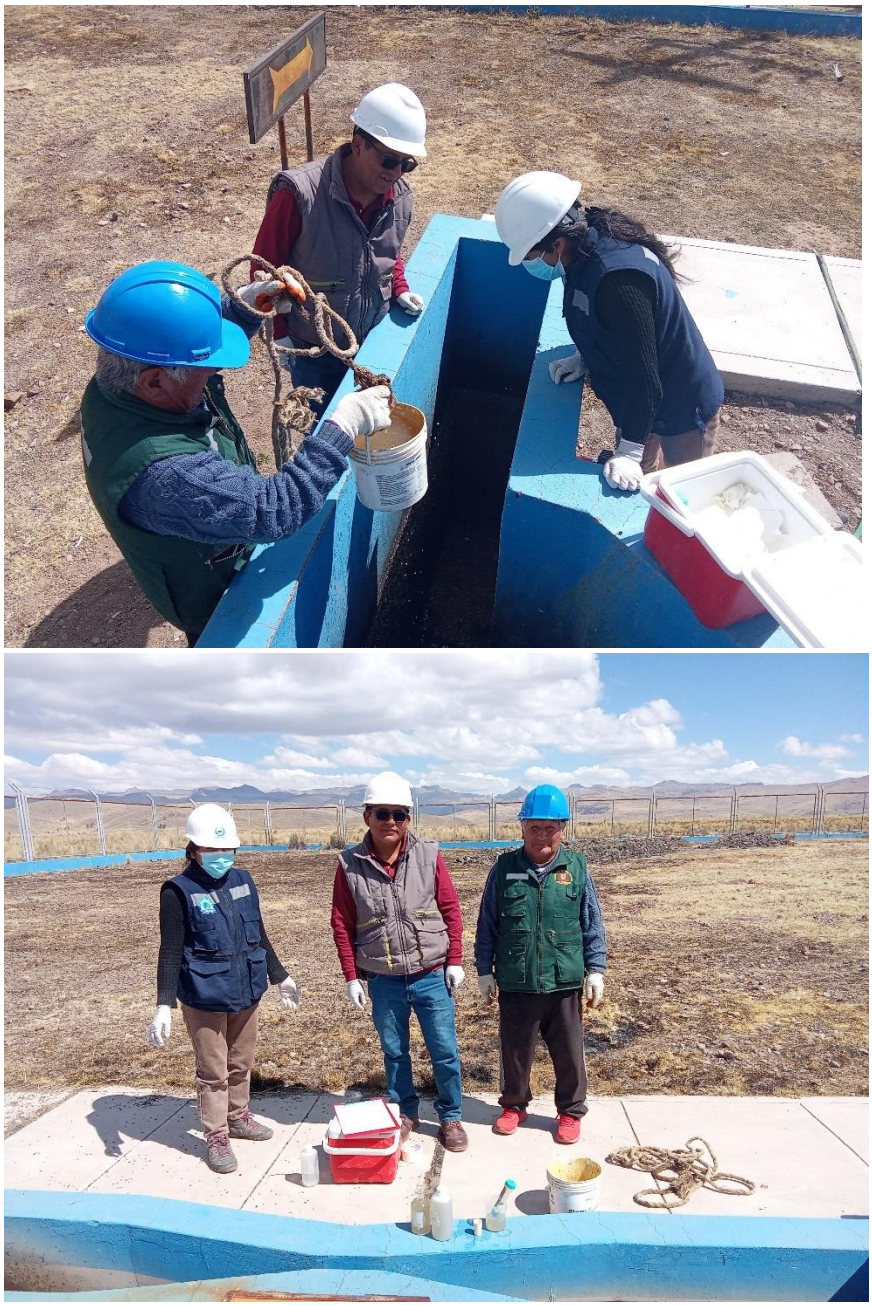
- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

ANEXOS 5. Evidencias fotográficas

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

Figura 10

Toma de muestra de agua residual en la ciudad de Lampa



Se observa la extracción de la muestra de agua residual para su posterior análisis y tratamiento experimental.

Figura 11

Medición de agua residual y distribución en los vasos de precitados para su tratamiento



Se presenta la medición y preparación inicial del agua residual antes de su distribución en las unidades experimentales.

Figura 12

Codificación y medida de la muestra para cada corrida experimental



Se muestra la identificación de las corridas experimentales, correspondiendo las dos primeras al cloruro férrico y las dos últimas al policloruro de aluminio, con sus respectivas dosis y condiciones de agitación.

Figura 13

Acondicionamiento de coagulantes



Se observa la preparación de los coagulantes utilizados en los tratamientos experimentales.

Figura 14

Programación del equipo de test de jarras



Se presenta la configuración de las condiciones operativas del equipo de prueba de jarras antes del ensayo.

Figura 15

Operación del equipo de prueba de jarras



Se observa la ejecución del proceso de coagulación-floculación mediante el equipo de prueba de jarras y su control.

Figura 16

Agua después de cada tratamiento



Se muestran las muestras de agua residual luego de la aplicación de los diferentes tratamientos experimentales.

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital [X] Fecha de entrega: 27/04/2026

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: URIEL JAEN VILCA
Dirección: Av. Enrique Torres Belon s/n - Lampa
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 45958546
Teléfono: 931822962 email: urieljaen15@gmail.com
Nombres y Apellidos:
Dirección:
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:
Teléfono: email:
Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
Título o Grado Académico a optar: INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL
Asesor: Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:
Trabajo de Investigación [ ] Tesis [X] Trabajo de Suficiencia Profesional [ ] Trabajo Académico [ ]
Título: EVALUACIÓN DE POLICLORURO DE ALUMINIO Y CLORURO FÉRRICO EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES, LAMPA 2023

Palabras claves, (3 a 5 términos): Coagulantes, aguas residuales, materia orgánica, $Al_2(OH)_3Cl$, $FeCl_3$, tratamiento de agua

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV [1, 2]?

1, 2

[1] Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entré otros relacionados.
[2] Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

2. Referencia de tesis:

[ ] Bachiller [X] Titulo [ ] 2da Especialidad [ ] Maestría [ ] Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

[X] Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.

[ ] Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a):_____

[ ] No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comérciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

[X] Sí autorizo

[ ] No autorizo

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral**. Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

☐ Internacional

☒ Nacional

Línea de investigación: CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL – P22



27 – ABRIL – 2026

Firma de Autor | huella digital | Fecha

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/