



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



**COAGULANTES INORGÁNICOS EN LA REMOCIÓN DE METALES
PESADOS DE AGUAS DEL PABELLÓN DE INGENIERÍAS
DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR
CÁCERES VELÁSQUEZ**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. ANGHI SUJEY ALMANZA PILCO

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL**

JULIACA – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

**COAGULANTES INORGÁNICOS EN LA REMOCIÓN DE METALES
PESADOS DE AGUAS DEL PABELLÓN DE INGENIERÍAS
DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR
CÁCERES VELÁSQUEZ**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. ANGHI SUJEY ALMANZA PILCO

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL**

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:



Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

PRIMER MIEMBRO

:



Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

SEGUNDO MIEMBRO

:



M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ASESOR DE TESIS

:



Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIMA CARDENAS

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL – P22



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1157-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 27 de setiembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024- 011363 presentado por el (la) Bachiller: ANGHI SUJEY ALMANZA PILCO estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. ANGHI SUJEY ALMANZA PILCO, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **COAGULANTES INORGÁNICOS EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS DEL PABELLÓN DE INGENIERÍAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**, 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 N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 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** : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
- * **1er Miembro** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
- * **2do Miembro** : M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ARTICULO SEGUNDO. – RECONOCER como asesor de la propuesta de investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS.

ARTICULO TERCERO . – APROBAR, la FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS de el (la) bachiller: ANGHI SUJEY ALMANZA PILCO; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **COAGULANTES INORGÁNICOS EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS DEL PABELLÓN DE INGENIERÍAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental.** de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Viernes 04 de octubre del 2024
- * **HORA** : 10:00 a.m.
- * **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.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
C.I.P. 47790

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.

Archivo



RESOLUCIÓN DECANAL N° 908-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 29 de agosto del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 10967 por el señor (a): **ANGHI SUJEY ALMANZA PILCO** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 874- 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 049- 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): **ANGHI SUJEY ALMANZA PILCO**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **COAGULANTES INORGÁNICOS EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS DEL PABELLÓN DE INGENIERÍAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**, 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° 049- 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **COAGULANTES INORGÁNICOS EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS DEL PABELLÓN DE INGENIERÍAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**, 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 N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 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): **ANGHI SUJEY ALMANZA PILCO**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**, con el Tema Titulado: **COAGULANTES INORGÁNICOS EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS DEL PABELLÓN DE INGENIERÍAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ** 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)**, **Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS**.

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 CIENCIAS PURAS

MILTHON QUISEP JUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Efraín Darío Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 673-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 19 de julio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 8134, presentado el señor (a) **ANGHI SUJEY ALMANZA PILCO** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 652 -2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 77 -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): **ANGHI SUJEY ALMANZA PILCO** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **COAGULANTES INORGÁNICOS EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS DEL PABELLÓN DE INGENIERÍAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**, 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° 77 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **COAGULANTES INORGÁNICOS EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS DEL PABELLÓN DE INGENIERÍAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**.

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 N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 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 señor (a): **ANGHI SUJEY ALMANZA PILCO**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**, con el Tema Titulado: **COAGULANTES INORGÁNICOS EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS DEL PABELLÓN DE INGENIERÍAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ** 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 **Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS**.

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. MILTON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS
.....
Dr. Elfrain Villalobos
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2024
Interesado (a)



COAGULANTES INORGÁNICOS EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS DEL PABELLÓN DE INGENIERÍAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE


FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	8%
2	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
4	1library.co Fuente de Internet	1%
5	Ngeru, J. "Multi-criteria decision analysis framework in the selection of an enterprise integration (EI) approach that best satisfies organizational requirements", Proquest, 2014. Publicación	1%
6	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	<1%

**Metadatos complementarios**

Título de la Tesis	
COAGULANTES INORGÁNICOS EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS DEL PABELLÓN DE INGENIERÍAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	ANGHI SUJEY ALMANZA PILCO
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	73822176
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0000-2999-6778
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02383061
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0008-8660-8733
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02416058
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02442876
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01323821



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	<p>Edificio: Pabellón de Ingenierías País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca Coordenadas: Latitud: -15.5341599 Longitud: -70.1172833 URL Maps: https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1qM6I0rWV16GzU5-yAzN-P5qkQJYcOvw&usp=sharing</p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Julio 2024 – Setiembre 2024
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html Librería	<p>Ingeniería ambiental https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00</p> <p>Geotecnia https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.02</p>



UNIVERSIDAD ANDAHUAYLAS NESTOR CACERES VELASQUEZ
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS EXACTAS
 Dr. Efraín Parillo Sosa
 DIRECTOR
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo ANGHI SUJEY ALMANZA PILCO, identificado con DNI
Nro. 73822176 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:

“ COAGULANTES INORGÁNICOS EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS
DE AGUAS DEL PABELLÓN DE INGENIERÍAS DE LA UNIVERSIDAD
ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ ”

Asesorado por: Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

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 tuyas 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 25 de Octubre del 2024

FIRMA (asesor)

FIRMA (obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, cuya inmensa dedicación y el cariño han sido la base de mis logros, mamá y papá, gracias por mostrarme el camino correcto sin ustedes no hubiera podido seguir adelante, ustedes son mis guías y la luz que ilumina mi camino también dedico este logro a mis hermanas, ellas siempre me apoyaron incondicionalmente.

Con profunda gratitud dedico esta tesis a todos quienes han sido parte fundamental de mi vida y de este largo proceso.

ANGHI SUJEY ALMANZA PILCO



AGRADECIMIENTO

Quiero manifestar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han aportado a la elaboración de esta tesis."

A mis queridos padres, ustedes son mi mayor apoyo emocional, cada muestra de amor y apoyo incondicional fueron mucha ayuda, cada momento de paciencia y su fe inquebrantable en mí me han dado el valor para superar cada desafío, han sido mi guía y mi fortaleza para hacer las cosas de la mejor forma, gracias por la disciplina y apoyo contante han sido fundamentales para mi desarrollo personal y académico, Gracias por inspirarme a ser esforzado y decidido.

A mi centro de estudios Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, por permitirme ser parte del gran centro educativo con docentes capacitados quienes con dedicación y pasión nos guiaron por el gran camino, gracias por su generosidad al compartir su conocimiento y su confianza en mi capacidad.

A todos ustedes mi más sincera gratitud con el cariño más profundo, este logro es tanto mío como también suyos.

ANGHI SUJEY ALMANZA PILCO



ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	xii

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.2.1. Problema general	2
1.2.2. Problemas específicos	2
1.3. Objetivos de la investigación	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Justificación de la investigación.....	3
1.4.1. Justificación.....	3
1.5. Hipótesis de la investigación	4



1.5.1. Hipótesis general.....	4
1.5.2. Hipótesis específicas.....	4
1.6. Variables.....	4
1.6.1. Variable independiente:.....	4
1.6.2. Variable dependiente:.....	4

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación	6
2.1.1. Antecedentes internacionales	6
2.1.2. Antecedentes nacionales	7
2.1.3. Antecedentes locales	8
2.2. Bases teóricas	9
2.2.1. Contaminación de agua.....	9
2.2.2. Arsénico	10
2.2.3. Cadmio	10
2.2.4. Calcio	11
2.3. Marco conceptual	14
2.3.1. Agua cruda	14
2.3.2. Agua tratada.....	14
2.3.3. Monitoreo	14

CAPÍTULO III



METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación 19

3.2. Diseño de investigación 19

3.3. Enfoque de la investigación 20

3.4. Diseño estadístico 20

3.5. Técnicas e instrumentos de la investigación 21

3.6. Materiales y equipos 21

 3.6.1. Materiales 21

 3.6.2. Equipos 22

3.7. Lugar de estudio 22

 3.7.1 Población y muestra 23

3.8. Procedimiento metodológico: 23

 3.8.1. Objetivo1: Determinar la concentración de metales pesados aguas del pabellón de ingenierías de la universidad andina Néstor Cáceres Velásquez 23

 3.8.2. Objetivo 2: Hallar la dosis óptima de remoción de metales pesados de aguas del pabellón de ingenierías de la universidad andina Néstor Cáceres Velásquez 25

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados 31



4.1.1. Objetivo1: Determinar la concentración de metales pesados aguas del pabellón de ingenierías de la universidad andina Néstor Cáceres Velásquez.....	31
4.1.2. Objetivo2: Hallar la dosis óptima de remoción de metales pesados de aguas del pabellón de ingenierías de la universidad andina Néstor Cáceres Velásquez.....	32
4.2. Discusiones.....	57
CONCLUSIONES	58
RECOMENDACIONES	59
BIBLIOGRAFÍA	60
ANEXOS	63



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Operacionalización de variables de la investigación.....	5
Tabla 2	Coordenadas de ubicación del proyecto.....	22
Tabla 3	Dosis de cloruro férrico TRATAMIENTO.....	28
Tabla 4	Dosis de sulfato de aluminio.....	29
Tabla 5	Concentración de metales pesados en el pabellón de ingenierías	31
Tabla 6.	Dosis de sulfato de aluminio.....	32
Tabla 7	Variación de arsénico con dosis de sulfato de aluminio.....	33
Tabla 8	Variación de cadmio con dosis de sulfato de aluminio.....	35
Tabla 9	Variación de Aluminio con dosis de sulfato de aluminio.....	36
Tabla 10	Variación de Berilio con dosis de sulfato de aluminio.....	37
Tabla 11	Variación de Mercurio con dosis de sulfato de aluminio.....	37
Tabla 12	Dosis de cloruro férrico.....	38
Tabla 13	Variación de arsénico con dosis de cloruro férrico.....	39
Tabla 14	Variación de cadmio con dosis de cloruro férrico.....	40
Tabla 15	Variación de Aluminio con dosis de cloruro férrico.....	42
Tabla 16	Variación de Berilio con dosis de cloruro férrico.....	42
Tabla 17	Variación de Mercurio con dosis de cloruro férrico.....	43
Tabla 18	Porcentaje de remoción de metales pesados con cloruro férrico	44
Tabla 19	Resumen del modelo: dosis y concentración optima de coagulantes orgánicos en la remoción de arsénico de aguas del pabellón de ingenierías ..	45
Tabla 20	ANOVA.....	46



Tabla 21 Coeficientes de la ecuación de regresión logarítmica para el arsénico en función de la dosis de sulfato de aluminio.....	46
Tabla 22 Resumen del modelo: dosis y concentración óptima de coagulantes orgánicos en la remoción de cadmio de aguas del pabellón de ingenierías	48
Tabla 23 ANOVA	48
Tabla 24 Coeficientes de la ecuación de regresión logarítmica para el cadmio en función de la dosis de sulfato de aluminio.....	49
Tabla 25 Resumen del modelo: dosis y concentración óptima de coagulantes orgánicos en la remoción de arsénico de aguas del pabellón de ingenierías ..	51
Tabla 26 ANOVA	51
Tabla 27 Coeficientes de la ecuación de regresión logarítmica para el arsénico en función de la dosis de cloruro férrico.....	52
Tabla 28 Resumen del modelo: dosis y concentración óptima de coagulantes orgánicos en la remoción de cadmio de aguas del pabellón de ingenierías	54
Tabla 29 ANOVA	54
Tabla 30 Coeficientes de la ecuación de regresión logarítmica para el cadmio en función de la dosis de cloruro férrico.....	55



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del punto de monitoreo	22
Figura 2 Zona de punto de muestreo pabellón hidráulica.	23
Figura 3 Toma de muestras	24
Figura 4 Conservación de muestra en cooler.....	25
Figura 5 Prueba de jarras.....	26
Figura 6 Pesada de coagulante inorgánico	27
Figura 7 Cloruro férrico al 2%.....	27
Figura 8 Añadimos las dosis de cloruro férrico.....	28
Figura 9 Dosis de sulfato d aluminio en prueba de jarras	29
Figura 10 Toma de muestras después del tratamiento.	30
Figura 11 Variación de arsénico con dosis de sulfato de aluminio	34
Figura 12 Variación de cadmio con dosis de sulfato de aluminio	36
Figura 13 Variación de arsénico con dosis cloruro férrico	40
Figura 14 Variación de cadmio con dosis de cloruro férrico	41
Figura 15 Relación entre el arsénico y la dosis de sulfato de aluminio	47
Figura 16 Relación entre el cadmio y la dosis de sulfato de aluminio	50
Figura 17 Relación entre el arsénico y la dosis de cloruro férrico	53
Figura 18 Relación entre el cadmio y la dosis de cloruro férrico	56



RESUMEN

Nuestro estudio se dio lugar en el pabellón de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez en la que tiene como propósito general: Determinar que coagulantes inorgánicos que removerán los metales pesados de aguas del pabellón de ingenierías de la UANCV, se obtuvo como resultados que en las aguas del pabellón de ingenierías tienen como concentración de Arsénico 0.1912 mg/l, Cadmio 0.01321 mg/l, mercurio, berilio y aluminio sus concentraciones son minimas, se observa que la dosis más efectiva de sulfato de aluminio es la 50 mg/l dado que se registra el mayor porcentaje de remoción, un 94.66% de remoción de arsénico, un 23.62% de remoción de cadmio, y la dosis más efectiva de cloruro férrico es la 8 ml dado que se registra el mayor porcentaje de remoción, un 99.06% de remoción de arsénico, un 92.43% de remoción de cadmio, general podemos indicar que el coagulante inorgánico que remueve en mayor porcentaje es el cloruro férrico llegando a remover hasta un 99.06 % de arsénico y un 100 % de cadmio y haciendo que las aguas del pabellón hidráulica de la facultad de ingenierías sean aptas para el consumo humano en referencia a todos los metales pesados en estudio.

Palabras claves: prueba de jarras, cloruro férrico, metal pesado



ABSTRACT

Our survey took spot in the pavilion of the mountain University Nestor Caceres Velasquez in which has as general purpose: To determine which inorganic coagulants will remove heavy metals from waters of the engineering pavilion of the UANCV, the effect were derived that in the waters of the engineering pavilion have a concentration of Arsenic 0.1912 mg / l, Cadmium 0.01321 mg / l, Calcium 42.3 mg / l, Magnesium 11.8 mg / l, Manganese mg / l 0.04519 and Potassium 12.5 mg / l it is observed with the best effective dose of aluminum sulfate is 50 mg / l since the highest percentage of removal is observed, 94.66% of arsenic removal, 23.62% of cadmium removal, 75.18% of calcium removal, 33.05 % removal of magnesium, 77.52% removal of manganese and 12% removal of potassium, and the most effective dose of ferric chloride is 10 ml since the highest removal percentage is observed, 99.05% removal of arsenic, 92.43% removal of cadmium, 75.41% removal of calcium, 31.36% removal of magnesium, 97.79% removal of manganese and 77.60% removal of potassium.

Keywords: jar test, ferric chloride, heavy metal



INTRODUCCIÓN

Los metales pesados encontrados en ecosistemas acuáticos naturales son elementos perjudiciales que pueden ocasionar severos perjuicios para los organismos vivos debido a su naturaleza no biodegradable, lo que les permite permanecer por largos períodos en el entorno y almacenarse en sus cuerpos. El arsénico, un metal pesado que contamina el agua, implica un peligro considerable para la salud de las personas, debido a su acumulación en el cuerpo tras una exposición prolongada y ingesta de agua contaminada, provocando enfermedades en la piel, problemas en el sistema neuronal, irritaciones en los aparatos respiratorio y gastrointestinal, alteraciones en el sistema hematopoyético, y acumulaciones en huesos, músculos, en la dermis, y los niveles son más bajos en el hígado y los riñones (Rivera y Ávila, 1998)

Por este caso y a fin de contribuir con el conocimiento de la remoción de metales pesado del recurso hídrico se trabaja utilizando dos coagulantes, incluyendo sulfato de aluminio y cloruro férrico en diferentes dosis.

En el capítulo I se describe el planeamiento del problema, los objetivos e hipótesis, en el capítulo II se muestra los antecedentes y las bases teóricas, así mismo en el capítulo III se expone la metodología de la investigación para obtener cumplir nuestros objetivos y en el capítulo IV se obtiene los resultados y discusiones.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática

Uno de los problemas más importantes medioambientales actuales que impacta la disponibilidad de agua dulce por ello la subsistencia de los seres orgánicos o vivos, la tierra tiene una restricción en la accesibilidad de agua dulce. Del 0,8% de dicha agua, el 97.0% están inmersas en el agua de la Tierra y únicamente el tres por ciento es agua de superficie. Sin embargo, no es siempre es viable para la ingesta de las personas, por lo cual es necesario quitar las impurezas que están presentes con el fin de transformarse en las formas de ser potable.

Diversas actividades humanas son las principales responsables de la liberación de metales pesados, incluyendo plomo y cadmio, cromo, zinc y mercurio, en los ecosistemas acuáticos y en los suelos, Esto supone un serio peligro para las plantas, animales y humanos dado a su constancia y capacidad de bioacumularse. La presencia de metales tóxicos contaminantes en el entorno ambiental y metaloides representa un factor que afecta al medio ambiente más



graves en amenazas para la seguridad alimentaria y la salubridad pública, tanto a escala global como local.

En la ciudad de Juliaca se descubrió que el agua que consume la comunidad presenta concentraciones de arsénico que superan los LMP dispuestos por la OMS (0.01 mg/l) y la UANCV de la ciudad de Juliaca no es la excepción a esta problemática, por fuentes no fidedignas se sabe que las aguas de la ciudad universitaria contiene metales pesados y que de manera urgente se tiene que buscar alternativas para reducir estas concentraciones y que estas aguas puedan ser adecuadas para el consumo humano y para realizar otras actividades, existen distintos métodos en cuanto a la remoción de demás metales, para que así la población del pabellón de la UANCV consuma agua potable en especial la facultad de ingenias y ciencias puras.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema general

¿Qué coagulantes inorgánicos permitirán la remoción de metales pesados de aguas del pabellón de ingenierías de la universidad andina Néstor Cáceres Velásquez?

1.2.2. Problemas específicos

- 1) ¿Cuál será la concentración de metales pesados en el pabellón de ingenierías de la universidad andina Néstor Cáceres Velásquez?
- 2) ¿Cuál es la dosis que permitirá la mayor remoción de metales pesados de aguas del pabellón de ingenierías de la universidad andina Néstor Cáceres Velásquez?



1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. *Objetivo general*

Determinar los coagulantes inorgánicos que removerán los metales pesados de aguas del pabellón de ingenierías de la universidad andina Néstor Cáceres Velásquez.

1.3.2. *Objetivos específicos*

- 1) Determinar la concentración de metales pesados en aguas subterráneas del pabellón de ingenierías de la universidad andina Néstor Cáceres Velásquez.
- 2) Hallar la dosis optima de remoción de metales pesados de aguas subterráneas del pabellón de ingenierías de la universidad andina Néstor Cáceres Velásquez.

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. *Justificación*

La vida depende completamente del agua y todos debemos de tener un suministro adecuado eso nos quiere decir que sea suficiente, accesible y salubre, muy aparte de ellos la mejora de acceso del agua y así proporcionarlos beneficio para la salud, por ello debe de garantizarse un agua libre de contaminantes posibles en este caso de metales pesados y la UANCV de la ciudad de Juliaca no es la excepción a este problema, por fuentes no fidedignas se sabe que las aguas de la ciudad universitaria contiene metales pesados y que de manera urgente se tiene que buscar alternativas para reducir estas concentraciones y es por eso que aborda este trabajo de investigación para plantear un método para



la disminución de concentraciones de metales tóxicos en aguas subterráneas de la FICP

1.5. Hipótesis de la investigación

1.5.1. *Hipótesis general*

Que coagulantes inorgánicos removerán significativamente los metales pesados de aguas del pabellón de ingenierías de la universidad andina Néstor Cáceres Velásquez.

1.5.2. *Hipótesis específicas*

- 1) La concentración de metales pesados de aguas del pabellón de ingenierías de la universidad andina Néstor Cáceres Velásquez superan la normatividad
- 2) la dosis optima de remoción de metales pesados de aguas del pabellón de ingenierías de la universidad andina Néstor Cáceres Velásquez permitirán una remoción significativa

1.6. Variables

1.6.1. *Variable independiente:*

Sulfato de aluminio y cloruro férrico

1.6.2. *Variable dependiente:*

Concentración de metales pesados.



Tabla 1

Operacionalización de variables de la investigación

VARIABLES	DIMENSIÓN ANALISIS	DE INDICADORES	UNIDAD
Variable Independiente	Empleo de sulfato de aluminio y cloruro férrico	Potencia Dosis Tiempo	RPM Mg y ml minutos
Variable Dependiente Concentración de metales pesados	Concentración de parámetros metales pesados	Arsénico de Cadmio en Calcio Magnesio Manganeso Potasio	mg/l



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. *Antecedentes internacionales*

Castrillón & Giraldo (2012) llevaron a cabo pruebas del manejo empleando el coagulante sulfato de aluminio en forma granular, específicamente el tipo B, con el objetivo de establecer las dosis óptimas necesarias para la eliminación de turbiedad y color en varias de agua recolectadas a lo largo de un período determinado. Cada muestra presentaba niveles significativos de turbiedad y color para asegurar un rango amplio de análisis. Las dosis óptimas se determinaron mediante el test de jarras, y se seleccionaron aquellas que mostraron porcentajes de reducción de la turbiedad superiores al 60% y de color superiores al 80%. Estos resultados demuestran que el sulfato de aluminio en forma granular tipo B demuestra efectividad en el tratamiento hídrico y demuestran que las dosis de coagulante especificadas son adecuadas.



2.1.2. *Antecedentes nacionales*

Chávez & Salazar (2019) El su estudio revelaron la existencia de metales tóxicos en las muestras de agua residuales, Se valoró la eficacia del sulfato de aluminio y el policloruro de aluminio como floculantes para remover metales pesados (Cu, Fe, Mn y Pb). Aunque estaban presentes en manifestaciones reducidas, estas superaban los límites permisibles máximos (LPM). Se realizaron un total de 8 pruebas para determinar La cantidad ideal de ambos reactivos. Los análisis de los datos derivados revelan que los coagulantes de alúmina y policloruro de aluminio exhiben una eficacia del 78.9. 72.9% y 87.94%, respectivamente, al purificar y limpiar el agua depuradas mineras. Los estudios de muestras demostraron una reducción promedio de la turbidez del agua de 10 NTU.

Delgado en su investigación Montesinos & Guevara (2019) El propósito es evaluar la eficacia de los procedimientos RAOS y coagulación-floculación para remover arsénico en el suministro de agua potable de la ciudad de Calca, Cusco. Esto se llevará a cabo mediante la evaluación del manantial de ladera Ayaccaca, que actualmente no cumple con lo esencial de la condición del agua para beber, establecidos por la normativa vigente DS N° 031-2010-SA, ya que muestra concentraciones de arsénico de hasta 0.053 mg/L, superando LMP de 0.01 mg/L estipulado por el reglamento. La investigación abarca el análisis tanto de la eficacia como de la eficiencia y efectividad de los dos métodos en términos de costo, tiempo, grado de remoción y aplicabilidad. Se presentan las pruebas, agentes coagulantes y evaluaciones empleadas en ambos métodos para comprobar estos aspectos. Primeramente, se aplicaron coagulantes, incluyendo



cloruro férrico y sulfato de aluminio en manifestaciones con una condición de 20 mg/L y 50 mg/L, alcanzando una remoción de hasta el 99% usando 50 mg/L de cloruro férrico.

Quispe (2016) en su trabajo de investigación concluyó que la cantidad del cloruro férrico necesaria para tratar efluentes mineros varía según las propiedades del agua depuradas. En el caso del efluente minero Estrella, se determinó requiriendo una dosis de 8.34 mg/L de cloruro férrico, obtenida a un pH de 8.24. Para el efluente de la mina Consuelo, se precisa una dosis de 12.05 mg/L para reducir el As de 0.6563 mg/L a 0.0815 mg/L, evidenciando una mayor concentración de As disuelto en este efluente. En el efluente minero Atahualpa, igualmente se utilizó una dosis de 8.35 mg/L, pero el pH fue de 7.95, logrando reducir el As de 0.3988 mg/L a 0.0187 mg/L, con una eficacia de tratamiento del 95.35%. En todas las situaciones en que se utilizó cloruro férrico, se logró reducir la cantidad de arsénico y satisfacer con los límites establecidos por el DS.010-2010 MINAM, que define los valores Límites permitidos para efluentes mineros metalúrgicos antes de su descarga en cuerpos receptores.

2.1.3. Antecedentes locales

Pary & Mamani (2018) emplearon dosis de 14.64 mg/L de FeCl_3 para alcanzar una oxidación óptima. Se empleo 0.023 g/L de cal (CaO) con una purificación del 52.53% como floculante, y la filtración se efectuó en una columna de grava y arena IF, con un caudal de 10.6 L/min, permitió remover un 93.75% de As en soluciones acuosas y en agua del río Ayaviri. La manifestación de arsénico en el agua tratada cumplió con los LMP instituidos por las normas peruanas (D.S. 004-2017.MINAN).



2.2. Bases teóricas

2.2.1. Contaminación de agua

La mala calidad del agua implica la alteración de su calidad en términos de su composición química debido a la introducción de sustancias nocivas y contaminantes. El agua es la fuente para la existencia, constituyendo el 75% de nuestro cuerpo. Aunque el 70% de la Tierra es agua, solo el 1% cumple con los requisitos de potabilidad. Este bajo porcentaje destaca la necesidad de ser conscientes y responsables en su conservación.

La contaminación del agua ocurre cuando las modificaciones químicas, físicas o biológicas en la excelencia del agua consiguen perjudicar el bienestar de quienes la ingieren. Además del impacto en el consumo interno, el uso externo del agua como en el baño, el cepillado de dientes o la preparación de alimentos también puede tener efectos adversos en la salud. (Cely, Becerra, & Alonso, 2023)

2.2.1.1. Metales en agua y sus efectos

La aparición de metales en el entorno puede originarse de manera natural o a través de actividades humanas. Estos metales se dispersan en el agua, el terreno y la atmósfera.

Los metales tienen una alta resistencia, lo que significa cuya existencia no está sujeta a procesos de creación o destrucción, ya sea por procesos biológicos o por actividades humanas. Cuando los metales entran en los ecosistemas acuáticos, experimentan procedimientos de transformación biogeoquímica y se



dispersan entre organismos con diversas características físico-químicas distintas. (Martonell, 2010)

2.2.2. Arsénico

Este elemento se encuentra de manera abundante en los sistemas atmosférico, hidrológico y biológico presentándose en cuatro niveles de carga eléctrica: +5, +3, 0 y -3. En las aguas subterráneas, pueden estar presentes los estados de oxidación +3 y +5.

La arsenicosis, también conocida como hidro arsenicismo es una condición médica prolongada que se desarrolla debido a una exposición prolongada a un factor específico prolongada a altas concentraciones de arsénico inorgánico, con consecuencias negativas para la salud, causando desde problemas respiratorios y enfermedades del corazón hasta trastornos gastrointestinales y cáncer, que puede afectar los pulmones, la vejiga, la piel, así como otros órganos y áreas del cuerpo. (Marruecos, Nogué, & Nolla).

2.2.3. Cadmio

El cadmio es un componente natural de ciertas piedras y suelos, y su expulsión al medio ambiente alcanza aproximadamente 25,000 toneladas.

La población puede estar expuesta a la ingestión de agua y alimentos como plantas de hoja verde, granos completos, cereales, frutas, vísceras animales y pescad contaminados con cadmio, representa una vía de exposición oral a este elemento. (Nava-Ruíz & Méndez-Armenta, 2011)



El cadmio que se ingresa por medio de la respiración o el consumo se distribuye a través del torrente sanguíneo y se deposita en diferentes órganos y tejidos principalmente en el hígado y los riñones. Este elemento puede acumularse en estos órganos esenciales, provocando daños irreversibles incluso en concentraciones bajas.

Asimismo, el cadmio persiste en esos órganos por un período prolongado, con una vida media en los riñones que puede llegar hasta los 30 años. (Reyes, Vergara, Torres, Lagos, & Jimenez, 2016).

2.2.4. Calcio

La dureza del agua es causada por los metales disueltos con dos cargas positivas como Ca^{2+} y Mg^{2+} , que se combinan con aniones tales como sulfato (SO_4^{2-}), cloruro (Cl^-), nitrato (NO_3^-), silicato (SiO_3^{2-}) y bicarbonato (HCO_3^-). Entre estos cationes, el calcio y el magnesio son los más predominantes, y su concentración total define el concepto clásico de firmeza del agua, que generalmente se manifiesta en mg/L de CaCO_3 . (Rodier, 1981)

El umbral del sabor para el calcio varía ampliamente entre 30 y 120 mg/L de Ca^{2+} , dependiendo del anión con el que esté asociado, aunque concentraciones más altas también pueden ser toleradas por los consumidores. Sin embargo, niveles superiores a 210 mg/L de Ca^{2+} pueden resultar en un sabor desagradable.

Hay varios indicadores que pueden surgir de una ingesta exagerada de calcio, como hipercalcemia, hipercalciuria, lo que provoca la deposición de calcio en las arterias y tejidos blandos, formación de cálculos renales, cáncer de próstata, estreñimiento, y posibles dificultades en la absorción de hierro y zinc.



2.2.4.1. Magnesio

Magnesio está presente en grandes cantidades en el organismo humano y ejerce un papel crucial en más de 300 reacciones metabólicas esenciales, ya que actúa como cofactor de diversas enzimas y proteínas, incluidas las hormonas calcitrópicas y la $1,25(\text{OH})_2\text{D}$. También es fundamental para el metabolismo del ATP, la formación de proteínas y ácidos nucleicos, el movimiento activo de iones como potasio y calcio a través de las membranas, asegurando que las membranas celulares permanezcan intactos celulares, la capacidad de excitación neuromuscular y la contracción muscular, así como otras funciones.

2.2.4.2. Manganeso

Entre las características del manganeso, al igual que en otros metales de transición, está la inclusión de un orbital d parcialmente lleno de electrones en su configuración electrónica. Estos metales, incluido el manganeso, se destacan por su alta dureza, sus elevados puntos de ebullición y fusión, y su buena conductividad eléctrica y térmica. (Navinta & Condori, 2016)

Los problemas más frecuentes asociados con altos niveles de manganeso afectan al sistema nervioso central. Estos problemas incorporan cambios en la conducta y otros trastornos neurológicos, como acciones lentos y falta de sincronización. En casos graves de estas señales, la condición es denominada "manganismo". La aspiración de grandes cantidades de partículas o gases que contienen manganeso es capaz de causar inflamación pulmonar y, en algunos casos, infección pulmonar.

2.2.4.3. Potasio



El potasio es un mineral que actúa como electrolito y se halla en nuestra sangre. Ocupa el tercer lugar en la abundancia de minerales en el cuerpo, desempeña un papel esencial en la homeostasis hídrica del organismo, las contracciones musculares y la transmisión de señales nerviosas.

Aproximadamente el 98 % del potasio en el organismo se localiza dentro de las células, con el 80 % de este potasio presente en las células musculares, en tanto que el resto se distribuye entre los glóbulos rojos, el hígado y los huesos.

Un exceso de potasio en la sangre suele ocurrir cuando el cuerpo no puede eliminarlo adecuadamente a través de la orina, lo que es común en personas con enfermedad renal crónica o insuficiencia renal. (González, 2018)

2.2.4.4. Sulfato de aluminio

El sulfato de aluminio tiene múltiples aplicaciones, pero ha sido especialmente valorado en el área de purificación de agua. La importancia del sulfato de aluminio en el procesamiento de purificación de aguas es significativa y ha sido evidente durante muchos años, ya que ha demostrado ser efectivo. En la práctica, se usa más comúnmente para la potabilización de aguas superficiales, mientras que el cloruro férrico es utilizado con mayor frecuencia para depurar efluentes industriales.

2.2.4.5. Cloruro férrico

Se usa comúnmente como coagulante, ya que, tras la hidrólisis, genera un hidróxido de hierro ligeramente soluble. Este hidróxido captura impurezas inorgánicas y orgánicas, formando copos sueltos que se pueden eliminar fácilmente a través de los sistemas de drenaje. Estos copos, con un tamaño de



0,5 a 3,0 mm y una densidad de 1001 a 1100 g/L, poseen una superficie extensa que ofrece una buena capacidad de adsorción.

2.2.4.6. Prueba de jarras

La prueba de coagulación en jarras tiene como propósito identificar las dosis ideales de coagulante y floculante para un procedimiento de clarificación, replicando en el laboratorio las condiciones de funcionamiento de los equipos. (Ortiz, 2019)

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Agua cruda

Es el agua en su estado natural que se ha captado para abastecimiento y en estado bruto o sin tratar. (DIGESA, 2015)

2.3.2. Agua tratada

Es el agua ha pasado por una purificación por tratamientos físicos, químicos y/o biológicos para que sea apta para beber sin riesgo para la salud. (DIGESA, 2015)

2.3.3. Monitoreo

Vigilancia y gestión de los indicadores del estado del agua y otros especificados en este Reglamento, así como de los elementos que pueden causar daños o fallos en los sistemas de distribución de agua. (MINSA, 2011)



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

El análisis de investigación es un tipo de investigación aplicada, porque nos dirige para así resolver la problemática de la vida continua, la investigación aplicada, a veces llamada "investigación práctica o empírica", Se distingue por centrarse en la aplicación de lo aprendido y en la obtención de nueva información mediante la ejecución y organización de prácticas respaldadas por la investigación. (Murillo, W, 2008).

3.2. Diseño de investigación

Esta investigación se fundamenta en la base experimental y busca determinar la posible influencia de una variable controlable. La variable independiente en esta ocasión es coagulantes de hierro y aluminio, que se piensa que explica la conexión entre las variables. A su vez, la variable dependiente o resultado representa la consecuencia de esa causa.

3.3. Enfoque de la investigación

La investigación utilizó un enfoque cuantitativo, enfocado en medir la concentración de metales pesados. Este tipo de estudio se fundamenta en la recopilación y análisis de datos numéricos relacionados con el problema investigado.

3.4. Diseño estadístico

a) Modelo de Regresión Logarítmica

Constituye una técnica estadística empleada para modelar relaciones entre variables donde una variable dependiente se relaciona de manera logarítmica con una o más variables independientes. En otras palabras, se asume que el logaritmo natural (\ln) de la variable dependiente es una función lineal de las variables independientes. (Kutner et al., 2005)

Forma general de un modelo de regresión logarítmica simple:

$$\ln(Y) = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon$$

Donde:

$\ln(Y)$: Logaritmo natural de la variable dependiente.

β_0 : Intercepto de la regresión.

β_1 : Pendiente de la regresión.

X : Variable independiente.

ε : Término de error aleatorio.



3.5. Técnicas e instrumentos de la investigación

Técnicas:

Se recurrió a la técnica de la observación científica: Consiste en realizar trabajo de campo, lo que implica que el investigador interactúe directamente con la realidad para recopilar datos. (Hernández, 2014).

Instrumentos:

Los instrumentos empleados en esta investigación están regulados por normativas como el Protocolo Nacional de Monitoreo de Agua de la ANA y los niveles máximos autorizados conforme al Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano (DS N° 031-2010-SA).

3.6. Materiales y equipos

Se manejaron los siguientes materiales:

3.6.1. Materiales

- Mandil
- Tablero acrílico
- Plumón indeleble
- Lapicero
- Guantes quirúrgicos
- Frasco de plástico
- Probeta de 1000 ml
- Rotulador

3.6.2. Equipos

Se utilizaron los siguientes equipos: Prueba de jarras, Balanza electrónica, Equipo de espectrofotómetro, GPS, Cámara fotográfica y laptop

3.7. Lugar de estudio

El estudio se ejecutó en el marco de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y Ciencias Puras, en el área dedicada a hidráulica.

a. Ubicación del proyecto

Ubicación de Punto de muestreo.

Tabla 2

Coordenadas de ubicación del proyecto

Código	Coordenadas	
	ESTE	NORTE
M-I	380180.542	8282279.251

Nota: la ubicación del pozo queda a espaldas del pabellón de hidráulica

Figura 1

Ubicación del punto de monitoreo



Nota: vista panorámica de la UANCV y de la facultad de ingeniería y ciencias puras.

3.7.1 Población y muestra

a) Población

La población está constituida por las aguas subterráneas del pabellón de ingenierías de la UANCV

b) Muestra

La muestra está representada por las aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la facultad de ingenierías de la UANCV.

3.8. Procedimiento metodológico:

3.8.1. **Objetivo1: Determinar la concentración de metales pesados aguas del pabellón de ingenierías de la universidad andina Néstor Cáceres Velásquez**

Para determinar la concentración de metales pesados en primer lugar se determinó la zona del punto de muestreo, previa coordinación con el conserje de la facultad de ingenierías.

Figura 2

Zona de punto de muestreo pabellón hidráulica.



Nota: Punto de muestreo inicial y como se observa las condiciones del reservorio no son las aptas, simplemente están en abandono por parte de los encargados.

Coordinación con el encargado del laboratorio y se planifico la toma de muestra conjuntamente con un personal capacitado del laboratorio. Se realizo a la recolección de muestra en un balde de los cuales se tomaron sub muestras de 0.5 L para los análisis respectivos de elementos pesados, esta muestra se tomó en el pabellón de hidráulica de la facultad de ingenieras en la UANCV. Antes de tomar las sub muestras los recipientes se enjuagaron tres veces con el agua subterránea todo esto en base al protocolo de monitoreo dada por el ANA.

Figura 3

Toma de muestras



Nota: Muestras tomadas a un costado del pabellón de hidráulica.

Figura 4

Conservación de muestra en cooler



Nota: una vez tomada la muestra esta son dispuestas en un cooler para su conservación y no exista alteración al momento de la manipulación.

Las muestras fueron derivadas al laboratorio de la escuela académica ingeniera sanitaria y ambiental para su respectivo análisis.

3.8.2. Objetivo 2: Hallar la dosis óptima de remoción de metales pesados de aguas del pabellón de ingenierías de la universidad andina Néstor Cáceres Velásquez

Para nuestro segundo objetivo, trabajamos con los coagulantes inorgánicos a diferentes dosis de coagulantes inorgánicos, empleando el equipo para realizar pruebas con jarras (Sales de aluminio y hierro)

Condiciones de operación de la prueba de jarras

La prueba de coagulación en jarras o test de jarras se trabajó considerando las siguientes condiciones:

- Agitación rápida 200 RPM durante un tiempo de 1.5 minutos
- Agitación lenta 80 RPM durante un tiempo de 15 minutos.
- Tiempo de decantación: 40 minutos.
- Dosis de coagulantes a una concentración del 2% de: 2 ml, 4ml, 6ml, 8ml y 10 ml. Para el cloruro férrico.
- Se trabajo en 05 jarras.

Figura 5

Prueba de jarras



Nota: vista del test de jarras del laboratorio de calidad ambiental

Para el cumplimiento de este objetivo se preparó soluciones de coagulantes inorgánicos (Sales de aluminio y hierro) a una concentración del 2%, se realizó de la siguiente manera.

- Se elegido un material de laboratorio como es el matraz aforado de una potencial de 100 ml y se le agrego 2 gr de cloruro férrico.

Figura 6

Pesada de coagulante inorgánico



Nota: trabajos previos a la parte ejecutiva de la investigación.

- Posteriormente se agregó agua purificada hasta alcanzar el nivel de aforo, que nos indica un volumen de 100 ml.
- Se agita, se mezcla homogéneamente y se obtiene la solución de coagulante al 2% de concentración y está listo para la realización de las pruebas

Figura 7

Cloruro férrico al 2%



Nota: Solución acuosa de cloruro férrico al 2%.

Las dosis de las soluciones coagulantes (Sales de aluminio y hierro) se detalla en la siguiente tabla.

<i>Tabla 3</i> Dosis de cloruro férrico TRATAMIENTO	dosis mL
TC1	2
TC2	4
TC3	6
TC4	8
TC5	10

Nota: En cada jarra se le añade las diferentes dosis de nuestro coagulante.

Figura 8

Añadimos las dosis de cloruro férrico



Programamos el equipo a una AGITACIÓN RÁPIDA de 200RPM por minuto y medio, AGITACION LENTA de 80 RPM por 15 min y un tiempo de sedimentación de 40 min.

Utilizando el coagulante sulfato de aluminio trabajamos con los distintos tratamientos y las dosis se muestran en la tabla, como se puede apreciar siguiente las dosis que se trabajó con distintas a las del cloruro de aluminio

debido a que se realizó pruebas con dilución a concentraciones menores pero el coagulante no tenía ningún efecto es por ello que se trabajó a distintas dosis que el otro coagulante.

Tabla 4

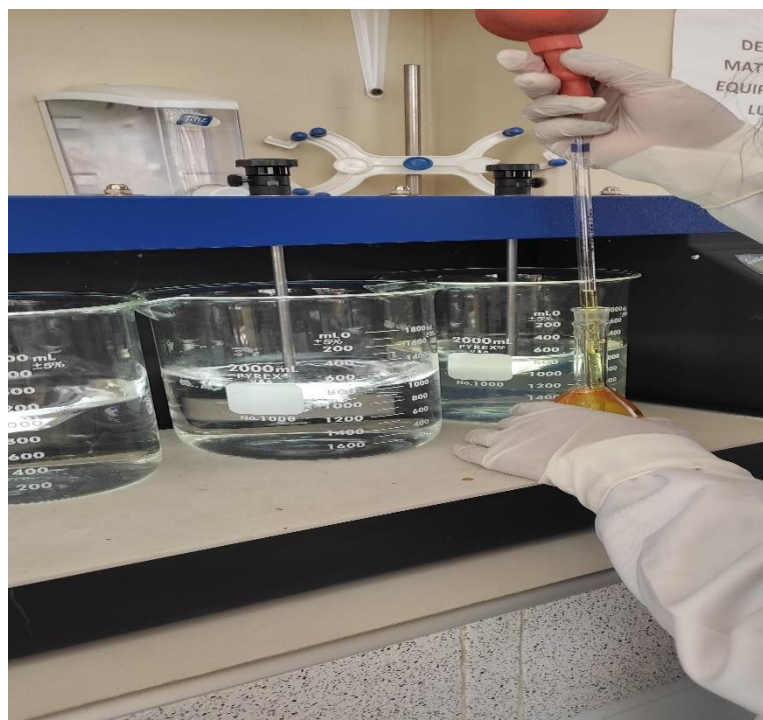
Dosis de sulfato de aluminio

TRATAMIENTO	DOSIS Mg/L
TS1	20
TS2	30
TS3	40
TS4	50
TS5	60

Nota: en este caso se trabajó con sulfato de aluminio sin dilución, se agregó en forma directa en las jarras.

Figura 9

Dosis de sulfato d aluminio en prueba de jarras

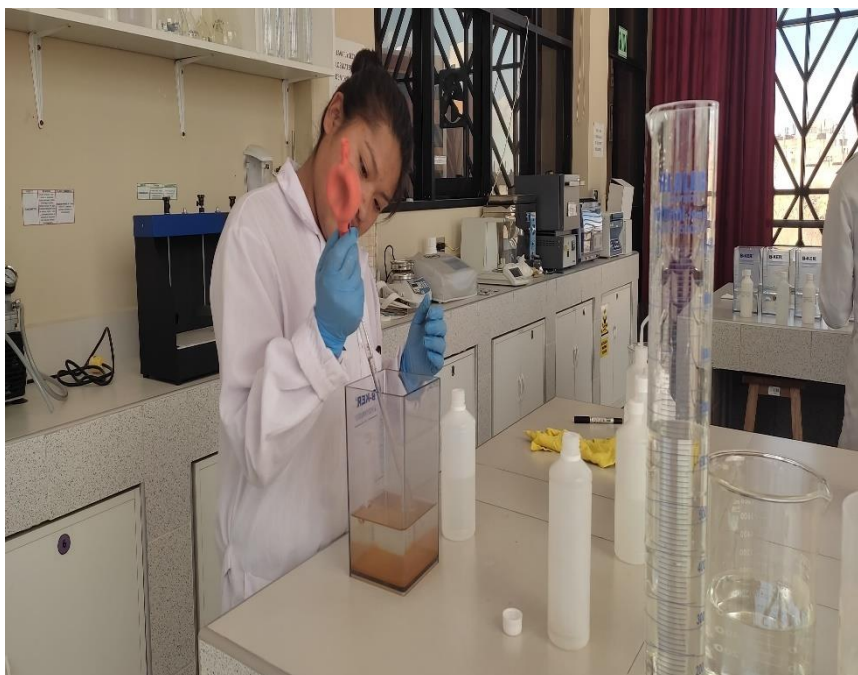


De la misma forma programamos el equipo a una AGITACIÓN RÁPIDA de 200RPM por minuto y medio, AGITACION LENTA de 80 RPM por 15 minutos y un tiempo de sedimentación de 40 minutos.

Una vez terminado el tratamiento se efectúa la obtención de las muestras necesarias para llevar a cabo la evaluación respectivo de elementos pesados en aguas subterráneas.

Figura 10

Toma de muestras después del tratamiento.



Nota: las muestras son analizadas por el laboratorio



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. *Objetivo1: Determinar la concentración de metales pesados aguas del pabellón de ingenierías de la universidad andina Néstor Cáceres Velásquez*

En las siguientes tablas presentaremos Los datos proporcionados por el laboratorio de calidad ambiental luego de haber seguido todo el proceso metodológico para alcanzar el primer objetivo, que es la determinación inicial de metales pesados sin ningún tratamiento.

Tabla 5

Concentración de metales pesados en el pabellón de ingenierías

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	LMP
ALUMINIO	mg/l	0.003	0.2
ARSÉNICO	mg/l	0.1912	0.01
BERILIO	mg/l	0.00001	0.012
CADMIO	mg/l	0.01321	0.003
MERCURIO	mg/l	0.00001	0.001

Nota: concentración de metales pesados en relación al DS N° 031-2010-SA.

Observamos en la tabla que las aguas del pabellón tienen una manifestación de Aluminio de 0.003 mg/l indicándonos que dichas aguas no están siendo afectadas negativamente en el gusto, el aroma y la transparencia del agua y están dentro de la Normatividad establecida. El Arsénico con 0.1912 mg/l valor que se encuentra fuera de los LMP y que posiblemente por acumulación pueda causar: Aumento del grosor y cambio de color en la piel, dolor abdominal, náuseas, vómitos, diarrea, diabetes, y problemas en los sistemas reproductor, neurología, inmunidad, hepático, respiratorio o cardiovascular. Para el Cadmio tenemos concentraciones de 0.01321 mg/l valor por encima de los establecido en la normatividad y posiblemente las personas que consuman estas aguas tengan problemas renales por acumulación en los riñones. El metal pesado berilio tiene una intensidad de 0.00001 mg/l valor muy debajo de lo definido por la normatividad y el mercurio con concentración de 0.00001 mg/l en reservorios subterráneos de la FICP pabellón de hidráulica está dentro de lo que establece la normatividad y no existe daño alguno a las personas que consuman estas aguas.

4.1.2. Objetivo2: Hallar la dosis óptima de remoción de metales pesados de aguas del pabellón de ingenierías de la universidad andina Néstor Cáceres Velásquez

Teniendo en cuenta las dosis

Tabla 6.

Dosis de sulfato de aluminio

CÓDIGO DE DOSIS	Mg/L
TS1	20
TS2	30
TS3	40
TS4	50
TS5	60

Para añadir las diferentes dosis se empieza con las codificaciones, en nuestro caso codificamos 20 mg/l de sulfato de aluminio – TS1; codificamos 30 mg/l de sulfato de aluminio – TS2, codificamos 40 mg/l de sulfato de aluminio – TS3, codificamos 50 mg/l de sulfato de aluminio – TS4; codificamos 60 mg/l de sulfato de aluminio – TS4

Tabla 7

Variación de arsénico con dosis de sulfato de aluminio

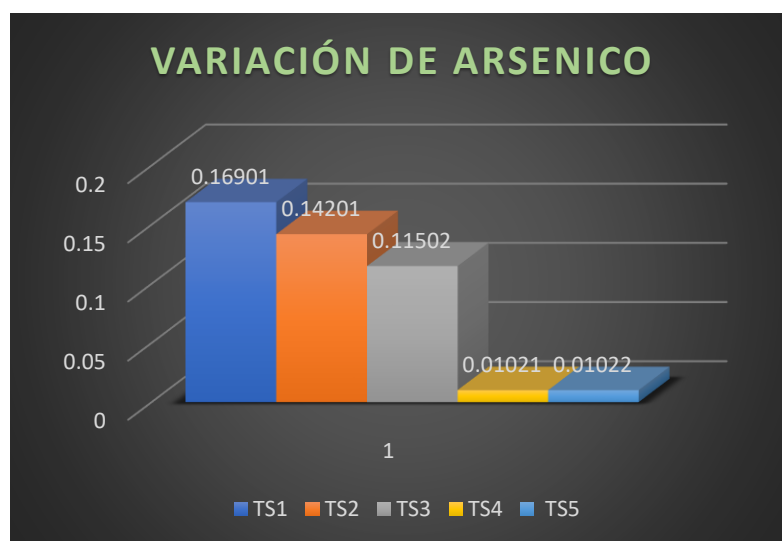
CÓDIGO DE DOSIS	ARSENICO SIN TRATAMIENTO mg/l	ARSENICO CON TRATAMIENTO mg/l	LMP mg/l	PORCENTAJE DE REMOCION %
TS1	0.1912	0.16901	0.01	11.6056
TS2	0.1912	0.14201	0.01	25.7270
TS3	0.1912	0.11502	0.01	39.8431
TS4	0.1912	0.01021	0.01	94.6600
TS5	0.1912	0.01022	0.01	94.6548

En el tratamiento se observa que añadiendo la dosis TS1 se logra disminuir el volumen de arsénico a 0.16901 mg/l, en la dosis TS2 obtenemos la disminución del volumen de arsénico presente a 0.14201 mg/l, en la dosis TS3 obtenemos una disminución del nivel de As presente a 0.11502 mg/l, en la dosis TS4 obtenemos el concentrado de arsénico de 0.01021 mg/l, y en la dosis TS5 obtenemos una disminución del nivel de arsénico presente a 0.01022 mg/l. en función a los resultados podemos indicar que la dosis adecuada para la remoción del arsénico fue el TS4. En cuanto al porcentaje de extracción para este metal pesado podemos observar que el TS1 tiene el porcentaje inferior de remoción de

11.6056 % y el tratamiento presenta la tasa de remoción de arsénico más alta TS4 con 94.6600% de remoción, pero este porcentaje de remoción no es suficiente porque no se llega a cumplir dentro de los niveles más altos autorizados dados en el DS N° 031-2010-SA.

Figura 11

Variación de arsénico con dosis de sulfato de aluminio



Nota: variación del arsénico para los diferentes tratamientos

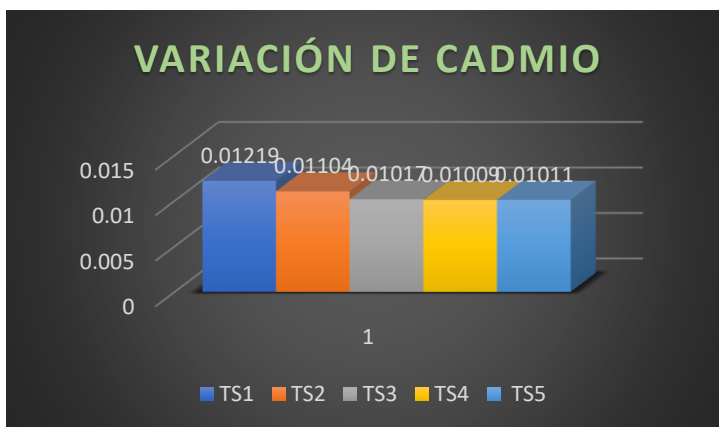
Tabla 8*Variación de cadmio con dosis de sulfato de aluminio*

CÓDIGO DE DOSIS	CADMIO SIN TRATAMIENTO mg/l	CADMIO CON TRATAMIENTO mg/l	LMP mg/l	PORCENTAJE DE REMOCION %
TS1	0.01321	0.01219	0.003	7.7214
TS2	0.01321	0.01104	0.003	16.4269
TS3	0.01321	0.01017	0.003	23.0129
TS4	0.01321	0.01009	0.003	23.6185
TS5	0.01321	0.01011	0.003	23.4671

En el tratamiento se observa que añadiendo la dosis TS1 se logra disminuir la concentración de cadmio a 0.1219 mg/l, en la dosis TS2 obtenemos la reducción del concentrado de cadmio a 0.01104 mg/l, en la dosis TS3 obtenemos una reducción del concentrado de cadmio a 0.01017 mg/l, en la dosis TS4 obtenemos del concentrado de cadmio de 0.01009 mg/l, y en la dosis TS5 obtenemos una reducción de la concentración de cadmio a 0.01011 mg/l. en función a los resultados podemos indicar que la dosis adecuada para la remoción del cadmio fue el TS4. En cuanto al porcentaje de remoción para este metal pesado podemos observar que el TS1 tiene el menor porcentaje de extracción de 7.7214 % y el máximo porcentaje de extracción de arsénico se da en el tratamiento TS4 con 23.6185 % de remoción, pero este porcentaje de remoción es insuficiente porque no se llega a cumplir dentro de los márgenes aceptables dados en el DS N° 031-2010-SA. Y por consiguiente estas aguas son inadecuadas para el consumo humano.

Figura 12

Variación de cadmio con dosis de sulfato de aluminio



Nota: variación del cadmio en sus diferentes tratamientos

Tabla 9

Variación de Aluminio con dosis de sulfato de aluminio

CÓDIGO DE DOSIS	ALUMINIO SIN TRATAMIENTO mg/l	ALUMINIO CON TRATAMIENTO mg/l	LMP mg/l	PORCENTAJE DE REMOCION %
TS1	<0.003	<0.003	0.2	0.0000
TS2	<0.003	<0.003	0.2	0.0000
TS3	<0.003	<0.003	0.2	0.0000
TS4	<0.003	<0.003	0.2	0.0000
TS5	<0.003	<0.003	0.2	0.0000

Nota: no existe variación alguna para este metal.

Como se observa en la tabla podemos indicar que las concentraciones iniciales de aluminio eran muy bajas es por ello que en los diferentes tratamientos que se les hizo no hubo ningún efecto sobre este metal, a su vez cabe indicar que las concentraciones de este metal están dentro de lo que establecido. Y dichas aguas subterráneas para este metal si son aptas para su consumo.

Tabla 10*Variación de Berilio con dosis de sulfato de aluminio*

CÓDIGO DE DOSIS	BERILIO SIN TRATAMIENTO mg/l	BERILIO CON TRATAMIENTO mg/l	LMP mg/l	PORCENTAJE DE REMOCION %
TS1	<0.00001	<0.00001	0.012	0.0000
TS2	<0.00001	<0.00001	0.012	0.0000
TS3	<0.00001	<0.00001	0.012	0.0000
TS4	<0.00001	<0.00001	0.012	0.0000
TS5	<0.00001	<0.00001	0.012	0.0000

Nota: no existe variación alguna para este metal.

Como se observa en la tabla podemos indicar que las concentraciones iniciales de Berilio eran muy bajas es por ello que en los diferentes tratamientos que se les hizo no hubo ningún efecto sobre este metal, a su vez cabe indicar que las concentraciones de este metal están dentro de lo que establecido. Y dichas aguas subterráneas para este metal si son aptas para su consumo.

Tabla 11*Variación de Mercurio con dosis de sulfato de aluminio*

CÓDIGO DE DOSIS	MERCURIO SIN TRATAMIENTO mg/l	MERCURIO CON TRATAMIENTO mg/l	LMP mg/l	PORCENTAJE DE REMOCION %
TS1	<0.00001	<0.00001	0.001	0.0000
TS2	<0.00001	<0.00001	0.001	0.0000
TS3	<0.00001	<0.00001	0.001	0.0000
TS4	<0.00001	<0.00001	0.001	0.0000
TS5	<0.00001	<0.00001	0.001	0.0000

Nota: no existe variación alguna para este metal.

Como se observa en la tabla podemos indicar que las manifestaciones iniciales de Mercurio estaban muy bajas es por ello que en los diferentes tratamientos que se les hizo no hubo ningún efecto sobre este metal, a su vez cabe indicar que las concentraciones de este metal están dentro de lo establecido. Y dichas aguas subterráneas para este metal si son aptas para su consumo.

Teniendo en cuenta las dosis **CLORURO FÉRRICO**

Tabla 12

Dosis de cloruro férrico

CÓDIGO DE DOSIS	ML
TC1	2
TC2	4
TC3	6
TC4	8
TC5	10

Nota: dosis empleadas en el tratamiento de elementos pesados de aguas subterráneas de la FICP del pabellón de hidráulica

Para añadir las diferentes dosis se empieza con las codificaciones, en nuestro caso codificamos 2 ml de cloruro férrico – TC1; codificamos 4ml de cloruro férrico – TC2, codificamos 6ml de clo – TC3, codificamos 8 ml de cloruro férrico – TC4; codificamos 10 ml de cloruro férrico – TC5

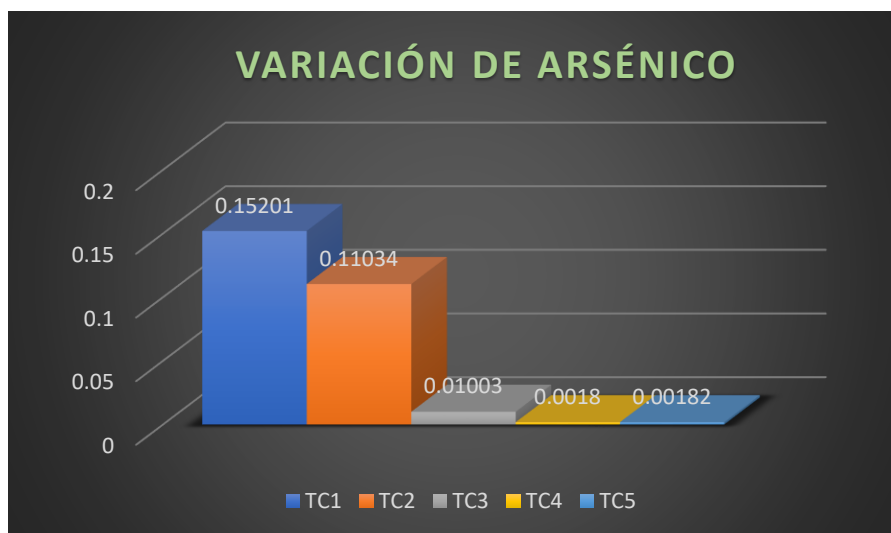
Tabla 13*Variación de arsénico con dosis de cloruro férrico*

CÓDIGO DE DOSIS	ARSENICO SIN TRATAMIENTO mg/l	ARSENICO CON TRATAMIENTO mg/l	LMP mg/l	PORCENTAJE DE REMOCION %
TC1	0.1912	0.15201	0.01	20.4969
TC2	0.1912	0.11034	0.01	42.2908
TC3	0.1912	0.01003	0.01	94.7542
TC4	0.1912	0.0018	0.01	99.0586
TC5	0.1912	0.00182	0.01	99.0481

En el tratamiento se observa que añadiendo la dosis TC1 se logra disminuir la densidad de arsénico a 0.15201 mg/l, en la dosis TC2 obtenemos la reducción del concentrado de arsénico a 0.11034 mg/l, en la dosis TC3 obtenemos una reducción del concentrado de arsénico a 0.01003 mg/l, en la dosis TC4 obtenemos el concentrado de arsénico de 0.0018 mg/l, y en la dosis TC5 obtenemos una reducción del concentrado de arsénico a 0.00182 mg/l. en función a los resultados podemos indicar que la dosis adecuada para la remoción del arsénico fue el TC4. En cuanto al porcentaje de remoción para este metal pesado podemos observar que el TC1 tiene el menor porcentaje de eliminación de 20.4969 % y el máximo porcentaje de eliminación de arsénico se da en el tratamiento TC4 con 99.0586 % de remoción, con los que exige dentro los límites permitidos dados en el DS N° 031-2010-SA. Significa que, para este parámetro estas aguas si son aptas para el consumo después del tratamiento.

Figura 13

Variación de arsénico con dosis cloruro férrico



Nota: variación del arsénico en los diferentes tratamientos

Tabla 14

Variación de cadmio con dosis de cloruro férrico

CÓDIGO DE DOSIS	CADMIO SIN TRATAMIENTO mg/l	CADMIO CON TRATAMIENTO mg/l	LMP mg/l	PORCENTAJE DE REMOCION %
TC1	0.01321	0.00105	0.003	92.0515
TC2	0.01321	0.00093	0.003	92.9599
TC3	0.01321	<0.001	0.003	100.0000
TC4	0.01321	<0.001	0.003	100.0000
TC5	0.01321	<0.001	0.003	100.0000

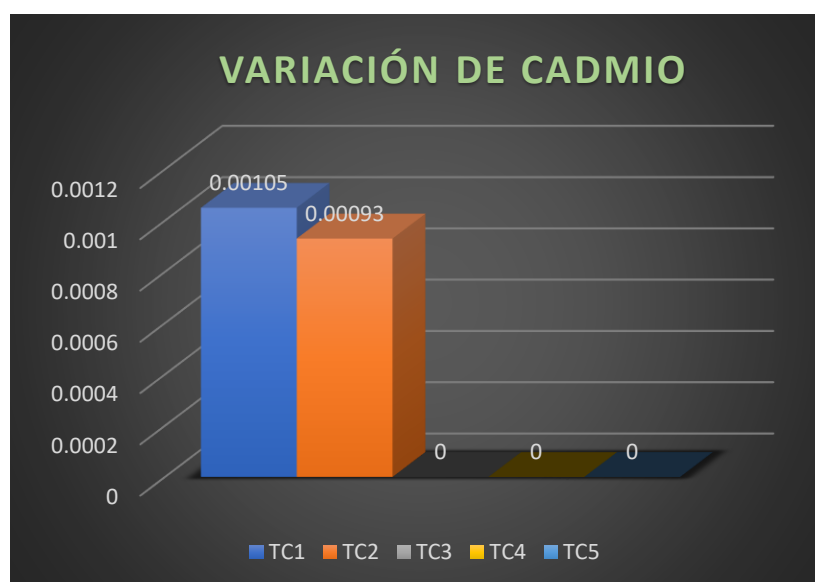
En el tratamiento se observa que añadiendo la dosis TC1 se logra disminuir la concentración de cadmio a 0.00105 mg/l, en la dosis TC2 obtenemos la reducción del concentrado de cadmio a 0.00093 mg/l, en la dosis TC3 obtenemos una reducción del concentrado de cadmio a <0.001 mg/l, en la dosis TC4 obtenemos el concentrado de cadmio de <0.001 mg/l, y en la dosis TC5 obtenemos una reducción de la concentración de cadmio a <0.001 mg/l. en

función a los resultados podemos indicar que la dosis adecuada para la remoción del arsénico está en los tratamientos TC3, TC4 y TC5. En cuanto al porcentaje de remoción para este metal pesado podemos observar que el TC1 ostenta la remoción más baja de 292.0515 % y los tratamientos presentan la tasa de remoción de cadmio más elevada en TC3, TC4 y TC5 con 100 % de remoción, y en base dentro de los márgenes permitidos dados en el DS N° 031-2010-SA. Significa que para este parámetro estas aguas subterráneas si son aptas para el consumo después del tratamiento.

Cabe mencionar que las dosis aplicadas de cloruro férrico han sido muy eficientes en cuanto al porcentaje de remoción y quizá se debería de probar con dosis un poco mayores para ver si existe alguna variación o no.

Figura 14

Variación de cadmio con dosis de cloruro férrico



Nota: variación de la concentración de cadmio en los diferentes tratamientos.

Tabla 15*Variación de Aluminio con dosis de cloruro férrico*

CÓDIGO DE DOSIS	ALUMINIO SIN TRATAMIENTO mg/l	ALUMINIO CON TRATAMIENTO mg/l	LMP mg/l	PORCENTAJE DE REMOCION %
TC1	<0.003	<0.003	0.2	0.0000
TC2	<0.003	<0.003	0.2	0.0000
TC3	<0.003	<0.003	0.2	0.0000
TC4	<0.003	<0.003	0.2	0.0000
TC5	<0.003	<0.003	0.2	0.0000

Nota: no existe variación alguna para este metal.

Como se observa en la tabla podemos indicar que las concentraciones iniciales de aluminio eran muy bajas es por ello que en los diferentes tratamientos que se les hizo no hubo ningún efecto sobre este metal, a su vez cabe indicar que las concentraciones de este metal están dentro de lo establecido. Y dichas aguas subterráneas para este metal si son aptas para su consumo.

Tabla 16*Variación de Berilio con dosis de cloruro férrico*

CÓDIGO DE DOSIS	BERILIO SIN TRATAMIENTO mg/l	BERILIO CON TRATAMIENTO mg/l	LMP mg/l	PORCENTAJE DE REMOCION %
TC1	<0.00001	<0.00001	0.012	0.0000
TC2	<0.00001	<0.00001	0.012	0.0000
TC3	<0.00001	<0.00001	0.012	0.0000
TC4	<0.00001	<0.00001	0.012	0.0000
TC5	<0.00001	<0.00001	0.012	0.0000

Nota: no existe variación alguna para este metal.

Como se observa en la tabla podemos indicar que las concentraciones iniciales de Berilio eran muy bajas es por ello que en los diferentes tratamientos que se les hizo no hubo ningún efecto sobre este metal, a su vez cabe indicar que las concentraciones de este metal están dentro de lo establecido. Y dichas aguas subterráneas para este metal si son aptas para su consumo.

Tabla 17

Variación de Mercurio con dosis de cloruro férrico

CÓDIGO DE DOSIS	MERCURIO SIN TRATAMIENTO mg/l	MERCURIO CON TRATAMIENTO mg/l	LMP mg/l	PORCENTAJE DE REMOCION %
TC1	<0.00001	<0.00001	0.001	0.0000
TC2	<0.00001	<0.00001	0.001	0.0000
TC3	<0.00001	<0.00001	0.001	0.0000
TC4	<0.00001	<0.00001	0.001	0.0000
TC5	<0.00001	<0.00001	0.001	0.0000

Nota: no existe variación alguna para este metal.

Como se observa en la tabla podemos indicar que las manifestaciones iniciales de Mercurio eran muy bajas es por ello que en los diferentes tratamientos que se les hizo no hubo ningún efecto sobre este metal, a su vez cabe indicar que las concentraciones de este metal están dentro de lo establecido. Y dichas aguas subterráneas para este metal si son aptas para su consumo.

Tabla 18

Porcentaje de remoción de metales pesados con sulfato de aluminio

	TS1	TS2	TS3	TS4	TS5
ARSENICO	11.61 %	25.73 %	39.84 %	94.66 %	94.65 %
CADMIO	7.72 %	16.43 %	23.01 %	23.62 %	23.47 %
ALUMINIO	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %
BERILIO	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %
MERCURIO	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %

Se mira según los porcentajes de remoción que la dosis más eficaz de sulfato de aluminio es la TS4 – 50 mg/l dado que se mira el mayor porcentaje de remoción. Un 94.66% de remoción de arsénico, un 23.62% de remoción de cadmio

Tabla 19

Porcentaje de remoción de metales pesados con cloruro férrico

	TC1	TC2	TC3	TC4	TC5
ARSENICO	20.50%	42.29%	94.75%	99.06%	99.05%
CADMIO	92.05%	92.96%	100.00%	100.00%	100.00%
ALUMINIO	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %
BERILIO	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %
MERCURIO	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %

Se mira según los porcentajes de reducción de la dosis más efectiva de cloruro férrico es la TC4 – 8 ml dado que se mira el mayor porcentaje de

eliminación, un 99.06% de remoción de arsénico, un 100.00% de remoción de cadmio.

Prueba de hipótesis.

- a) La dosis y concentración óptima de coagulantes orgánicos en la remoción de arsénico de aguas del pabellón de ingenierías de la universidad.

Tabla 20

Resumen del modelo: dosis y concentración óptima de coagulantes orgánicos en la remoción de arsénico de aguas del pabellón de ingenierías

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
0,927	0,860	0,813	0,032

La variable independiente es dosis de sulfato de aluminio (mg/l).

La Tabla 20 evidencia un análisis de regresión donde la variable independiente es la dosis de sulfato de aluminio (mg/L) en la reducción de arsénico en aguas del pabellón de ingenierías. El índice de correlación ($R = 0,927$) indica una relación fuerte entre la dosis y la remoción de arsénico. Un R^2 de 0.860 significa que el modelo tiene una capacidad explicativa del 86% de la variabilidad en la eliminación del arsénico, lo cual evidencia un buen ajuste del modelo. Además, el R^2 ajustado de 0,813 confirma la eficacia del modelo al considerar el número de variables. El error estándar de 0,032 Su bajo valor sugiere que el modelo realiza predicciones precisas.

Tabla 21

ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	0,019	1	0,019	18,394	0,023
Residuo	0,003	3	0,001		
Total	0,022	4			

La variable independiente es dosis de sulfato de aluminio (mg/l).

La Tabla 21 del ANOVA muestra que el modelo de regresión para la dosis de sulfato de aluminio es estadísticamente significativo, con un valor de $F = 18,394$ y una probabilidad de error de $p = 0,023$, que es menor que $0,05$. Esto indica que la dosis de sulfato de aluminio está estrechamente relacionada con la eliminación de arsénico. La suma de cuadrados de regresión (0,019) muestra la fracción del poder predictivo del modelo, mientras que la suma de cuadrados del residuo (0,003) corresponde a la dispersión no explicada. El modelo se considera apropiado para explicar gran parte de la variabilidad en las variables.

Tabla 22

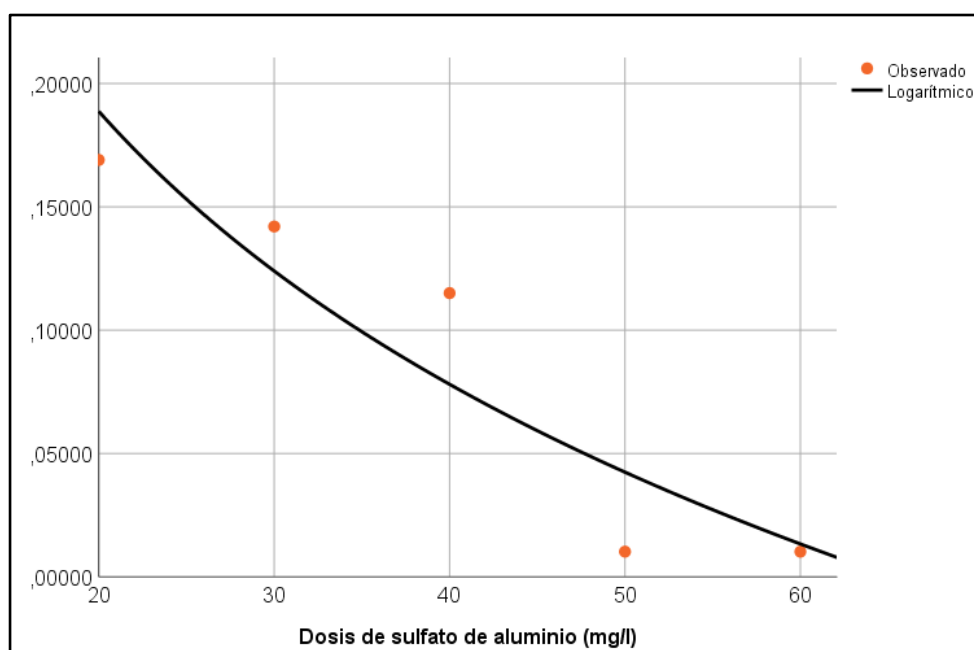
Coefficientes de la ecuación de regresión logarítmica para el arsénico en función de la dosis de sulfato de aluminio

	Coefficients no estandarizados		Coefficients estandarizados		Sig.
	B	Desv. Error	Beta	t	
ln(Dosis de sulfato de aluminio (mg/l))	-0,160	0,037	-0,927	4,289	0,023
(Constante)	0,667	0,135		4,924	0,016

La Tabla 22 presenta el coeficiente no estandarizado de la variable $\ln(\text{Dosis de sulfato de aluminio})$ es $-0,160$, lo que evidencia que con cada incremento de 1 mg/l en el logaritmo natural de la dosis de sulfato de aluminio, la manifestación de arsénico baja $0,160 \text{ mg/l}$, manteniendo todo lo demás constante. El valor $t = -4,289$ y la significancia $p = 0,023$ lo que demuestra una relación estadísticamente robusta, con base en esto, se puede concluir que la dosis de sulfato de aluminio influye negativamente y de manera significativa en la reducción de arsénico. La constante es $0,667$, lo que sugiere el valor de arsénico cuando la dosis es mínima.

Figura 15

Relación entre el arsénico y la dosis de sulfato de aluminio



La figura 15 el modelo logarítmico sugiere que la disminución en la concentración de arsénico no es lineal, sino que se desacelera al aumentar la dosis de sulfato de aluminio. Esto podría indicar que, a bajas dosis, el sulfato de aluminio es más eficaz para remover el arsénico, pero con el incremento de la dosis, los incrementos en la remoción son cada vez menores.

b) La dosis y concentración óptima de coagulantes orgánicos en la remoción de cadmio de aguas del pabellón de ingenierías de la universidad.

Tabla 23

Resumen del modelo: dosis y concentración óptima de coagulantes orgánicos en la remoción de cadmio de aguas del pabellón de ingenierías

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
0,946	0,895	0,860	0,000

La variable independiente es dosis de sulfato de aluminio (mg/l).

La Tabla 23 muestra un resumen del modelo que evalúa la relación entre la dosis de sulfato de aluminio y la eliminación de cadmio en aguas del pabellón de ingenierías. El coeficiente de correlación ($R = 0,946$) evidencia una fuerte relación positiva entre las variables. El R^2 de 0,895 indica que el 89,5% de la varianza en la remoción de cadmio puede ser explicada por la dosis de sulfato de aluminio. Además, el R^2 ajustado de 0,860 confirma El modelo presenta una buena capacidad de ajuste a los datos incluso considerando el número de predictores. El margen de error de la estimación es 0,000, lo que sugiere un ajuste preciso del modelo.

Tabla 24

ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	0,000		0,000	25,622	0,015
Residuo	0,000	3	0,000		
Total	0,000	4			

La variable independiente es dosis de sulfato de aluminio (mg/l).

La Tabla 24 del ANOVA muestra que el modelo de regresión es estadísticamente significativo, con un valor de $F = 25,622$ y un nivel de significancia de $p = 0,015$. El valor p , inferior a $0,05$, ofrece evidencia estadística sólida de una asociación relevante entre la dosis de sulfato de aluminio y la remoción de cadmio en las aguas subterráneas. La suma de cuadrados de regresión (0,000) representa la capacidad explicativa del modelo sobre la variabilidad de los datos, mientras que la suma de cuadrados del residuo es de 0,000, indica la variabilidad no explicada. Este resultado manifiesta que el modelo es eficaz para describir la relación entre la dosis de sulfato de aluminio y la eliminación de cadmio.

Tabla 25

Coefficientes de la ecuación de regresión logarítmica para el cadmio en función de la dosis de sulfato de aluminio

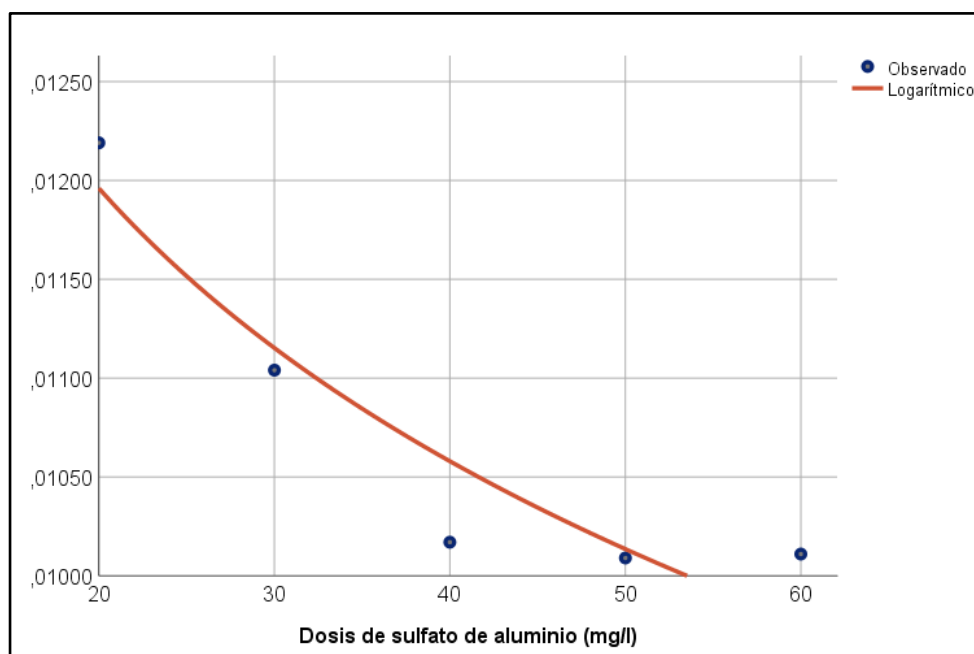
	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		
	B	Desv. Error	Beta	t	Sig.
ln(Dosis de sulfato de aluminio (mg/l))	-0,002	0,000	-0,946	-5,062	0,015
(Constante)	0,018	0,001		12,520	0,001

La Tabla 25 muestra los coeficientes no estandarizado de la variable ln(Dosis de sulfato de aluminio) es -0,002, Es decir, se observa que por cada adición de 1 mg/l en el logaritmo de la dosis, la manifestación de cadmio disminuye en 0,002 mg/L. El valor $t = -5,062$ y un nivel de significancia de $p = 0,015$ indican que esta relación es estadísticamente significativa. Además, la constante es 0,018, con un valor de $t = 12,520$ y $p = 0,001$, lo que también es

altamente significativo. Esto sugiere una relación negativa y significativa entre la dosis de sulfato de aluminio y la manifestación de cadmio.

Figura 16

Relación entre el cadmio y la dosis de sulfato de aluminio



La figura 16 el modelo logarítmico sugiere que la disminución en la concentración de arsénico no es lineal, sino que se desacelera con el aumento de la dosis de sulfato de aluminio. Esto podría indicar que, a bajas dosis, el sulfato de aluminio tiene un mejor desempeño para eliminar el arsénico, pero a medida que la dosis se incrementa, los incrementos en la remoción son cada vez menores.

c) **La dosis y concentración óptima de coagulantes orgánicos en la remoción de arsénico de aguas del pabellón de ingenierías de la universidad.**

Tabla 26

Resumen del modelo: dosis y concentración óptima de coagulantes orgánicos en la remoción de arsénico de aguas del pabellón de ingenierías

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
0,950	0,902	0,869	0,026

La variable independiente es dosis de cloruro férrico (mg/l).

La Tabla 26 evidencia que el coeficiente de correlación ($R = 0,950$) manifiesta una fuerte asociación entre la cantidad de cloruro férrico utilizado y la cantidad de arsénico que se elimina. El R^2 (0,902) se explica el 90,2% de la variabilidad observada en la eliminación de arsénico es explicada por la dosis del coagulante. Además, el R^2 ajustado (0,869) confirma la solidez del modelo al ajustar el número de variables. El error estándar de la estimación (0,026) es bajo, lo que refuerza la precisión del modelo en predecir la erradicación de arsénico en aguas.

Tabla 27

ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	0,018	1	0,018	27,527	0,013
Residuo	0,002	3	0,001		
Total	0,020	4			

La variable independiente es Dosis de cloruro férrico (mg/l).

La Tabla 27 del ANOVA muestra que el modelo de regresión entre la dosis de cloruro férrico y la remoción de cadmio es estadísticamente significativo. El valor de $F = 27,527$ y la probabilidad de error ($p = 0,013$), menor a 0,05, señalan que la dosis de cloruro férrico juega un papel importante en la remoción de cadmio de las aguas subterráneas. La suma de cuadrados de la regresión (0,018) indica que una gran parte de la variabilidad total (0,020) es atribuida al modelo, mientras que la suma de cuadrados del residuo (0,002) representa la variabilidad no explicada, lo que destaca la capacidad predictiva del modelo para la variable dependiente.

Tabla 28

Coefficientes de la ecuación de regresión logarítmica para el arsénico en función de la dosis de cloruro férrico

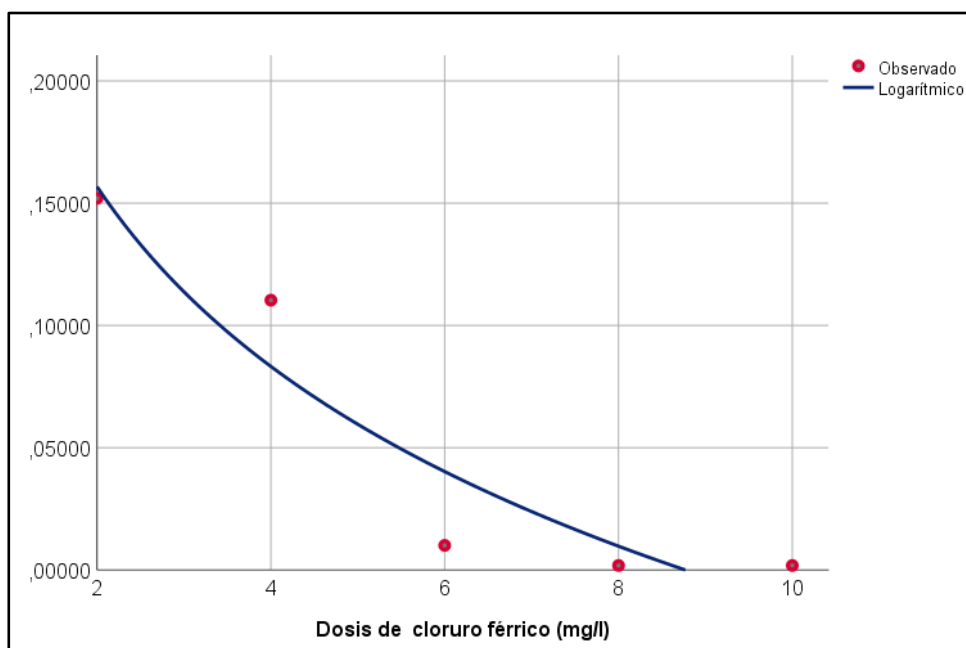
	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		Sig.
	B	Desv. Error	Beta	t	
ln(Dosis de cloruro férrico (mg/l))	-0,106	0,020	-0,950	-5,247	0,013
(Constante)	0,230	0,035		6,525	0,007

La Tabla 28 muestra el coeficiente de la variable independiente, ln(Dosis de cloruro férrico) es -0,106, con un error estándar de 0,020, lo que implica que con cada incremento de 1 mg/l en la dosis de cloruro férrico (en términos logarítmicos), la reducción del arsénico disminuye en 0,106 1 mg/l, siendo esta relación estadísticamente significativa ($p = 0,013$). La constante de la ecuación es 0,230, con un error estándar de 0,035, y también resulta significativa ($p = 0,007$). En términos de los coeficientes estandarizados, el coeficiente Beta para

la dosis de cloruro férrico es $-0,950$, sugiriendo una fuerte relación inversa entre la dosis de cloruro férrico y la concentración de arsénico, mientras que la constante tiene una t de $6,525$, indicando una alta significancia en el modelo.

Figura 17

Relación entre el arsénico y la dosis de cloruro férrico



La figura 17 el modelo logarítmico sugiere que la disminución en la concentración de arsénico no es lineal, sino que se desacelera al incrementarse la dosis de cloruro férrico. Esto podría indicar que, a bajas dosis, el sulfato de aluminio es más eficaz para remover el arsénico, pero a medida que se acrecienta la dosis, los incrementos en la remoción son cada vez menores.

d) La dosis y concentración óptima de coagulantes orgánicos en la remoción de cadmio de aguas del pabellón de ingenierías de la universidad.

Tabla 29

Resumen del modelo: dosis y concentración óptima de coagulantes orgánicos en la remoción de cadmio de aguas del pabellón de ingenierías

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
0,270	0,073	-0,236	0,000

La variable independiente es dosis de cloruro férrico (mg/l).

La Tabla 29 proporciona el valor de R es 0,270, indicando una correlación débil entre la dosis de cloruro férrico y la manifestación óptima de coagulantes. El R^2 de 0,073 sugiere que solo el 7,3% de la variabilidad en la manifestación óptima de coagulantes puede ser atribuida a la dosis de cloruro férrico. El R^2 ajustado es negativo (-0,236), esto evidencia que el modelo no es eficaz para la predicción la concentración óptima de coagulantes, en relación con la dosis de cloruro férrico y el margen de error de la estimación es 0,000, reflejando una falta de ajuste del modelo a los datos observados.

Tabla 30

ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	0,000	1	0,000	0,236	0,660
Residuo	0,000	3	0,000		
Total	0,000	4			

La variable independiente es Dosis de cloruro férrico (mg/l).

La Tabla 30 presenta la suma de cuadrados de la regresión es 0,000 con 1 grado de libertad, lo que indica la flexibilidad del modelo puede explicar es nula. La media cuadrática de la regresión también es 0,000 y el valor F es 0,236, con una significancia (p) de 0,660. Estos resultados sugieren que la dosis de cloruro férrico no tiene un efecto significativo sobre la concentración óptima de coagulantes, ya que el modelo no posee la capacidad de representar adecuadamente las variaciones presentes en los datos y el valor p es considerablemente superior al nivel de significancia habitual aceptado (0,05).

Tabla 31

Coefficientes de la ecuación de regresión logarítmica para el cadmio en función de la dosis de cloruro férrico

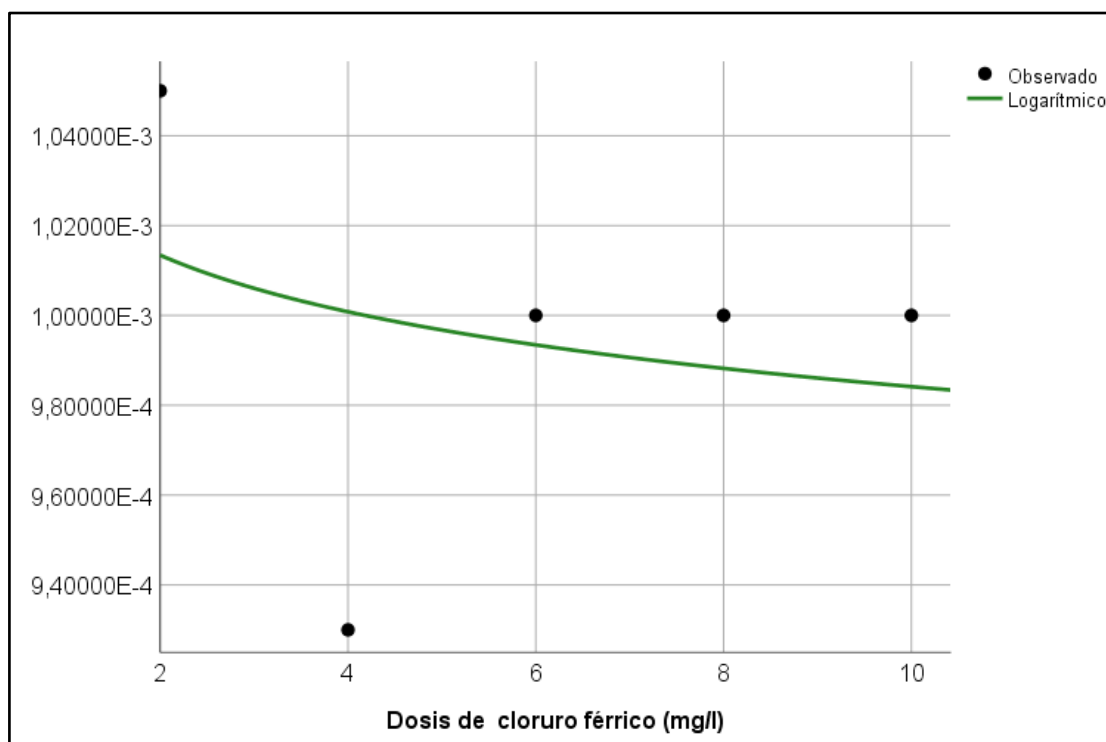
	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		
	B	Desv. Error	Beta	t	Sig.
ln(Dosis de cloruro férrico (mg/l))	-0,00002	0,000	-0,270	-0,486	0,660
(Constante)	0,001	0,000		15,706	0,001

La Tabla 31 presenta los coeficientes de la regresión logarítmica que examina la asociación entre la dosis de cloruro férrico y la concentración de cadmio. El coeficiente no estandarizado para ln(Dosis de cloruro férrico) es -0,00002 con un error estándar de 0,000 y un coeficiente estandarizado Beta de -0,270. El valor t para este coeficiente es -0,486, con una significancia (p) de 0,660, lo que evidencia que la dosis de cloruro férrico no ejerce una influencia relevante sobre la concentración de cadmio, dado que el valor p supera el umbral de 0,05. Por otro lado, la constante tiene un valor de 0,001, con un error estándar de 0,000 y un valor t de 15,706, siendo altamente significativa (p = 0,001). A

pesar de la significancia de la constante, la falta de significancia del coeficiente para la dosis de cloruro férrico sugiere que el modelo no capta adecuadamente el impacto de la dosis de cloruro férrico sobre la concentración de cadmio

Figura 18

Relación entre el cadmio y la dosis de cloruro férrico



La figura 18 el modelo logarítmico sugiere que la disminución en la concentración de arsénico no es lineal, sino que se desacelera a medida que se adicione la dosis de cloruro férrico. Esto podría indicar que, a bajas dosis, el cloruro férrico es más efectivo para remover el arsénico, No obstante, a mayor dosis, los incrementos en la remoción son cada vez menores.



4.2. Discusiones

En su investigación Montesinos & Guevara (2019) a través de la evaluación de la fuente conocida como manantial, se detectó arsénico en concentraciones de hasta 0.053 mg/L. En el primer método, se utilizaron como agentes coagulantes cloruro férrico y sulfato de aluminio con dosis que variaron de 20 mg/L a 50 mg/L. obteniendo una eliminación de hasta el 99% con la adición de 50 mg/L de cloruro férrico., así también en nuestra investigación se empleó la cantidad administrada de sulfato de aluminio – 50mg/l removiendo en arsénico hasta un 94.66%, y en cloruro férrico 8 ml removiendo hasta un 99.06%.



CONCLUSIONES

- Primera:** Se llega a la conclusión que en las aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la facultad de ingenierías se ha encontrado niveles superiores a los límites permitidos para los metales pesados de As 0.1912 mg/l y Cadmio 0.01321 mg/l, la concentración de aluminio, mercurio y berilio son extremadamente bajas.
- Segunda:** Se concluye que en el pabellón de hidráulica de la facultad de ingenierías el porcentaje de eliminación de la dosis más efectiva de sulfato de aluminio es la TS4 – 50 mg/l dado donde se registra el mayor porcentaje de remoción.", un 94.66% de remoción de arsénico, un 23.62% de remoción de cadmio, con cloruro férrico es la TC4 – 8 ml dado que donde se registra el mayor porcentaje de remoción.", un 99.06% de remoción de arsénico, un 92.95% de remoción de cadmio.
- Tercera:** Como conclusión general podemos indicar que el coagulante inorgánico que remueve en mayor porcentaje es el cloruro férrico llegando a remover hasta un 99.06 % de arsénico y un 100 % de cadmio y haciendo que las aguas del pabellón hidráulica de la facultad de ingenierías de la UANCV sean aptas para el consumo humano en referencia a todos los metales pesados en estudio.



RECOMENDACIONES

- Primera:** Ya que estas aguas van destinadas al consumo humano de cierta manera se recomienda implementar el tratamiento a escala piloto mediante la coagulación y floculación para reducir los metales pesados.
- Segunda:** Para investigaciones futuras, se sugiere ampliar la caracterización de las aguas del pabellón de ingenierías como los parámetros microbiológicos para así conocer el estado actual de ellas.
- Tercera:** A los investigadores interesados en este tema se les recomienda utilizar coagulantes orgánicos e inorgánicos (mezcla de coagulantes) para ver los efectos en la depuración de elementos pesados.

BIBLIOGRAFÍA

- Castrillón Bedoya, D., & Giraldo, M. d. (2012). *Determinación de la optimización de las dosis del coagulante sulfato de aluminio granulado tipo b para la potabilización del agua, considerando los criterios de turbiedad y color en la planta de depuración de Villa Santana*. Universidad Tecnológica de Pereira. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11059/3146>
- Cely, N. J., Becerra, D., & Alonso, C. J. (2023). *Causas y repercusiones de la contaminación de aguas superficiales*. bogotá: ediciones jueva jurídica. Obtenido de <https://n9.cl/8h3qv>
- Chávez Villanueva, C., & Salazar Torres, E. J. (2019). *Eficiencia de la capacidad de sulfato de aluminio y polifloc para eliminar metales y depurar aguas depuradas de una mina en Cajamarca, 2019*. Cajamarca: Repositorio Universidad Peruana del Norte. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/23840>
- DIGESA. (2015). *Protocolo de procedimientos para la toma y preservación de muestras*. Dirección General de Salud Ambiental. <https://shre.ink/g695>
- González, O. (2018). ¿Cuál es la importancia del potasio en el organismo?
- Marruecos, L., Nogué, S., & Nolla, J. (s.f.). *Toxicología Clínica*. Barcelona.
- Martonell, J. (2010). *Biodisponibilidad de la disponibilidad de metales tóxicos para los organismos vivos en dos ecosistemas acuáticos de la costa Suratlántica andaluza impactados por la contaminación difusa*. Universidad de Cádiz.



- MINSA. (2011). *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. DS N° 031-2010-SA*. MINISTERIO DE SALUD, Lima. Obtenido de <https://shre.ink/g69o>
- Montesinos Paro, H., & Guevara Vera, P. (2019). *Comparación de la eficiencia de los métodos Raos y Coagulación-Floculación para eliminar As del agua de consumo humano en Calca, Cusco.*: Universidad Andina del Cusco. Obtenido de <https://shre.ink/g6ku>
- Nava-Ruíz, C., & Méndez-Armenta, M. (2011). *Efectos nocivos de los metales pesados en el sistema nervioso (cadmio, plomo, arsénico y talio*. Archivos de Neurociencias.
- Navinta, E. G., & Condori, W. (2016). *Evaluación físico-química de la concentración de los metales pesados Boro (B) y Manganeso (Mn) en la fuente de agua destinada al consumo humano en el centro poblado Mollendo, distrito de Islay, provincia de Arequipa.*: Universidad Nacional de San Agustín. Obtenido de <https://shre.ink/g6kh>
- Ortiz, L. C. (2019). *Prueba de Jarras*. Universidad Autónoma de Zacatecas. Obtenido de <https://shre.ink/g69b>
- Pary Hilari, A., & Mamani Parisuaña, M. W. (2018). *Remoción de arsénico (As) en aguas naturales por medio de procesos de oxidación y floculación, sedimentación y filtración*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://shre.ink/g6kG>



Quispe Coica, F. A. (2016). *Remoción de Arsénico del efluente minero de Poderosa en Marañón, usando cloruro férrico..* Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de <https://shre.ink/g6TJ>

Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Lagos, M. D., & Jimenez, E. (2016). *Contaminación por metales tóxicos: un riesgo para la salud, el medio ambiente y la seguridad alimentaria.* Ingeniería Investigación y Desarrollo, Colombia.

Rodier, J. (1981). *Medida de la dureza total del agua.* Barcelona: Omega.



ANEXOS



Anexo 1: Matriz de consistencia

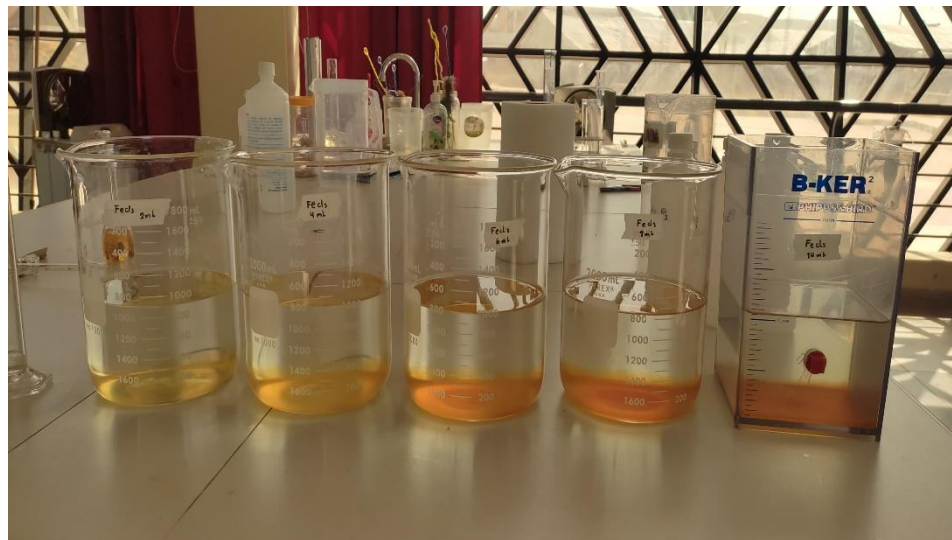
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN
<p>¿Qué coagulantes inorgánicos permitirán la remoción de metales pesados de aguas del pabellón de ingenierías de la universidad andina Néstor Cáceres Velásquez?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <p>¿Cuál será la concentración de metales pesados en el pabellón de ingenierías de la universidad andina Néstor Cáceres Velásquez?</p> <p>¿Cuál es la dosis que permitirá la mayor remoción de metales pesados de aguas del pabellón de ingenierías de la universidad andina Néstor Cáceres Velásquez?</p>	<p>Determinar los coagulantes inorgánicos que removerán los metales pesados de aguas del pabellón de ingenierías de la universidad andina Néstor Cáceres Velásquez</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>Determinar la concentración de metales pesados en aguas subterráneas del pabellón de ingenierías de la universidad andina Néstor Cáceres Velásquez.</p> <p>Hallar la dosis optima de remoción de metales pesados de aguas subterráneas del pabellón de ingenierías de la universidad andina Néstor Cáceres Velásquez</p>	<p>Que coagulantes inorgánicos removerán significativamente los metales pesados de aguas del pabellón de ingenierías de la universidad andina Néstor Cáceres Velásquez.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICA</p> <p>La concentración de metales pesados de aguas del pabellón de ingenierías de la universidad andina Néstor Cáceres Velásquez superan la normatividad</p> <p>la dosis optima de remoción de metales pesados de aguas del pabellón de ingenierías de la universidad andina Néstor Cáceres Velásquez permitirán una remoción significativa</p>	<p>Variable independiente</p> <p>Coagulantes inorgánicos (sulfato de aluminio y cloruro férrico)</p> <p>Variables dependientes.</p> <p>concentración de metales pesados</p>	<p>Tipo de investigación.</p> <p>El análisis de investigación es un tipo de investigación aplicada, porque nos dirige para así resolver la problemática de la vida continua</p> <p>Nivel de investigación</p> <p>El estudio tiene un nivel de tipo descriptivo correlacional</p> <p>Diseño de la investigación</p> <p>En esta investigación se aplica la base experimental y tiene como objetivo determinar la posible influencia de una variable</p> <p>Enfoque de la investigación</p> <p>La investigación utilizó un enfoque cuantitativo, enfocado en medir la concentración de metales pesados</p>

Anexo 2. Panel Fotográfico

Fotografía 1: Dosis de sulfato de aluminio para la prueba de jarras



Fotografía 2: Forma de aplicar la dosis de cloruro férrico en la prueba de jarras





Anexo 3. Resultados de laboratorio



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

RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LC 077 – 24

I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. **Solicitante** : Anghi Sujey Almanza Pilco
1.2. **Proyecto** : COAGULANTES INORGÁNICOS EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS DEL PABELLÓN DE INGENIERÍAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Producto** : Aguas
2.2. **Numero de muestras** : 01
2.3. **Muestreado por** : Anghi Sujey Almanza Pilco
2.4. **Fecha de ensayo** : 06/08/2024
2.5. **Departamento** : Puno
2.6. **Provincia** : San Román
2.7. **Distrito** : Juliaca
2.8. **Código, ubicación, fecha y hora de muestreo**

Código	Ubicación	Fecha de muestreo	Hora
M - I	E: 380204 N: 8282366	30/07/2024	11:00

III. RESULTADOS

Parámetro	Unidad	TS1	TS2	TS3	TS4	TS5
Aluminio	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Arsénico	mg/L	0.15201	0.11034	0.01003	0.00180	0.00182
Berilio	mg/L	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001
Cadmio	mg/L	0.00016	0.00023	0.00028	0.00021	0.00025
Mercurio	mg/L	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001

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, 12 de agosto del 2024

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

Página 3 de 3

RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LC 076 – 24

I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. **Solicitante** : Anghi Sujey Almanza Pilco
1.2. **Proyecto** : COAGULANTES INORGÁNICOS EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS DEL PABELLÓN DE INGENIERÍAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Producto** : Aguas
2.2. **Numero de muestras** : 01
2.3. **Muestreado por** : Anghi Sujey Almanza Pilco
2.4. **Fecha de ensayo** : 06/08/2024
2.5. **Departamento** : Puno
2.6. **Provincia** : San Román
2.7. **Distrito** : Juliaca
2.8. **Código, ubicación, fecha y hora de muestreo**

Código	Ubicación	Fecha de muestreo	Hora
M - I	E: 380204 N: 8282366	30/07/2024	11:00

III. RESULTADOS

Parámetro	Unidad	TS1	TS2	TS3	TS4	TS5
Aluminio	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Arsénico	mg/L	0.16901	0.14201	0.11502	0.01021	0.01022
Berilio	mg/L	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001
Cadmio	mg/L	0.00012	0.00015	0.00014	0.00011	0.00013
Mercurio	mg/L	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001

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, 12 de agosto del 2024

UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

Mgr. Ing. Milthon Quispe Huanca
CIP. 47790
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP

Página 2 de 3

RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LC 075 – 24

I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. **Solicitante** : Anghi Sujey Almanza Pilco
1.2. **Proyecto** : COAGULANTES INORGÁNICOS EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS DEL PABELLÓN DE INGENIERÍAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Producto** : Aguas
2.2. **Numero de muestras** : 01
2.3. **Muestreado por** : Anghi Sujey Almanza Pilco
2.4. **Fecha de ensayo** : 06/08/2024
2.5. **Departamento** : Puno
2.6. **Provincia** : San Román
2.7. **Distrito** : Juliaca
2.8. **Código, ubicación, fecha y hora de muestreo**

Código	Ubicación	Fecha de muestreo	Hora
M - I	E: 380239 N: 8282350	30/07/2024	11:00

III. RESULTADOS

Parámetro	Unidad	Resultado
Aluminio	mg/L	0.003
Arsénico	mg/L	0.19120
Berilio	mg/L	0.00003
Cadmio	mg/L	0.01321
Mercurio	mg/L	0.00001

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, 12 de agosto del 2024

UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

Mgr. Ing. Milthon Quispe Huanca
CIP. 47790
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP

Página 1 de 3



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 25 / 10 / 2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: ANGHI SUJEY ALMANZA PILCO

Dirección: JIRÓN LOS KOLLIS

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 73822176

Teléfono: 996582204 email: ALMANZAPILCOANGHYSUJEY@GMAIL.COM

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍA Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

Asesor: Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: COAGULANTES INORGÁNICOS EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS DEL PABELLÓN DE INGENIERÍAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

Palabras claves, (3 a 5 términos): PRUEBA DE JARRAS. CLORURO FÉRRICO, METAL PESADO

¿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.



2. Referencia de tesis:

- Bachiller Título 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)

- 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 comerciales 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.

- Sí autorizo
- No autorizo



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

Firma de Autor



huella digital

25 DE OCTUBRE DEL 2024

Fecha