

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Ambiental



TESIS

Remoción del cromo de un efluente de curtiembre mediante el aprovechamiento del aserrín, proveniente de especies maderables nativas, como biosorbente modificado

Para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental.

Elaborado por

Nadya Iraida Mejia Pascual

 [0009-0006-1259-5154](https://orcid.org/0009-0006-1259-5154)

Asesor

Msc. Liliana Del Rosario Marrufo Saldaña

 [0000-0002-5908-7847](https://orcid.org/0000-0002-5908-7847)

LIMA - PERÚ

2025

Citar/How to cite	Mejia Pascual [1]
Referencia/Reference	[1] N. Mejia Pascual, “ <i>Remoción del cromo de un efluente de curtiembre mediante el aprovechamiento del aserrín, proveniente de especies maderables nativas, como biosorbente modificado</i> ” [Tesis de pregrado]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2025.
Estilo/Style: IEEE (2020)	

Citar/How to cite	(Mejia, 2025)
Referencia/Reference	Mejia, N. (2025). <i>Remoción del cromo de un efluente de curtiembre mediante el aprovechamiento del aserrín, proveniente de especies maderables nativas, como biosorbente modificado</i> . [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

Dedicatoria

*A mis papas Walter y María, a mis hermanas Milka,
Joyce y Carmen, por siempre apoyarme y
acompañarme en cada paso. Gracias por siempre estar.*

Agradecimientos

A la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería, por formarme como profesional y darme las herramientas para poder desarrollarme con éxito en el ámbito laboral; además, me permitió conocer excelentes amigos, compañeros y profesores.

A la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería y al PhD. Jose Luis Solis Veliz, por su apoyo de análisis de laboratorio con los ensayos FTIR y DRX ejecutados en el Laboratorio de Investigación y Certificaciones de la facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería LABICER-UNI.

Al Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica del Cuero, Calzado e Industrias conexas (CITEccal Lima) por brindarme acceso a su laboratorio y a todos sus colaboradores por el apoyo brindado para realizar este proyecto, en especial a Robert, Henry, Alex y Misael, por ayudarme con sus aportes, consejos, iniciativas y amistad.

A mi asesora, MSc. Liliana Marrufo Saldaña, a quien agradezco enormemente por siempre estar dispuesta a seguir dándome la asesoría, incluso a pesar del tiempo; su amabilidad y la empatía siempre estuvo presente, además de tener una increíble experiencia científica y profesional. También un especial agradecimiento a Julio Barra, por siempre darme su apoyo, el tiempo de explicarme (su acompañamiento desde el plan hasta la culminación de la tesis) y darme soporte en el laboratorio.

Resumen

La alteración de los recursos hídricos por metales pesados, introducidos principalmente por recursos antropogénicos (como la planta de curtición), se ha considerado un problema ambiental grave en los últimos tiempos. Por lo tanto, el uso de metodologías tradicionales para la remoción de metales pesados tiene varios inconvenientes en términos de costo, toxicidad y eficiencia. La investigación fue de tipo aplicativo, a nivel explicativo y diseño experimental, en donde se investigó la intensidad de la bioadsorción del aserrín modificado (biosorbente), para eliminar el cromo de efluentes de curtiembre. El aserrín, fue modificado mediante un tratamiento básico con NaOH (0.1M). El potencial de bioadsorción fue estimado basado en la eficiencia de remoción del cromo (%RE) y en la capacidad de adsorción q_e ($\frac{mg}{g}$), a diferentes dosis de aserrín y concentración inicial de cromo en el efluente; esto considerando condiciones constantes de pH (3-4), temperatura (temp. ambiente), velocidad de agitación (250 RPM), tamaño del aserrín (2.5 a 5 mm) y tiempo (4 horas). Se usó Espectroscopía Infrarroja con Transformada de Fourier (FTIR) y Difractómetro de Rayos X (DRX) para caracterizar el aserrín antes y después de su modificación. Los modelos de isotermas de adsorción (Lagmuir y Freundlich) fueron también evaluados para analizar la interacción entre el aserrín modificado (biosorbente) y el cromo. Los resultados de %RE alcanzaron valores mayores a 90% y una q_e ($\frac{mg}{g}$) máxima de 5.04 mg/g. Así mismo, se demostró que la reducción del grado de cristalización (DRX) y la alteración de los grupos funcionales (FTIR) luego de la modificación del aserrín, favorecieron al aumento de su eficiencia de remoción de cromo. El modelo de Lagmuir con $R^2 = 0.9807$, se ajusta mejor al proceso de bioadsorción, esto indica que el biosorbente tiene un buen potencial de adsorción de cromo. Se concluye que el aserrín modificado es un buen biosorbente de iones de cromo por su alta afinidad y buen potencial de adsorción de iones cromo presente en efluentes de curtiembre.

Palabras clave: bioadsorción, aserrín modificado, efluentes de curtiembre, cromo (III), isotermas de adsorción.

Abstract

The contamination of water bodies by heavy metals, introduced by anthropogenic resources (like a tanning plant), has been considered a critical environmental problem in recent times. Therefore, conventional methods for the removal of heavy metals have several drawbacks in terms of efficiency, toxicity and cost. The research was of an applicative type, at an explanatory level and experimental design, where the bioadsorption intensity of chemically modified sawdust to remove chromium from tannery effluents. Sawdust was modified by basic treatment with NaOH (0.1M). The bioadsorption potential was estimated based on the chromium removal efficiency (%RE) and adsorption capacity q_e ($\frac{mg}{m}$), at different sawdust doses and initial chromium concentration in the effluent; at constant conditions of pH (3-4), temperature (room temperature), agitation speed (250 RPM), sawdust size (2.5 to 5 mm) and time (4 hours). Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) and X-ray Diffractometer (XRD) were used to characterize the sawdust before and after its modification. Adsorption isotherm models (Lagmuir and Freundlich) were also evaluated to predict the interaction between modified sawdust and chromium. The %RE achieved values above 90% and a maximum q_e ($\frac{mg}{g}$) of 5.04 mg/g. Also, it was demonstrated that the reduction of the degree of crystallization (DRX) and the alteration of the functional groups (FTIR) after sawdust modification favored the increase of its chromium removal efficiency. The Lagmuir model, with $R^2 = 0.9807$, best fits the biosorption process, indicating that the biosorbent has good chromium adsorption potential. It is concluded that modified sawdust is a good chromium ion biosorbent due to its high affinity and good adsorption potential for chromium ions present in tannery effluents.

Key words: bioadsorption, modified sawdust, tannery effluents, chromium (III), adsorption isotherms.

Tabla de Contenido

	Pág.
Resumen	v
Abstract	vi
Introducción.....	xiii
Capítulo I. Parte introductoria del trabajo.....	1
1.1. Generalidades.....	1
1.2. Descripción del problema.....	3
1.2.1.Problema principal.....	3
1.2.2.Problemas específicos	4
1.3. Objetivos del estudio.....	4
1.3.1.Objetivo general	4
1.3.2.Objetivos específicos	4
1.4. Hipótesis	4
1.4.1.Hipótesis general.....	4
1.4.2.Hipótesis específicas.....	5
1.5. Variables	5
1.5.1.Variable Independiente	5
1.5.2.Variable Dependiente.....	5
1.6. Justificación.....	6
1.6.1.Justificación práctica	6
1.6.2.Justificación Ambiental.....	6
1.6.3.Justificación Económica	6
1.6.4.Justificación Social	7
1.7. Antecedentes	7
1.7.1.Nacionales.....	7
1.7.2.Internacionales	9
Capítulo II. Marco teórico y conceptual	12
2.1. Remoción de cromo de un efluente de curtiembre	12
2.1.1.El cromo	12
2.1.2.Cromo Trivalente – Cr (III).....	13
2.1.3.Cromo hexavalente – Cr (VI).....	14
2.1.4.Cromo en efluentes de curtiembre	15
2.1.5.Efluentes de curtiembre	16

2.1.6.Toxicidad del cromo	17
2.1.7.Efectos del cromo en la salud	18
2.2. Proceso de bioadsorción.....	18
2.2.1.Fundamentos de la adsorción	19
2.2.2.Biosorbentes o bioadsorbente.....	20
2.2.3.Mecanismo de biosorción del cromo	20
2.2.4.Bioadsorción en sistemas tipo Batch	22
2.2.5.Técnicas de remoción de metales pesados	24
2.3. El aserrín.....	25
2.3.1.Composición del aserrín.....	25
2.3.2.Aserrín como biosorbente	29
2.3.3.Modificación química del aserrín	30
2.3.4.Mecanismo de biosorción de metales pesados	33
2.3.5.Factores que afectan la adsorción de metales con aserrín.....	34
2.3.6.Aserrín en el Perú	35
2.4. Proceso de curtiembre	36
2.4.1.Etapa de ribera	38
2.4.2.Etapa de curtido	39
2.4.3.Etapa de terminado	41
2.4.4.Interacción entre el cromo y el colágeno de la piel	42
2.4.5.Curtido al cromo	44
Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación	47
3.1. Diseño Metodológico.....	47
3.1.1.Tipo de investigación.....	47
3.1.2.Nivel de investigación.....	47
3.1.3.Enfoque de investigación	47
3.1.4.Diseño de investigación	47
3.2. Método de investigación	50
3.3. Población y muestra.....	50
3.4. Técnica de muestreo.....	50
3.5. Técnica e instrumentos de recolección de datos	50
3.6. Validez y confiabilidad.....	51
3.7. Aspectos éticos	51
3.8. Materiales y equipos	52
3.9. Procedimiento:	53
3.10. Etapa 1: obtención y caracterización del aserrín como biosorbente modificado ...	53

3.10.1.Obtención del aserrín	53
3.10.2.Modificación del aserrín con NaOH.....	55
3.10.3.Determinación de las características estructurales del aserrín	58
3.11. Etapa 2: experimentos de evaluación del proceso de bioadsorción	58
3.11.1.Ajuste del pH del efluente	58
3.11.2.Ensayo de biosorción	59
3.12. Etapa 3: modelos matemáticos del proceso de bioadsorción	61
3.12.1.Eficiencia de Remoción.....	61
3.12.2.Determinación de capacidad de adsorción	61
3.12.3.Modelo de isotermas de adsorción	62
3.13. Etapa 4: tratamiento de efluente real de curtiembre	64
Capítulo IV. Análisis y Discusión de resultados	66
4.1. Resultados de caracterización del aserrín	66
4.1.1.Espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier (FT-IR).....	66
4.1.2.Difracción de Rayos X (DRX).....	67
4.2. Determinación de las eficiencias de remoción.....	69
4.3. Determinación de la capacidad de adsorción	72
4.4. Isotermas de adsorción.....	74
4.4.1.Modelo de Isotherma en función a la dosis del aserrín	75
4.4.2.Modelo de Isotherma en función a la concentración del cromo en el efluente	79
4.4.3.Análisis de resultados del modelamiento	83
4.4.4.Comparación de resultados con otras investigaciones	84
4.5. Resultados tratamiento de efluente real	86
Conclusiones.....	89
Recomendaciones.....	91
Referencias bibliográficas	92
Anexos	98

Lista de tablas

Tabla 1: Resumen de los estados de oxidación, tipo y comportamiento del cromo.....	12
Tabla 2: Principales compuestos del cromo	13
Tabla 3: LMP para efluentes de las actividades de curtido	15
Tabla 4: Valores Máximos Admisibles (VMA).....	16
Tabla 5: Características de las técnicas de tratamientos de metales pesados en agua ...	25
Tabla 6: Elementos y composición química del aserrín	29
Tabla 7: Investigaciones del uso del aserrín como biosorbente de metales pesados.....	30
Tabla 8: Mecanismos de adsorción del cromo (III) usando aserrín.....	34
Tabla 9: Arreglo factorial en función a la Dosis de Aserrín.....	48
Tabla 10: Arreglo factorial en función a la Concentración de cromo en el efluente	49
Tabla 11: Tratamientos en función a la Dosis de Aserrín.....	63
Tabla 12: Tratamiento en función a la Concentración de cromo en el efluente	64
Tabla 13: Resultados de la concentración de cromo a diferente dosis del biosorbente....	69
Tabla 14: Resultados de la concentración de cromo a diferente concentración inicial	69
Tabla 15: Eficiencia de remoción del cromo a diferente dosis del biosorbente.....	70
Tabla 16: Eficiencia de remoción del cromo a diferente concentración inicial	71
Tabla 17: Capacidad de adsorción a diferentes dosis del aserrín.....	72
Tabla 18: Capacidad de adsorción a diferente concentración inicial.....	73
Tabla 19: Valores linealizados de C_e y q_e para el diseño del modelo Freundlich	76
Tabla 20: Cálculo de las constantes de la ecuación de Freundlich.....	77
Tabla 21: Valores linealizados de C_e y q_e para el diseño del modelo Lagmuir	78
Tabla 22: Cálculo de las constantes de la ecuación de Lagmuir.....	79
Tabla 23: Valores linealizados de C_e y q_e para el diseño del modelo Freundlich	80
Tabla 24: Cálculo de las constantes de la ecuación de Freundlich.....	81
Tabla 25: Valores linealizados de C_e y q_e para el diseño del modelo Lagmuir	81
Tabla 26: Cálculo de las constantes de la ecuación de Lagmuir.....	82
Tabla 27: Resultados del modelamiento de isothermas de adsorción	83
Tabla 28: Recopilación sobre el aserrín como bisorbente de cromo.....	85
Tabla 29: Resultado del Tratamiento de bioadsorción de efluente Real de curtiembre	88

Lista de figuras

Figura 1: Distribución a nivel nacional de empresas dedicadas a la actividad curtiembre ..2	
Figura 2. Diagrama de especiación de complejos de Cr (III)..... 14	14
Figura 3: Constitución de la corteza del árbol 26	26
Figura 4: Cadenas de celulosa rodeadas de hemicelulosa y lignina..... 27	27
Figura 5: Monómeros de lignina (p-hidroxifenil (H), guayacilo (G), and siringilo (S) 27	27
Figura 6: Estructura de la lignina del <i>Fagus sylvatica</i> 28	28
Figura 7: Mecanismo de modificación del aserrín con NaOH 32	32
Figura 8: Mecanismo de reacción de la lignocelulosa con el NaOH 33	33
Figura 9: Producción de madera aserrada por departamento (2022) 35	35
Figura 10: Principales especies de producción de madera aserrada (2022) 35	35
Figura 11: Diagrama de proceso de curtido 36	36
Figura 12: Estructuras de los ácidos aspártico..... 43	43
Figura 13. Interacción del cromo (III) en la formación de colágeno..... 43	43
Figura 14: Formas de entrecruzamiento del cromo con el colágeno..... 44	44
Figura 15: Ecuaciones químicas de los complejos del Cromo 44	44
Figura 16: Síntesis del sulfato de cromo 45	45
Figura 17: Tamizado del aserrín..... 54	54
Figura 18: Aserrín tamizado en un rango de 2.5 mm y 5mm 54	54
Figura 19: Lavado y secado del aserrín 55	55
Figura 20: Pesaje de NaOH / Tratamiento del aserrín en solución de NaOH (0.1M)..... 56	56
Figura 21: Aserrín modificado luego de 4h de tratamiento..... 56	56
Figura 22: Lavado y secado del aserrín modificado 57	57
Figura 23: Aserrín modificado secado a 50°C 57	57
Figura 24: Aserrín SIN modificar y MODIFICADO con NaOH (0.1M) 57	57
Figura 25: Ajuste de pH de muestras sintéticas de efluentes de cromo..... 58	58
Figura 26: Medición de pH del efluente sintético..... 59	59
Figura 27: Efluentes sintéticos con pH ajustado..... 59	59
Figura 28: Pesaje de la dosis de aserrín modificado..... 60	60
Figura 29: Bioadsorción de cromo con aserrín..... 60	60
Figura 30: Muestras de Efluentes tratados listos para envío a laboratorio..... 61	61
Figura 31: Efluente de Planta Piloto de curtiembre – Citeccal Lima..... 65	65
Figura 32: Bandas de FT-IR de aserrín modificado(AM) y sin modificar (ASM)..... 66	66
Figura 33: DRX del aserrín modificado (AM) y Sin Modificar (ASM) 68	68
Figura 34: Curva de %RE a diferente dosis del aserrín modificado 70	70
Figura 35: Curva de %RE a diferente concentración inicial de cromo en el efluente..... 71	71

Figura 36: Gráfica de capacidad de adsorción en función a la dosis del aserrín	73
Figura 37: Capacidad de adsorción en función a [Cro]	74
Figura 38: Isoterma de adsorción de cromo en función a la dosis del aserrín	75
Figura 39: Modelo linealizado de isoterma de Freunlich - Dosis de aserrín	77
Figura 40: Modelo linealizado de isoterma de Lagmuir - Dosis de aserrín.....	79
Figura 41: Isoterma de adsorción de cromo en función a [Cro].....	80
Figura 42: Isoterma de adsorción de Freunlich - en función a [Cr ₀]	81
Figura 43: Isoterma de adsorción de Lagmuir - en función a [Cr ₀]	82
Figura 44: Curva no lineal de isoterma de Lagmuir a diferente dosis de aserrín	84
Figura 45: Medición de pH de efluente real.....	86
Figura 46: Diagrama de Tratamiento de Efluente real de curtiembre.....	87
Figura 47: Tratamiento de efluente real.....	87
Figura 48: Filtrado del efluente real tratado con el bisorbente	88
Figura 49: Muestras de Efluente Real y efluente tratado	88

Introducción

En el proceso convencional de producción de cuero en el que se utilizan sales de cromo para convertir la piel en cuero, se generan grandes cantidades de efluentes líquidos con altas concentraciones de cromo que luego impactan en las redes de alcantarillado y cuerpos de agua receptores como ríos, lagos y lagunas.

Los tratamientos convencionales de remoción de cromo en efluentes de curtiembre son la precipitación y coagulación que usan reactivos químicos para tal fin; sin embargo, estos tratamientos generan, a su vez, otro problema mayor que es la generación de lodos, que vendrían a ser, finalmente, un residuo peligroso (Argun & Dursun, 2006).

Por otro lado, existen alternativas tecnológicas más económicas y eficaces como la bioadsorción, cuya finalidad es usar la materia biológica como adsorbente de los iones de cromo, esto puede darse por medio de un intercambio iónico, atracción, precipitación o complejación (Córdova & Medina, 2019).

El aserrín, producido en grandes cantidades en los aserraderos como residuos sólidos, ha demostrado ser muy prometedor para la eliminación de contaminantes de las aguas residuales (Cardenas & Ortega, 2015). No sólo es abundante, sino que también es en realidad un adsorbente eficiente y económico para muchos tipos de contaminantes y se encuentra disponible en grandes cantidades representando un problema en cuanto a su eliminación (Cardenas & Ortega, 2015).

Esta investigación propone una alternativa económica y ambientalmente sostenible mediante el uso de aserrín como biosorbente modificado.

El presente estudio abarca una parte introductoria, marco teórico y conceptual, desarrollo del trabajo de investigación, análisis y discusión de resultados, conclusiones y recomendaciones.

Capítulo I. Parte introductoria del trabajo

1.1. Generalidades

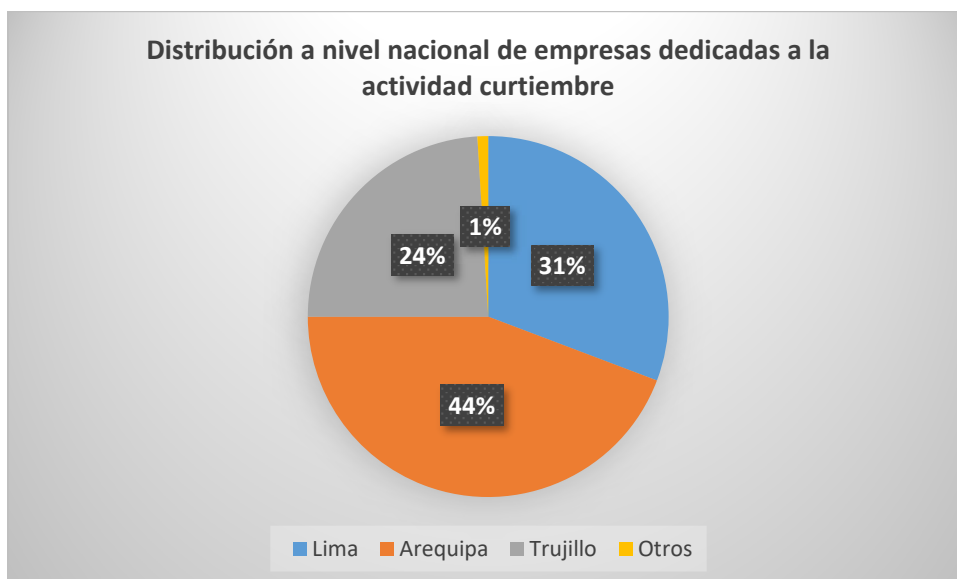
La producción de cuero pertenece a una industria que data de muchos años, incluso este proceso ha ido evolucionando en los últimos años. Los principales países productores de cuero son China, Vietnam e Italia, teniendo China el 29,8 % de las ventas de las exportaciones totales de productos de cuero en el mundo. Por su parte, Vietnam, el segundo gran exportador de productos de cuero, acumuló en 2022 el 13,7 % del valor de las ventas mundiales; mientras que Italia, en la tercera posición de este ranking, sumó el 12,9 % del total (Concejo Nacional del Cuero Frances - CNC, 2024).

En el caso de la industria del cuero en el Perú, esta se encuentra en estado crítico debido a la presencia de agentes internas y externas. El primer grupo, se caracteriza por la formación de pequeñas y microempresas, uso de tecnologías obsoletas, no existe una zonificación destinada para esta industria, incluso están ubicadas en zonas residenciales. Mientras que, en el segundo grupo, fuerza externa, la baja calidad del cuero que dificulta el cumplimiento de estándares internacionales para su exportación (Alvares, 2018)

Según la entrevista con el Ing. Abdón Senón Máximo Segundo Espada, Jefe de la Planta Piloto de Curtiembre del Citeccal – Lima - ITP; las empresas registradas para la actividad curtiembre a nivel nacional suman 104 aproximadamente. De las cuales el 47% corresponden a microempresas; 31% a pequeñas empresas; 16% a medianas empresas y finalmente, 6% corresponde a empresas grandes (Segundo E., 2024). Figura 1.

Figura 1

Distribución a nivel nacional de empresas dedicadas a la actividad curtiembre



Nota: Adaptado de entrevista (Segundo E., 2024)

A raíz de la pandemia ocurrida entre el 2020 y 2021, muchas de las curtiembres no tuvieron otra alternativa que cerrar o reducir su volumen de producción, por lo que la categorización fue reducida consecuentemente, cerca del 70% de empresas medianas pasaron de ser medianas empresas, a ser pequeñas o microempresas, inclusive ya no existe mayor diferencia entre una pequeña y microempresa, produciendo solamente de 100 a 200 unidades de cuero a la semana aproximadamente (Segundo E., 2024).

Es así como la industria de curtiembre, debido a la complejidad de sus procesos, llega a convertirse en una fuente de contaminación por su generación de aguas residuales que tiene grandes concentraciones sustancias tóxicas y materia orgánica; residuos sólidos (residuos de piel, virutas de rebajado, pelo y recortes, cuya disposición es cada vez más costosa) y emisiones a la atmósfera como COVs del acabado, sulfuro de hidrógeno (H₂S) de encalado y amoníaco (NH₃) de desenclado.

Debido a que en el proceso convencional de curtición se utilizan sales básicas de cromo, se generan cantidades de efluentes líquidos con alto contenido de este metal,

esto tiene gran impacto en las redes de alcantarillado y cuerpos de agua que reciben estos efluentes con alta carga de cromo. En la actualidad, el uso de sales de cromo en el proceso de curtición cubre el 80% de la industria y solamente el 20% usan agentes vegetales (Silva & Salinas, 2022) . Por lo tanto, el cromo representa una gran amenaza al ambiente y al hombre debido a sus efectos nocivos.

En un estudio preliminar realizado en el Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica del Cuero, Calzado e Industrias Conexas – CITEccal Lima, en el cual se evaluó la concentración de cromo en diferentes curtiembres de la ciudad, todas las empresas evaluadas sobrepasan 400 veces el VMA (10 mg/L) de concentración de cromo total, con una concentración promedio de cromo 1822 mg/L (CITEccal - Lima, 2018).

En este contexto, es de vital importancia la remoción del cromo presente en los efluentes de curtiembre mediante el aprovechamiento del aserrín como biosorbente modificado que pueda evitar que los efluentes con altas concentraciones de cromo sean vertidos a los ríos y mares.

1.2. Descripción del problema

1.2.1. Problema principal

¿Cuál es el efecto de la remoción del cromo de un efluente de curtiembre mediante el aprovechamiento del aserrín, proveniente de especies maderables nativas, como biosorbente modificado?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las características estructurales de las muestras del biosorbente antes y después de su modificación con NaOH para el uso en la remoción de cromo en el efluente de curtiembre?
- ¿Cuál es la capacidad de adsorción del biosorbente a base de aserrín modificado para remover cromo presente en un efluente de curtiembre?
- ¿Cuál es el tipo de interacción entre la biosorbente a base de aserrín modificado y el cromo de un efluente de curtiembre durante el proceso de bioadsorción?

1.3. Objetivos del estudio

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la remoción del cromo de un efluente de curtiembre mediante el aprovechamiento del aserrín como biosorbente modificado.

1.3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar estructuralmente el aserrín antes y después de su modificación con NaOH para el uso en la remoción de cromo en el efluente de curtiembre.
- Determinar la capacidad de adsorción del biosorbente a base de aserrín modificado para remover cromo de un efluente de curtiembre.
- Determinar el tipo de interacción entre la biosorbente a base de aserrín modificado y el cromo de un efluente de curtiembre durante el proceso de bioadsorción.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

La remoción del cromo de un efluente de curtiembre será significativamente alta mediante el aprovechamiento del aserrín, proveniente de especies maderables nativas, como biosorbente modificado.

1.4.2. Hipótesis específicas

- Se observará una reducción del grado de cristalización y alteración de los grupos funcionales luego de la modificación del aserrín con NaOH para el uso en la remoción de cromo en el efluente de curtiembre.
- El biosorbente a base de aserrín modificado tendrá una alta capacidad adsorción para remover cromo de un efluente de curtiembre.
- La interacción entre la biosorbente a base de aserrín modificado y el cromo de un efluente de curtiembre durante el proceso de bioadsorción tendrán una alta afinidad isotérmica.

1.5. Variables

1.5.1. Variable Independiente

- Aserrín como biosorbente modificado

Dimensiones	Indicador
• Caracterización	<ul style="list-style-type: none">• Análisis de deformación de curvas con la Difracción de Rayos X (DRX).• Análisis de deformación de curvas con Espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier (FT-IR).
• Dosis	<ul style="list-style-type: none">• Dosis del biosorbente (g/L): 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 g/L.
• Condiciones de operación	Condiciones constantes: Velocidad de agitación: 250 RPM Tiempo: 4h Tamaño de aserrín: de 2.5 a 5 mm Temperatura: T° ambiente pH: 3-4

1.5.2. Variable Dependiente

- Remoción de cromo de un efluente de curtiembre.

Dimensión	Indicador
• Remoción	<ul style="list-style-type: none">• Concentración inicial y final: mg/L• Porcentaje de remoción de cromo: %

1.6. Justificación

1.6.1. Justificación práctica

Con la presente investigación se podrá aplicar en efluentes con presencia de cromo y cuya finalidad es reducir su concentración mediante el uso de aserrín como biosorbente modificado, ya que la presente investigación es de tipo aplicativo debido a que tiene como finalidad resolver un problema práctico relacionado con la descontaminación de efluentes de curtiembre empleando un recurso residual (aserrín) como material biosorbente.

1.6.2. Justificación Ambiental

Con la remoción del cromo del efluente de curtiembre mediante el uso del aserrín como biosorbente modificado, se logrará aportar una alternativa de biosorbente de fácil acceso, pero poco explorados, para el tratamiento de efluentes de curtiembre y la disminución de la carga contaminante con metales pesados, especialmente el cromo.

Así mismo, los residuos forestales como el aserrín son recursos no aprovechados íntegramente y muchas veces presentan serios problemas de disposición, es así como en los últimos años se ha probado su uso efectivo para la remoción de metales pesados presentes en medios acuosos. Entonces, el uso del aserrín para la remoción del cromo presente en efluentes de curtiembre será una alternativa de solución a esta problemática (M. Argun & Dursun, 2006) .

Por lo antes mencionado, se propone evaluar el residuo que se genera en los aserraderos como un potencial descontaminante de metales en los efluentes de curtiembre, toda vez que no se ha encontrado en la literatura evidencia de su aplicación como biosorbente modificado del cromo en efluentes de curtiembre.

1.6.3. Justificación Económica

Muchas tecnologías y alternativas se han propuesto e implementado para incrementar la remoción de metales pesados de las aguas residuales industriales

(método de precipitación, carbón activado, intercambio iónico, etc). Sin embargo, algunas de las desventajas asociadas a estos métodos han sido los costos elevados, superando incluso los US\$195.30/kg de reactivos (Argun & Dursun, 2006). Es así, que se acude a tecnologías económicas y eficaces como la biosorción con la finalidad de reducir costos sin sacrificar eficiencias de remoción; incluso si este biosorbente es tratado previamente resulta menos costoso que los métodos convencionales. En el caso específico del aserrín, para su adquisición, transporte y modificación con NaOH resultado un costo de 5 PEN/kg.

1.6.4. Justificación Social

Así mismo, en el marco del desarrollo sostenible, el presente trabajo de investigación contribuirá con los objetivos N°17: “Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles” y N°6: “Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos” (ONU - Naciones Unidas, 2015) mediante el reaprovechamiento del aserrín -subproducto de la industria maderera como biosorbente del cromo presente en los efluentes de curtiembre.

1.7. Antecedentes

Existen diferentes investigaciones, que dan cuenta de la efectividad del aprovechamiento de materiales biológicos como biosorbentes para la remoción de cromo presente en soluciones acuosas. En el caso específico de la remoción de cromo presente en efluentes de curtiembres, se analizaron diversos biosorbentes; sin embargo, aún no se ha investigado la capacidad de adsorción del aserrín como un potencial biosorbente de cromo de efluentes de curtiembre.

1.7.1. Nacionales

Rosas Quina (2019) desarrolló la tesis de grado “**Caracterización y remoción de Cr(III) de aguas residuales de curtiembres del parque industrial de Rio Seco**

utilizando hueso de olivo (*Olea europea*) procesado como biosorbente” en la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa; en la cual se analizó la viabilidad del uso de hueso de olivo procesado, sometido a un pretratamiento básico, como removedor de iones de cromo trivalente. En un pH 4 regulado con solución buffer, se estudió el efecto de la concentración del biosorbente -10 y 20 g/L-, el tamaño de partícula del biosorbente - 250 y 296 μm - y el tipo de solución (sintética y real). Según los resultados obtenidos, con un tamaño de partícula de 250 μm y una concentración de biosorbente de 20 g/L, se alcanzó una remoción máxima del 67,84% de Cr(III) en una solución sintética. Para la solución real (efluente), la remoción máxima fue del 66,82% para Cr(III) bajo las mismas condiciones de concentración y tamaño de partícula que en la muestra sintética. Además, se logró la remoción total del Cr(VI) presente, destacando que el tamaño de partícula fue la variable con mayor significancia. (Rosas, 2019)

Lagos Araujo (2016) desarrolló la tesis de grado **“Bioadsorción de cromo con borra de café en efluentes de una industria curtiembre local”** donde realizó pretratamiento básico a la borra de café y pruebas de adsorción a distintas concentraciones de pH y tiempo de contacto. Se encontró que a pH 5 y tres horas de adsorción se obtiene un coeficiente de adsorción, de $9,19 \pm 0,43$ mg/g. En cuanto al pretratamiento de la borra de café, se determinó que el tamaño de grano no afecta considerablemente la capacidad de adsorción y que basta el tratamiento con solución básica y bajo agitación para obtener un máximo coeficiente de adsorción de $8,51 \pm 0,11$ mg/g. Se tomaron muestra de efluente de una empresa de curtiembre local obteniéndose 2462 ppm de cromo total promedio. Bajo las condiciones establecidas previamente se obtuvo una concentración final de Cr total de 158 ppm, es decir, una remoción de 94,1%. (Lagos, 2016)

Cárdenas y Ortega (2015) desarrollaron la tesis de grado **“Modelamiento y simulación de una columna de adsorción de lecho fijo para la remoción de Cr(VI) de soluciones acuosas utilizando aserrín como adsorbente”** donde investigaron la

dinámica de adsorción de Cr(VI) de soluciones acuosas en columna de lecho fijo utilizando aserrín y carbón activo de aserrín como adsorbente con la finalidad de evaluar la eficiencia máxima de remoción. Como resultado final se obtuvo una eficiencia de remoción de 95% de Cr(VI), utilizando 16,16 g de carbón activo de aserrín cuyo tamaño de partícula osciló entre 0,42 a 0,177 mm, concentración inicial de 10 mg/L de Cr(VI), con un flujo de la solución de 20 ml/min, temperatura de adsorción de 60 °C y finalmente la saturación de la columna de adsorción a los 176 minutos. (Cárdenas & Ortega, 2015)

1.7.2. Internacionales

Mzinyane et al. (2023) desarrollaron el artículo denominado “**Adsorption of Hexavalent Chromium Ions Using Pine Sawdust Cellulose Fibres**” en la Universidad Tecnológica de Vaal: VUT, Sudáfrica. Este estudio exploró una forma asequible de modificar el aserrín de pino para tratar aguas residuales con cromo, con resultados satisfactorios. La superficie del biosorbente se mejoró mediante etapas de pretratamiento, que incluyen tratamiento con NaOH, blanqueo e hidrólisis ácida para la extracción de fibra de celulosa. Se utilizaron SEM-EDS, FTIR y XRD para estudiar la composición química y la morfología. Las mediciones de DRX también revelaron un aumento en el tamaño de los cristallitos. Los resultados de FTIR revelaron cambios en las bandas (-OH), (-C-H) y (-COOH), lo que sugiere su participación en la adsorción de iones Cr(VI). Los parámetros de adsorción de iones Cr(VI) se investigaron mediante estudios de masa, pH, tiempo de agitación y temperatura. Las condiciones óptimas de adsorción de Cr (VI) fueron 2,0 g de masa, pH 6, 90 min de agitación, concentración de 100 mg/L y temperatura de 156°C. La adsorción de iones Cr (VI) se ajustó mejor al modelo de isoterma de Langmuir ($R^2 = 0,9991$, $kL = 0,09$).

Afzaal et al. (2022) desarrollaron el artículo denominado “**Removal of Cr (III) from wastewater by using raw and chemically modified sawdust and corn husk**” en The University of Lahore, Lahore, Pakistan; en donde emplearon aserrín (SD) y cáscara de maíz (CH) como biosorbentes modificados para la remoción de cromo (III) en soluciones

acuosas. Tanto el aserrín y la cáscara de maíz fueron previamente modificados con hidróxido de Sodio NaOH, los cuales fueron caracterizados mediante ensayos FTIR y SEM. Los resultados demostraron que hubo un alta de remoción de Cr (III) de 95.53 ± 0.18 (%) y 92.43 ± 0.22 (%) usando aserrín pretratado con NaOH y cáscara de maíz con NaOH respectivamente. Por el contrario, se encontró una baja remoción de Cr (III) usando solamente aserrín y cáscara de maíz sin previo tratamiento, siendo estos 23.68 ± 1.52 (%) y 35.52 ± 4.74 (%) respectivamente. (Afzaal et al., 2022)

Politi y Sidiras (2012) desarrollaron el artículo de investigación titulado **“Wastewater treatment for dyes and heavy metals using modified pine sawdust as adsorbent”** en la Universidad de Piraeus (Grecia), donde evaluaron la viabilidad de eliminar Cr(VI) y el azul de metileno, tomados como especies representativas de metales pesados y tintes, respectivamente, de soluciones acuosas, utilizando subproductos industriales, específicamente aserrín de pino, que abunda en Grecia. El material se probó sin tratamiento y con tratamiento de hidrólisis ácida en condiciones suaves. Se llevaron a cabo experimentos de adsorción para investigar los efectos del pH, dosis del adsorbente, el tiempo de contacto y la concentración inicial del adsorbente, en el proceso de adsorción. De acuerdo con los resultados obtenidos, el tratamiento con ácido del aserrín de pino mejora considerablemente sus propiedades de adsorción. (Politi & Sidiras, 2012)

Rafatullah, Sulaiman y Ahmad (2009) desarrollaron el artículo de investigación titulado **“Adsorption of copper (II), chromium (III), nickel (II) and lead (II) ions from aqueous solutions by meranti sawdust”** en la Universiti Sains Malaysia (Malasia). En este estudio, propusieron el uso de aserrín de meranti para la remoción de iones Cu(II), Cr(III), Ni(II) y Pb(II) de soluciones acuosas sintéticas. Los experimentos de adsorción en lote demostraron que el aserrín de meranti es eficaz para adsorber estos iones metálicos dentro de un rango de concentración de 1 a 200 mg/L, con una adsorción máxima a pH 6. Se investigaron los efectos de la dosis de adsorbente, la concentración inicial de iones metálicos, el tiempo de contacto y la temperatura. Los resultados mostraron eficiencias

de remoción del 89% para Cu(II), 94% para Cr(III), 97% para Ni(II) y 96% para Pb(II). Estos hallazgos indican que el aserrín de meranti es una opción rentable y eficiente para la eliminación de estos iones metálicos tóxicos de soluciones acuosas. (Rafatullah et al., 2009)

Capítulo II. Marco teórico y conceptual

2.1. Remoción de cromo de un efluente de curtiembre

La remoción de cromo de un efluente de curtiembre es la eliminación de cromo presente en un efluente líquido mediante el uso de diferentes mecanismos de remoción de metales. La remoción de metales pesados (como el cromo) pueden darse por distintos mecanismos de adsorción a la vez, como la adsorción física, intercambio iónico, complejación y microprecipitación. (Martín, 2008).

2.1.1. El cromo

El cromo es un metal pesado localizado en el grupo VI-B de la tabla periódica, en medio acuoso puede encontrarse en varios estados de oxidación desde 0 hasta 6+ (ver Tabla 1). Las formas más comunes son Cr (III) y Cr (VI) (ver Tabla 2).

Tabla 1

Resumen de los estados de oxidación, tipo y comportamiento del cromo

Valencia	Comportamiento en el ambiente	Observaciones
Cr(0)	Inestable	Puede ser encontrado principalmente en aleaciones, como acero inoxidable y objetos cromados.
Cr(I)	Inestable	-
Cr(II)	Fácilmente oxidable a Cr(III) pero estable solo en ausencia de oxido (Covington, 1997).	Activo bajo condiciones anaeróbicas
Cr(III)	Muy estable	Se requiere una cantidad considerable de energía para oxidarlo o reducirlo.
Cr(IV)	No existe en solución excepto en la formación de intermediarios durante reacciones redox.	Existe en forma de sólido ferromagnético ampliamente investigado.
Cr(V)	Intermediario inestable	Se observa durante la oxidación o la reducción
Cr(VI)	En condiciones ácidas demuestra alto potencial de oxidación, inestable en presencia de donadores de electrones.	Agente oxidante fuerte

Nota: (Mwinyihija, 2010)

Tabla 2*Principales compuestos del cromo*

Principales estados de Oxidación	Compuesto
Trivalente	Óxido crómico Sulfato Básico de Cromo Sulfato crómico
Hexavalente	<ul style="list-style-type: none">• Dicromato potásico• Cromato cálcico• Cromato de zinc• Trióxido de cromo• Dicromato sódico• Cromato de plomo

Nota: Adaptado de (Prado & Chavez, 2013)

2.1.2. Cromo Trivalente – Cr (III)

Para el elemento en general y para sus soluciones acuosas, éste es el estado de oxidación más estable e importante, debido a que forma un gran número de complejos relativamente inertes, propiedad que permite la separación como sólidos de los mismos (Huamaní, 2014).

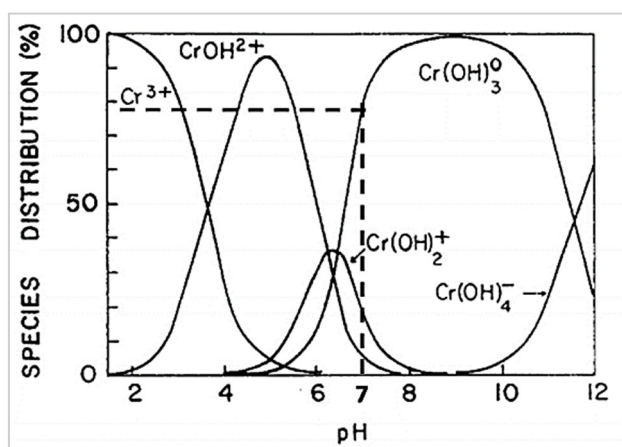
Los derivados de Cr (III) son compuestos que usualmente predominan en el ambiente porque son los derivados más estables del metal. El más importante de ellos es el óxido crómico, Cr_2O_3 , que es muy estable, resistente a los ácidos y de alto punto de fusión. Se emplea como pigmento de nombre "verde de cromo". Los derivados de cromo (III) pueden formar iones complejos, estables y coloridos (Prado & Chávez, 2013). El Cr(III) está presente por la erosión de rocas que contienen Cr, descargas industriales, industria del curtido de cuero, galvanoplastia, aleaciones y unidades de procesamiento (Afzaal et al., 2022).

El Cromo (III), tiene una gran tendencia a adsorberse en superficies, y como otros metales de la primera serie de transición, tiene gran afinidad por ligandos que contienen O-, N- y S, pudiendo así formar complejos orgánicos en los medios acuáticos (Pazos, 2007).

2.1.2.1. Presencia en medio acuoso según pH. En el agua, el pH es el factor principal para la solubilidad del Cr (III). A pH básico, el Cr (III) precipita y a pH ácido se solubiliza (Afzaal et al., 2022). Figura 2.

Figura 2

Diagrama de especiación de complejos de Cr (III)



Nota: Adaptado de (Nargis et al., 2021)

Según la Figura 2. Se puede observar lo siguiente:

- A pH = 2 la principal especie es Cr^{3+} ;
- A pH=4 las especies principales son Cr^{3+} y $Cr(OH)^{2+}$ en 40 y 60% aproximadamente;
- A pH= 6 se encuentran presentes las especies $Cr(OH)^{2+}$, $Cr(OH)_2^+$ $Cr_3(OH)_4^{5+}$
- A pH>6 se encuentra presente principalmente la especie $Cr(OH)_3$

2.1.3. Cromo hexavalente – Cr (VI)

El cromo hexavalente es un agente oxidante fuerte que muestra efectos negativos a la salud, lo cual la hace una especie peligrosa. Las especies principales de cromo hexavalente en medio acuoso son principalmente cinco: $H_2CrO_4/HCrO_4^-$; CrO_4^{2-} ; $HCr_2O_7^-/Cr_2O_7^{2-}$; su presencia depende del pH (Lagos, 2016).

2.1.4. Cromo en efluentes de curtiembre

2.1.4.1. Límites máximos permisibles para efluentes de curtiembre. El decreto supremo N° 010-2023-MINAM que aprueba los “Límites Máximos Permisibles para efluentes de las actividades de curtido y adobo de cuero, así como adobo y teñido de pieles”; son de obligatorio cumplimiento a las personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, de derecho público, privado o de capital mixto, que realicen actividades de curtido y adobo de cuero, así como adobo y teñido de pieles y que dispongan sus efluentes en cuerpos de agua marino costero o continentales superficiales (lóticos o lénticos), excepto los que vierten sus efluentes a la red de alcantarillado sanitario o para su reúso en el territorio nacional, de conformidad con la normativa vigente. (Aprueban Los Límites Máximos Permisibles Para Efluentes, 2023)

Tabla 3

LMP para efluentes de las actividades de curtido

Límite Máximo Permissible		
Parámetro ⁽¹⁾	Unidad de medida	Valor máximo
Potencial de hidrógeno (pH)	Unidades de pH*	6 - 9
Temperatura	°C	35
Sólidos suspendidos totales	mg/L	30
Aceites y grasas	mg/L	10
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/L	30
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	50
Cromo VI	mg/L	0,1
Nitrógeno amoniacal (N-NH ₃) ⁽²⁾	mg/L	10
Sulfuro	mg/L	0,5
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	1000
Cromo total	mg/L	0,5

(*) Para el pH se aplica el rango de valores

(1) Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones, magnitud o rango de indicadores que no deben ser excedidas en ningún momento.

(2) El parámetro Nitrógeno amoniacal (N-NH₃) también es denominado como Amoniaco-N (NH₃-N).

Nota: DS 010-2023-MINAM

2.1.4.2. Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario. El Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA es de obligatorio cumplimiento por parte de los Usuarios No Domésticos (UND) que efectúan descargas de aguas residuales no domésticas al sistema de alcantarillado sanitario bajo el ámbito de los prestadores de los servicios de saneamiento a nivel nacional. Asimismo, su cumplimiento es exigible por los prestadores de servicios de saneamiento. (Decreto Supremo Que Aprueba El Reglamento de Valores Máximos Admisibles (VMA) Para Las Descargas de Aguas Residuales No Domésticas En El Sistema de Alcantarillado Sanitario, 2019)

Tabla 4

Valores Máximos Admisibles (VMA)

Parámetro	VMA	
	Unidad de medida	Valor máximo
Potencial de hidrógeno (pH)	Unidades de pH*	6 - 9
Temperatura	°C	<35
Sólidos suspendidos totales	mg/L	500
Aceites y grasas	mg/L	100
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/L	500
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	1000
Cromo VI	mg/L	0,5
Nitrógeno amoniacal (N-NH ₃) ⁽⁴⁾	mg/L	80
Sulfuro	mg/L	5
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	-
Cromo total	mg/L	10

Nota: DS 010-2019-VIVIENDA

2.1.5. Efluentes de curtiembre

Como se pudo apreciar en cada uno de los procesos de curtiembre, éstas requieren de una gran variedad de insumos químicos, cuyo gran porcentaje no es aprovechado en la conversión de la piel en cuero, sino que forman parte del efluente de curtiembre, generando un gran impacto en el medio ambiente y la salud humana.

Ácidos, álcalis, sales de cromo, taninos, solventes, sulfuros, tintes, entre otros, son algunos de los compuestos que se usan en el proceso y no son totalmente aprovechados dejando gran cantidad de estos como desecho (Lagos, 2016).

Las aguas residuales de la etapa de ribera se caracterizan por un pH alcalino, mientras que el efluente de la etapa curtido al cromo se caracteriza por poseer un pH muy ácido y una DQO alta. Es importante tomar en cuenta que en el proceso de curtido con sales de cromo tan solo se aprovecha del 50 al 70% de cromo, por esta razón, los efluentes generados llegan a tener hasta 7000 mg/L (Lofrano et al., 2013), superando los LMP y VMA.

Así mismo, el volumen de agua que demanda dicho proceso es enorme, las descargas no son solo abrumadoras, sino que transportan una carga contaminante muy alta, que puede llegar a tener efectos nocivos para la salud y el ecosistema, pues en el caso del cromo es un metal pesado peligroso (Amaya et al., 2005).

2.1.6. Toxicidad del cromo

Como se explicó anteriormente, el efluente de las curtiembres trae consigo grandes concentraciones de cromo (III) (hasta 7000 mg/L) que evidentemente superan estrepitosamente los LMP y VMA para efluentes de curtiembre.

Si bien es cierto, se espera tener solamente la presencia del cromo (III) en el efluente de las curtiembres, ésta puede oxidarse a cromo (VI), teniendo como resultados la presencia simultánea de cromo (III) y cromo (VI) en el efluente (Mwinyikione, 2010).

La oxidación del cromo (III) a cromo (VI) convierte al efluente de curtiembre en una gran amenaza al ambiente y al hombre debido a sus efectos nocivos. Los efectos de ingesta de altas concentraciones de cromo en las personas se manifiestan en lesiones renales, gastrointestinales, del hígado, del riñón, de la glándula tiroides y la médula ósea, y la velocidad corporal de eliminación es muy lenta (Chávez, 2010). También se bioacumula y se biotransforma en el organismo, de tal manera que, la forma trivalente del

romo, a nivel intracelular, puede alterar la replicación y transcripción del ADN causando efectos mutagénicos. Además, el cromo (III) también puede reaccionar con grupos carboxilos y sulfhidrilos de las enzimas causando una alteración tanto en la estructura como en la actividad enzimática (Rosas, 2019).

Se sabe que el Cr (III) es 300 veces menos tóxico que el Cr (VI), sin embargo, el ion trivalente es capaz de causar más daño a la membrana eritrocitaria (Lagos, 2016).

2.1.7. Efectos del cromo en la salud

- a. En la piel y mucosas: El Cr (VI) ejerce una acción corrosiva sobre la piel, y pueden provocar quemaduras al entrar en contacto con la piel. Estas quemaduras pueden facilitar la absorción del compuesto y provocar toxicidad sistémica (U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES - Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2012).
- b. En el sistema respiratorio: La inhalación de Cr (VI) se asocia con un mayor riesgo de cáncer de pulmón, según numerosas observaciones en estudios de epidemiología ocupacional. Entre las personas con mayor riesgo de cáncer de pulmón, también se han informado irritación y perforación nasal (Shin et al., 2023).
- c. En el tracto intestinal: Si bien es cierto que el cromo un carcinógeno bien conocido en el tracto respiratorio y puede causar cáncer de pulmón en trabajadores ocupacionales; la evidencia en humanos sobre la toxicidad del cromo ingerido por vía oral está limitado. Sin embargo, en una reciente investigación, se demostró que existe un mayor riesgo de cáncer en una población china expuesta al Cr(VI) en el agua potable que consumen (Shin et al., 2023).

2.2. Proceso de bioadsorción

La Biosorción: En términos simples, la biosorción es la adsorción de una materia (generalmente en fase líquida) teniendo como adsorbente a una materia biológica. Todo

el proceso se da por la afinidad de la materia biológica (sorbente) y las especies del sorbato, mediante diferentes mecanismos, hasta alcanzar el equilibrio (Cañizares, 2000).

Así mismo, la biosorción es un fenómeno de captación pasiva de iones metálicos, basado en la propiedad que ciertos tipos de biomasas inactivas o muertas poseen para enlazar y acumular este tipo de contaminantes por diferentes mecanismos (adsorción física, complejación, intercambio iónico, etc.) (Martín, 2008). Esto quiere decir que el metal pesado se adhiere a la parte externa del material biológico (Córdova & Medina, 2019).

Cabe mencionar que el término biosorción o también denominado bioadsorción se diferencia del término bioacumulación, ya que este último interviene un organismo vivo (Córdova & Medina, 2019).

2.2.1. Fundamentos de la adsorción

El proceso de la adsorción consiste en la transferencia de sustancias entre dos fases (fase sólida y fase fluida), permitiendo de esta manera separar compuestos de la fase fluida. La sustancia que es adsorbida se denomina adsorbato y la sustancia o material que realiza la sorción se denomina adsorbente (Cardenas & Ortega, 2015).

2.2.1.1. Tipos de adsorción. Los tipos de adsorción se pueden clasificar de varias maneras, una de ellas es por la naturaleza de las fuerzas de atracción entre el adsorbato y el adsorbente (Lagos, 2016):

- a. Fisorción: La fisorción es cuando el adsorbato se adhiere a la superficie a través de interacciones intermoleculares débiles de van der Waals.
- b. Quimisorción: La adsorción ocurre cuando una molécula se adhiere a la superficie a través de la formación de enlaces químicos.

2.2.2. Biosorbentes o bioadsorbente

Son aquellos materiales que provienen de fuentes vegetales (biomasa) que poseen cadenas largas de hidrocarburos - polímeros naturales - de gran importancia las cuales les atribuyen la característica adsorbente, estos son celulosa, hemicelulosa y lignina. Los grupos funcionales como hidroxilo, carboxilo, fosfato, grupos amino y tiol presentes en la biomasa juegan un papel fundamental en su rol como adsorbente. Estos cambian su ion hidronio por el ion metálico o cediendo el par de electrones no enlazantes para la formación de complejos metálicos (Lagos, 2016).

Por otro lado, es necesario considerar que la biosorción también depende de otros factores como número de sitios activos, accesibilidad de sitios, química del estado de los sitios activos y la afinidad entre los sitios y los iones metálicos (Miretzky & Cirelli, 2010).

2.2.3. Mecanismo de biosorción del cromo

En muchos casos es difícil explicar los mecanismos que tienen lugar en un proceso de biosorción establecido ya que se considera que en el proceso de biosorción de metales pesados pueden aparecer distintos mecanismos de adsorción a la vez, como la adsorción física, intercambio iónico, complejación y microprecipitación (Martín, 2008).

A continuación, se realiza una descripción de los mecanismos de biosorción (Rosas, 2019):

- *Adsorción física.* Este tipo de mecanismo incluye a fenómenos relacionados con la presencia de las fuerzas de Van der Waals, es rápida y reversible, ya que las fuerzas de atracción son relativamente débiles.
- *Intercambio iónico.* Mecanismo propio de iones metálicos divalentes que interactúan y se intercambian con iones propios de los polisacáridos presentes en la biomasa. Al igual que la adsorción física, es un mecanismo rápido y reversible.
- *Complejación o quelación.* Este tipo de mecanismo involucra la formación de complejos entre los iones metálicos y la pared celular, debido a la interacción del

metal con los centros activos presentes en la pared celular, mediante enlaces simples o quelación.

- *Microprecipitación.* Este mecanismo tiene lugar cuando tras la formación de un complejo en la pared celular, la solubilidad del metal alcanza su límite, debido a desviaciones locales, como el pH, originando la hidrólisis y precipitación del metal.

2.2.3.1. Adsorción del cromo (III). La adsorción del cromo (III) a través de residuos lignocelulíticos (como el aserrín) es casi insignificante a $\text{pH} < 2.0$, y por encima de este valor, la adsorción se incrementa hasta llegar a un $\text{pH} \sim 5.0$. Este comportamiento puede explicarse por el cambio en el estado iónico de los grupos funcionales ácidos del biomaterial, principalmente los grupos carboxilo (Miretzky & Cirelli, 2010).

Este comportamiento puede ser explicado de la siguiente manera:

A condiciones $\text{pH} > \text{pK}$ ($\text{pK} \sim 3.5$): Los grupos funcionales (principalmente grupos carboxilos) de la biomasa adquieren una carga negativa, y el ion Cr^{3+} (especie principal a pH bajo) puede unirse a grupos cargados negativamente por atracción electrostática (Miretzky & Cirelli, 2010).

A condiciones ácidas $\text{pH} < \text{pK}$: Hay una gran cantidad de iones H^+ compitiendo con el Cr^{3+} por los sitios activos, además bajo estas condiciones de pH los grupos funcionales (principalmente grupos carboxilos) de la biomasa son protonados, es decir adquieren una carga positiva, impidiendo así la atracción electrostática entre el Cr^{3+} y los grupos funcionales protonados (Miretzky & Cirelli, 2010).

Además, las especies de iones crómicos, en solución ácida, existen como especies hidratadas con alta voluminosidad ($\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$), siendo este ión demasiado grande para entrar en el sistema microporoso del adsorbente. Un aumento en el pH da como resultado una disminución de la concentración de Cr^{3+} y otras especies se vuelven

importantes como CrOH^{2+} , también atraídas por grupos funcionales cargados negativamente (Miretzky & Cirelli, 2010).

En decir, el pH de una solución acuosa influencia en la disociación de grupos funcionales activos en el bioadsorbente (-OH, -COOH, -NH₂). A bajos valores de pH, los grupos funcionales superficiales de los materiales lignocelulósicos son protonados y restringen acercamiento de especies catiónicas como resultados de la repulsión. A medida que el pH aumenta, el grado de protonación decrece y los grupos funcionales se cargan negativamente ($\text{pH} > \text{pKa}$) (Mohan & Pittman, 2006)

2.2.3.2. Adsorción del cromo total. Debido al hecho de que la eficiencia de remoción del cromo (VI) crece con el decrecimiento del pH, y que la eficiencia de remoción del cromo (III) crece con el crecimiento del pH, la eficiencia de remoción del cromo total es máxima a pH 4-5, dependiendo el tiempo de contacto (Miretzky & Cirelli, 2010).

Es importante tomar en cuenta que la concentración del cromo total en efluentes de curtiembre es debido a la existencia mayoritaria de cromo (III), a pesar de que el cromo (III) puede oxidarse y generar la aparición (en concentraciones pequeñas) de cromo (VI).

2.2.4. Bioadsorción en sistemas tipo Batch

La biosorción del metal presente en una solución se da a través de un sistema que los mantiene suspendidos en la solución mediante agitación en un grado tal que asegure la homogeneidad y la buena transferencia de materia entre las fases sólida y líquida. Las dimensiones del tanque/jarra/recipiente, tiempo y velocidad de agitación son claves en este tipo de sistema. Luego de la biosorción del metal, se requiere de otros procesos alternos como son la centrifugación o filtración (Córdova & Medina, 2019).

2.2.4.1. Isotermas de adsorción. La isoterma de adsorción es aplicada para evaluar la relación del adsorbato en el adsorbente (q_e) y la cantidad de adsorbato remanente en una solución (C_e), ambas fases en equilibrio dinámico a determinada temperatura. Lo antes mencionado es importante debido a que permite obtener la máxima capacidad de adsorción bajo diferentes condiciones experimentales, además de conocer los mecanismos de interacción que ocurre entre el adsorbato y el adsorbente (Bonilla-Petriciolet et al., 2017).

Clasificación de isotermas de adsorción. La clasificación de la fase líquida – sólida de la isoterma de adsorción describe un sistema e indica cómo por su forma puede ser usado para identificar el mecanismo de adsorción. Estas solo difieren en cómo tratan la dependencia de la superficie del adsorbente frente a la entalpía de adsorción:

- **Curva S:** Llamada también isoterma vertical, esto se da cuando tres condiciones se cumplen: a) la molécula del soluto es monofuncional; b) hay una moderada interacción intermolecular; c) hay una alta competición por los sitios del sustrato, entre las moléculas del solvente u otra especie absorbida. (Bonilla-Petriciolet et al., 2017).
- **Curva L: Llamada isoterma de Lagmuir:** Es una de las más usadas para la evaluación de la capacidad de adsorción de un adsorbente, asume un proceso de adsorción en determinados sitios de la superficie de adsorbente únicamente usando la misma energía de adsorción en todos los sitios. Este mecanismo requiere tres supuestos: A) El adsorbato es fuertemente atraído por la superficie del adsorbente. B) La superficie tiene un número determinado de sitios donde las moléculas del adsorbato pueden ser adsorbidas. C) La adsorción involucra la unión de una sola capa de moléculas a la superficie (adsorción de monocapa). Se define por la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_m} + \frac{1}{K_L q_m C_e}$$

Donde q_e es la capacidad de adsorción del biosorbente (mg/g), C_e es la concentración de soluto en equilibrio (mg/L), q_m (mg/L) y K_L (L/mg) son los

parámetros de Langmuir relacionados a la máxima capacidad de adsorción y la energía de enlace de la adsorción.

- **Curva de Freundlich:** Llamada curva de alta afinidad isotérmica, en donde asume que la adsorción ocurre en una superficie heterogénea, y la cantidad que es absorbida incrementa infinitamente con un incremento en la concentración. Se define por la siguiente ecuación:

$$q_e = k_f C_e^{1/n}$$

y Su forma linealizada es la siguiente:

$$\log q_e = \log k_f + \frac{1}{n} \log C_e$$

Donde k_f ($\text{mg}^{1-1/n} \cdot \text{L}^{1/n} \cdot \text{g}^{-1}$) es la constante de capacidad de adsorción y n es la constante de intensidad de adsorción y q_e es la capacidad de adsorción del biosorbente (mg/g).

2.2.5. Técnicas de remoción de metales pesados

Los métodos más ampliamente usados para la remoción de metales pesados en el agua son el método de precipitación y coagulación. Los metales pesados, por ejemplo, pueden ser precipitados como hidróxidos insolubles a un pH alto, o a veces como sulfuros. Un principal problema con este tipo de tratamientos es la disposición de los precipitados, que vendrían a ser finalmente residuos. Otro punto débil es que en la mayoría de las veces la precipitación por sí misma no puede reducir el contaminante lo suficiente como para lograr alcanzar los límites máximos permisibles. El tratamiento de intercambio iónico es el segundo método más utilizado para remoción de metales, a diferencia de los métodos anteriores, éste puede reducir la concentración de los iones metálicos a niveles muy bajos, además tiene la ventaja de poder recuperar los metales (Shukla et al., 2002). Sin embargo, estos métodos convencionales mencionados, tienen muchos inconvenientes en términos de costo, toxicidad y eficiencia (Afzaal et al., 2022).

Se ha reportado, además, que algunas plantas acuáticas, materiales maderables, sub productos agrícolas, arcillas, zeolitas, microorganismos, y otros adsorbentes de bajo costo, tiene la capacidad de adsorber y acumular metales pesados (M. E. Argun et al., 2007)

En la tabla 5 veremos las características de las técnicas de tratamientos de metales pesados en agua.

Tabla 5

Características de las técnicas de tratamientos de metales pesados en agua

Técnica	Cambio de pH	Selectividad	Influencia de sólidos suspendidos	Tolerancia a moléculas orgánicas
Precipitación química como hidróxido	Tolerante	No selectiva	Escasa	Moderada
Oxido-reducción	Tolerancia limitada	Moderada	Escasa	Moderada
Tratamientos electroquímicos	Tolerante	Moderada	Según el diseño	Puede adaptarse
Procesos de membrana	Tolerancia limitada	Moderada	Importante	Escasa
Intercambio iónico	Tolerancia limitada	Selectiva	Importante	Moderada
Bioadsorción	Tolerancia limitada	Moderada	Importante	Moderada
Adsorción con carbón activado	Tolerancia limitada	Moderada	Importante	Moderada
Extracción con solventes	Algunos sistemas son tolerantes	Selectiva	Importante	Escasa

Nota: Adaptado de (Iturria, 2018)

2.3. El aserrín

Es el resto del aserrín en las industrias de transformación mecánica de la madera de diámetro no superior a 3.5 mm. El aserrín es el desperdicio del proceso de aserrado de la madera, como el que se produce en un aserradero (Lopez, 2015).

2.3.1. Composición del aserrín

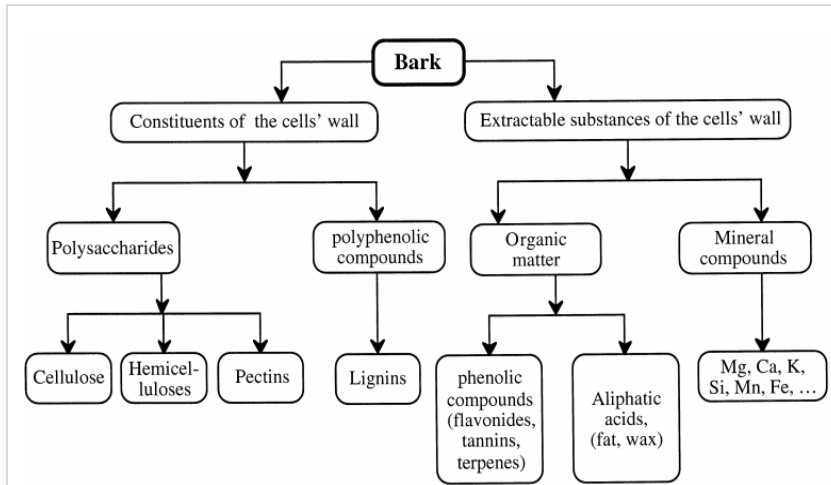
El aserrín es un producto de desecho del procesamiento de la madera compuesto de tres componentes principales: la lignina, celulosa y la hemicelulosa, es decir es un material lignoceluloso. Los materiales lignocelulósicos consisten principalmente 30-45% de celulosa, 15-25% de hemicelulosa y 15-25% de lignina el cual están conectados mediante enlace covalente para formar un biocompuesto resistente (Wu et al., 2023).

Tabla 6.

Las paredes celulares del aserrín consisten principalmente en celulosa y lignina, y muchos grupos hidroxilos, como taninos u otros compuestos fenólicos (ver Figura 3).

Figura 3

Constitución de la corteza del árbol

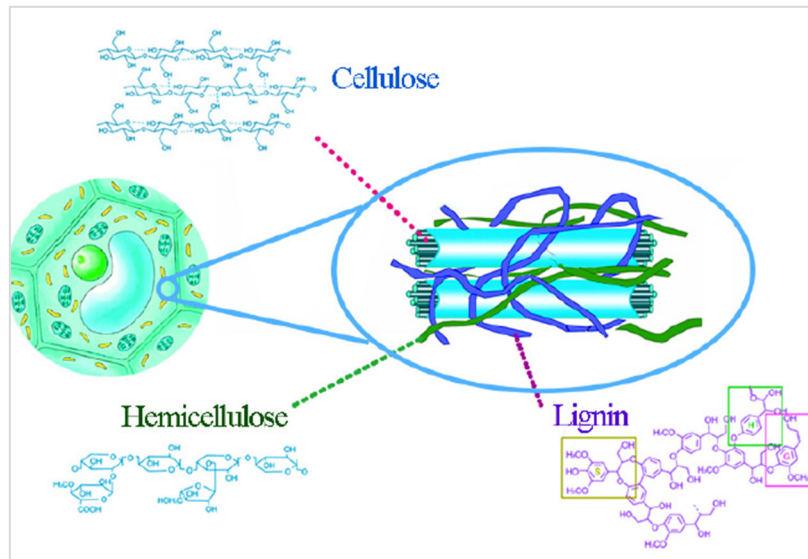


Nota: (Gaballah & Kilbertus, 1998a)

La celulosa (que tiene microfibras y están compuestas por cadenas poliméricas ordenadas que contienen regiones cristalinas muy densas) están incrustadas dentro de una matriz de lignina y hemicelulosa (Wu et al., 2023). Está compuesta por grupos de glucosa que están conectados por enlaces glucosídicos; los grupos hidroxil de cada unidad de glucosa son más que suficientes para formar enlaces puente de hidrógeno entre cada cadena, esto les sirve para formar una estructura estable por sí misma y formar las microfibras que se ven en la Figura 4. Las propiedades más importantes de la celulosa se relacionan, en primer lugar, con la susceptibilidad de la molécula a la hidrólisis y, en segundo lugar, con su capacidad de absorber agua (Quispe, 2016).

Figura 4

Cadenas de celulosa rodeadas de hemicelulosa y lignina.

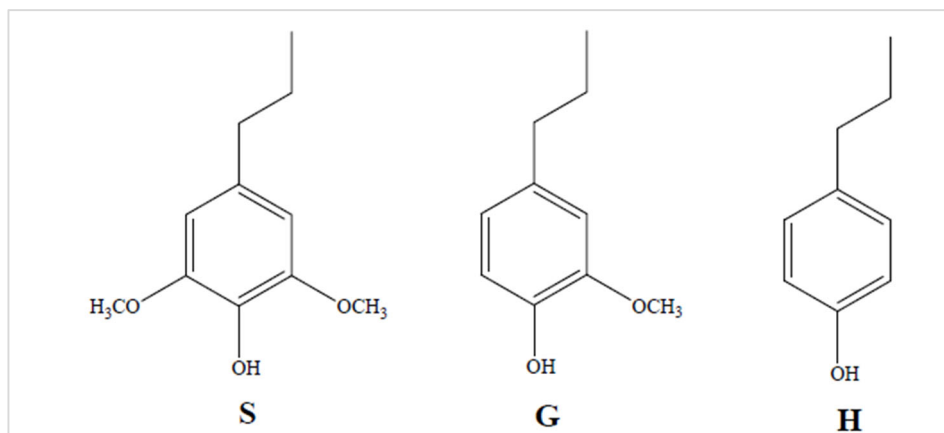


Nota: (Wu et al., 2023)

La lignina, el tercer componente principal de la pared celular de la madera, es un material polimérico. La molécula de lignina se forma a partir del núcleo de fenilpropano, es decir, un anillo aromático con una cadena lateral de tres carbonos (Shukla et al., 2002). Figura 5.

Figura 5

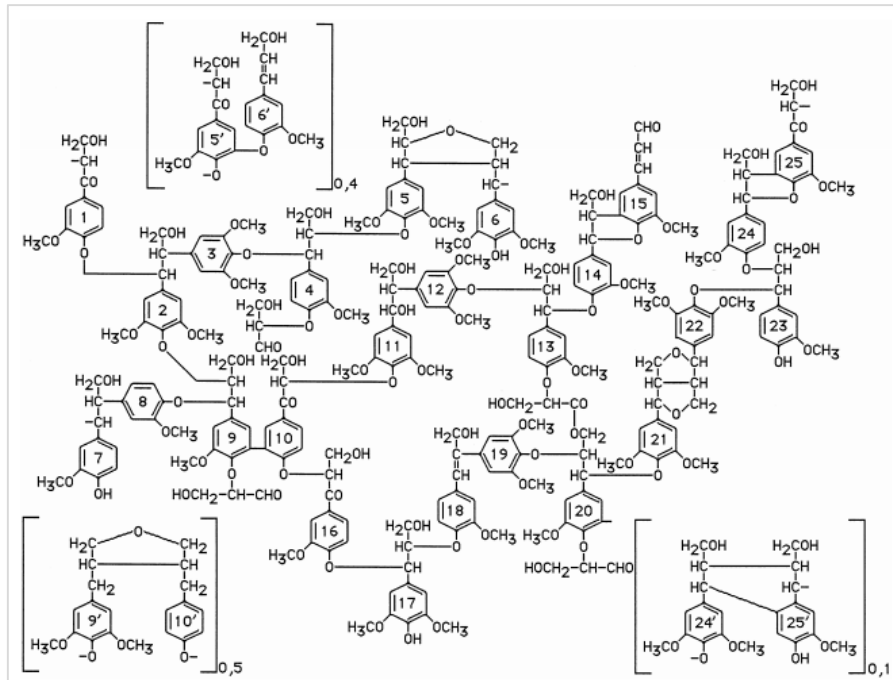
Monómeros de *lignina* (*p*-hidroxifenil (*H*), guayacilo (*G*), and siringilo (*S*))



Nota: fuente (Wu et al., 2023)

Figura 6

Estructura de la lignina del Fagus sylvatica



Nota: Fuente (Gaballah & Kilbertus, 1998)

El contenido de lignina de las maderas duras suele oscilar entre el 18 y el 25%, mientras que el de las maderas blandas varía entre el 25 y el 35%. Sin embargo, las maderas duras tropicales pueden superar el contenido de lignina de muchos tipos de madera blanda (Shukla et al., 2002).

La hemicelulosa, el cual está estrechamente enlazada con la lignina y celulosa a través de enlaces puente de hidrógeno y la fuerza de Van Der Waals, está principalmente compuesto de dos o más monosacáridos como glicanos no homogéneos, incluyendo xilosa, manosa, arabinosa, glucosa, galactosa y sus derivados. En comparación con la celulosa, la hemicelulosa tiene un peso molecular bajo y una región más amorfa, lo que la hace más soluble y susceptible al ataque químico (Wu et al., 2023).

Los taninos son fenoles polihídricos complejos que son solubles en agua y tienen la propiedad de precipitar proteínas (por ejemplo, gelatina) de la solución y convertir las pieles en cuero. Se encuentran principalmente en maderas duras, y también están

presentes en muchas cortezas, incluidas las cortezas de maderas blandas, así como en las hojas y frutos de algunos árboles. Los taninos naturales se clasifican en taninos hidrolizables o condensados (Shukla et al., 2002).

Tabla 6

Elementos y composición química del aserrín

Polymer Mass Fraction (%)			Element Mass Fraction (%)					Ash (%)
Cellulose	Hemicellulose	Klason Lignin	C	H	O	S	N	
42.11	24.32	28.06	46.77	5.97	46.52	0.00	1.01	1.6

Nota: Fuente (Lv et al., 2022)

2.3.2. Aserrín como biosorbente

La adsorción es uno de los tratamientos fisicoquímicos que pueden ser efectivos en la remoción de metales pesados presentes en soluciones acuosas. Así mismo, un adsorbente puede ser considerado como económico o de bajo costo si este es abundante en la naturaleza, requiere pequeños procesos y es un subproducto de los residuos industriales (Wan Ngah & Hanafiah, 2008). Una de estas alternativas es el aprovechamiento del aserrín como biosorbente en la remoción de metales pesados presentes en soluciones acuosas, debido a lo siguiente:

- Es producido en grandes cantidades en los aserraderos como un subproducto o como residuos sólidos (M. E. Argun et al., 2007)
- El aserrín tiene una composición principalmente de lignina y celulosa, las cuales favorecen, en la adsorción del cromo actuando como un agente quelante (Gaballah & Kilbertus, 1998b).
- Además, es un recurso que no necesita ser regenerado luego de haberlo usado como absorbente de metales (M. E. Argun et al., 2007).

El aserrín ha demostrado ser muy prometedor para la eliminación de contaminantes de las aguas residuales. No sólo es abundante, sino que también es en realidad un adsorbente eficiente y económico para muchos tipos de contaminantes tales como: tintes, aceites, sales, metales pesados, etc.; y se encuentra disponible en grandes cantidades

en los aserraderos, que presenta con frecuencia un problema para su eliminación (Cardenas & Ortega, 2015).

En la Tabla 7 se presentan experiencias de múltiples autores en las que se ha utilizado aserrín proveniente de distintas fuentes en la adsorción de algún metal pesado.

Tabla 7

Investigaciones del uso del aserrín como biosorbente de metales pesados

Tipo de Aserrín	Metal	C₀ del metal	Dosis aserrín	Adsorción	Referencia
Aserrín de meranti (<i>Acuminata shorea</i>)	Cr(III)	100-200 (mg/L)	10 (g/L)	94%	(Rafatullah, Sulaiman, & Ahmad, 2009)
Aserrín de pino (<i>pinus radiata</i>)	Fe(II)	1 g/L	50 (g/L)	96%	(Iturria, 2018)
aserrín de pino (<i>pinus sylvestris</i>)	Zn(II)	25 mg/L	-	91 %	(Quispe, 2013)
Aserrín(<i>Quercus coccifera</i>) tratado con HCl	Cr(VI)	1000 (mg/L)	60 (g/L)	82%	(Argun, Dursun, Ozdemir, & Karatas, 2007)
corteza de pino+tratado con NaOH	Cd(II) Pb(II)	28 (mg/L) 30(mg/L)	2.5 g/L; 2.5 g/L;	98% 99%	(Argun & Dursun, 2006)
Aserrín modificado con NaOH	Cr (III)	513.7230 mg/L	10 g/L	95.53+0.18 %	(Afzaal et al., 2022)

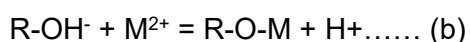
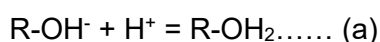
2.3.3. Modificación química del aserrín

La mayoría de biosorbentes estudiados en la remoción de metales pesados no fueron sometidos a modificaciones, previo al proceso de adsorción del metal. Esto da lugar a que la aplicación de biosorbentes no tratados (no modificados) puedan generar severos problemas como una baja capacidad de adsorción, incremento de la DBO y DQO, así como el incremento de carbono orgánico total (TOC), debido a la liberación de compuestos orgánicos solubles contenidos en los materiales vegetales. El incremento de DQO, DBO y TOC puede causar la reducción del contenido de oxígeno en el agua y puede amenazar la vida acuática (Wan Ngah & Hanafiah, 2008).

Debido a lo antes mencionado por Wan y Hanafiah (2008), es necesario realizar un previo tratamiento o modificación al aserrín antes de ser aplicado en la remoción del cromo, con el fin de reducir los problemas que pueda generar si este no es tratado previamente. Inclusive, según (M. Argun & Dursun, 2006), la modificación puede reducir los compuestos orgánicos en el agua, reduciendo así la DQO y la capacidad de adsorción es incrementada rápidamente debido al incremento de superficies activas del adsorbente.

2.3.3.1. Modificación con ácidos. Los ácidos generan el incremento en el número de superficies activas y previene la elusión de compuestos taninos los cuales teñirían el agua tratada e incrementarían la DQO (M. E. Argun et al., 2007).

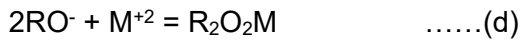
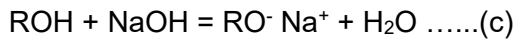
A pesar de que la modificación ácida disminuye el contenido orgánico del adsorbente y aumento de la porosidad, lamentablemente también genera superficies cargadas positivamente con iones de hidrógeno, evitando así, un aumento adicional de adsorción (M. Argun & Dursun, 2006). En las siguientes ecuaciones, la ecuación (a) es más dominante que la ecuación (b)



R: grupo fenólico; M: ión metálico.

2.3.3.2. Modificación con bases. Argun & Dursun (2006) comprobaron que la capacidad de adsorción de un mismo biosorbente es mayor si este es tratado previamente con una base, en comparación con ácidos, solventes orgánicos, etc.

Las bases, al igual que los ácidos, cumplen los mismos fines (incremento del número de superficies activas y previene la elusión de compuestos taninos); sin embargo, las bases incrementan la capacidad de adsorción debido a la carga negativa del anión hidroxilo (M. Argun & Dursun, 2006). Los aniones hidroxilo cargan la superficie del adsorbente negativamente, es así como los iones metálicos pueden ser adsorbidos por la superficie del adsorbente (ver la ecuación c y d).

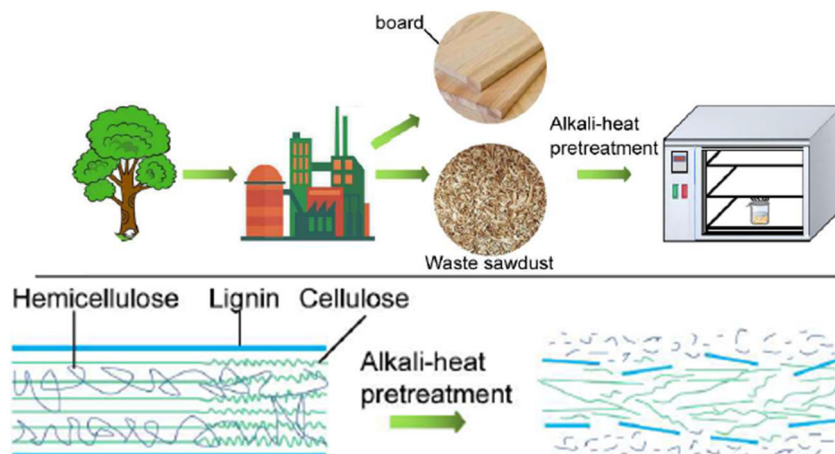


R: grupo fenólico de lignina y taninos; M: ión metálico.

El mecanismo de NaOH con el aserrín consiste en la remoción o ataque a las moléculas de la lignina, permitiendo el acceso a los componentes de la celulosa y la hemicelulosa. Es así como, cuando las fibras encuentran soluciones alcalinas fuertes, sus propiedades sufren una transformación. Inicialmente, los iones alcalinos provocan hinchazón en las regiones amorfas entre las fibrillas (Mzinyane et al., 2023). Posteriormente, los iones alcalinos penetran más profundamente en las regiones cristalinas. Figura 7 y 8.

Figura 7

Mecanismo de modificación del aserrín con NaOH



Nota: Fuente (Lv et al., 2022)

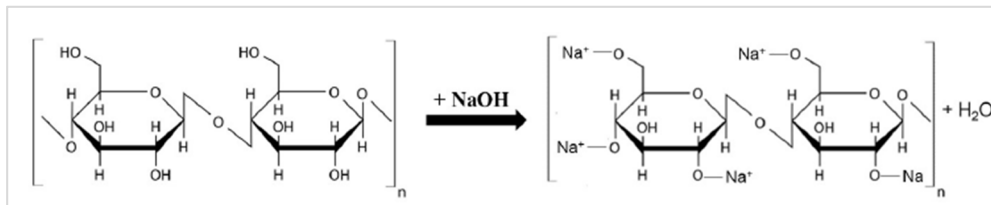
Todo ello da lugar a la generación de:

- ✓ Una estructura de celulosa más alcalina y reactiva,
- ✓ Reducción de la cristalinidad de la celulosa,
- ✓ Reducción del grado de polimerización,
- ✓ Hinchazón de las microfibrillas de celulosa internas,
- ✓ Aumentando de las regiones amorfas,

- ✓ Mejora las propiedades mecánicas, el brillo, la suavidad de la superficie y la estabilidad dimensional.
- ✓ **INCREMENTO** de la capacidad de adsorción de iones metálicos de las fibras de celulosa.

Figura 8

Mecanismo de reacción de la lignocelulosa con el NaOH



Nota: Fuente (Mzinyane et al., 2023)

2.3.4. Mecanismo de biosorción de metales pesados

Se ha reconocido desde hace mucho tiempo que los cationes de metales pesados forman fácilmente complejos con O-, N-, S- o P – contenidos en los grupos funcionales de los materiales poliméricos. Aunque no se realizó una caracterización detallada de la naturaleza de los sitios de unión en diferentes materiales de aserrín, a partir de la naturaleza de los iones de metales pesados, y la naturaleza del aserrín, se puede especular que el intercambio iónico o el enlace puente de hidrógeno, pueden ser el principal mecanismo de remoción de metales pesados (Shukla et al., 2002). Hay un número de propiedades que soportan esta especulación, incluyendo el comportamiento y las complejas propiedades del aserrín, las propiedades del metal pesado, y el comportamiento de la adsorción, como el efecto del pH en el medio acuoso (Rafatullah et al., 2009).

Como se mencionó anteriormente, las paredes celulares del aserrín consisten principalmente en celulosa y lignina, y muchos grupos hidroxilos, como taninos u otros compuestos fenólicos. Todos estos componentes son compuestos de intercambio iónico activos.

Basado en la naturaleza donadora de electrones de los grupos que contienen O, S, N y P en materiales de aserrín y la naturaleza que acepta electrones de los iones de metales pesados, esto quiere decir que los metales pesados son adsorbidos en la superficie del aserrín por mecanismo de intercambio iónico con los grupos funcionales presentes en el aserrín o por enlaces puente de hidrógeno como se muestra a continuación en la tabla 8:

Tabla 8

Mecanismos de adsorción del cromo (III) usando aserrín

Aserrín	Mecanismo de adsorción	Ecuación
Sin modificar	Intercambio iónico	$3(-R-OH) + Cr^{3+} \rightarrow 3(RO)Cr + 3H^+$ $2(-R-OH) + Cr(OH)^{2+} \rightarrow 2(-RO)Cr(OH) + 2H^+$
	Enlace puente de hidrógeno	$3(-R-OH) + Cr(OH)_3 \rightarrow (-ROH)_3Cr(OH)_3$
Modificado con un ácido	Intercambio iónico	$R-OH + H^+ \rightarrow R-OH_2$
		$R-OH + Cr^{3+} \rightarrow R-O-Cr + 2H^+$
Modificado con una base		$R-OH + NaOH \rightarrow RO^- Na^+ + H_2O$
		$3RO^- + Cr^{+3} \rightarrow R_3O_3Cr$

Donde R: representa a la matriz del aserrín

Debido a las diferentes propiedades de varios iones de metales pesados y diferentes materiales de aserrín, la máxima adsorción se da lugar en un rango de pH ligeramente diferente para diferentes metales.

2.3.5. Factores que afectan la adsorción de metales con aserrín

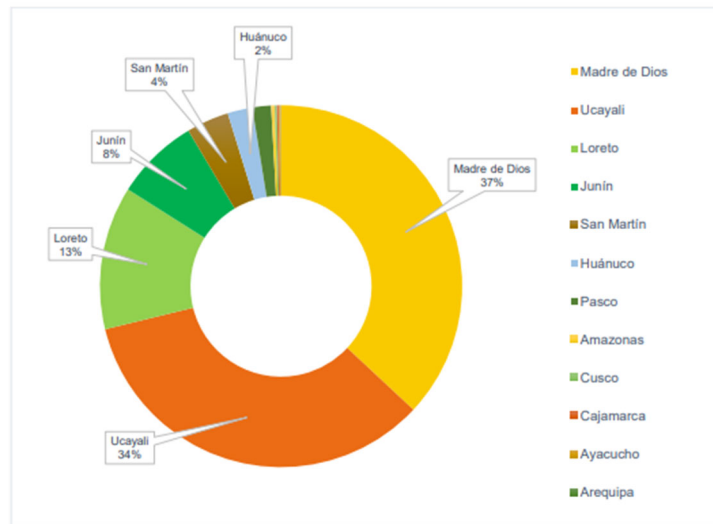
La remoción de los metales depende esencialmente de la especie del árbol (que dará origen al aserrín), el pretatamiento o modificación aplicada sobre el biosorbente, la naturaleza del ión del metal pesado, el pH de la solución y la concentración inicial del ión (Gaballah & Kilbertus, 1998b).

2.3.6. Aserrín en el Perú

Datos estimados a partir de la producción aserrada por departamento 2022 (SERFOR-MINAGRI, 2023) siendo Madre de Dios el departamento con mayor porcentaje de producción de aserrín teniendo el 37% de la producción nacional. Estos productos secundarios en la mayoría de los casos son eliminados, sin darle un valor agregado (Minaya Pereyra et al., 2020).

Figura 9

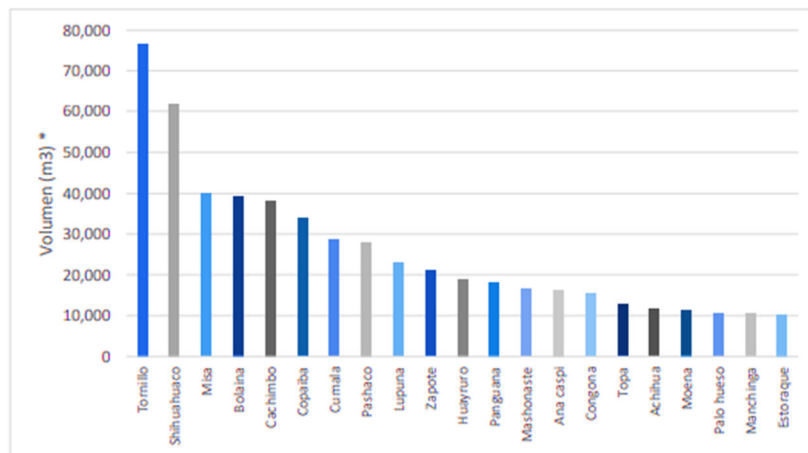
Producción de madera aserrada por departamento (2022)



Nota: Fuente SERFOR (2023)

Figura 10

Principales especies de producción de madera aserrada (2022)



Nota: Fuente SERFOR (2023)

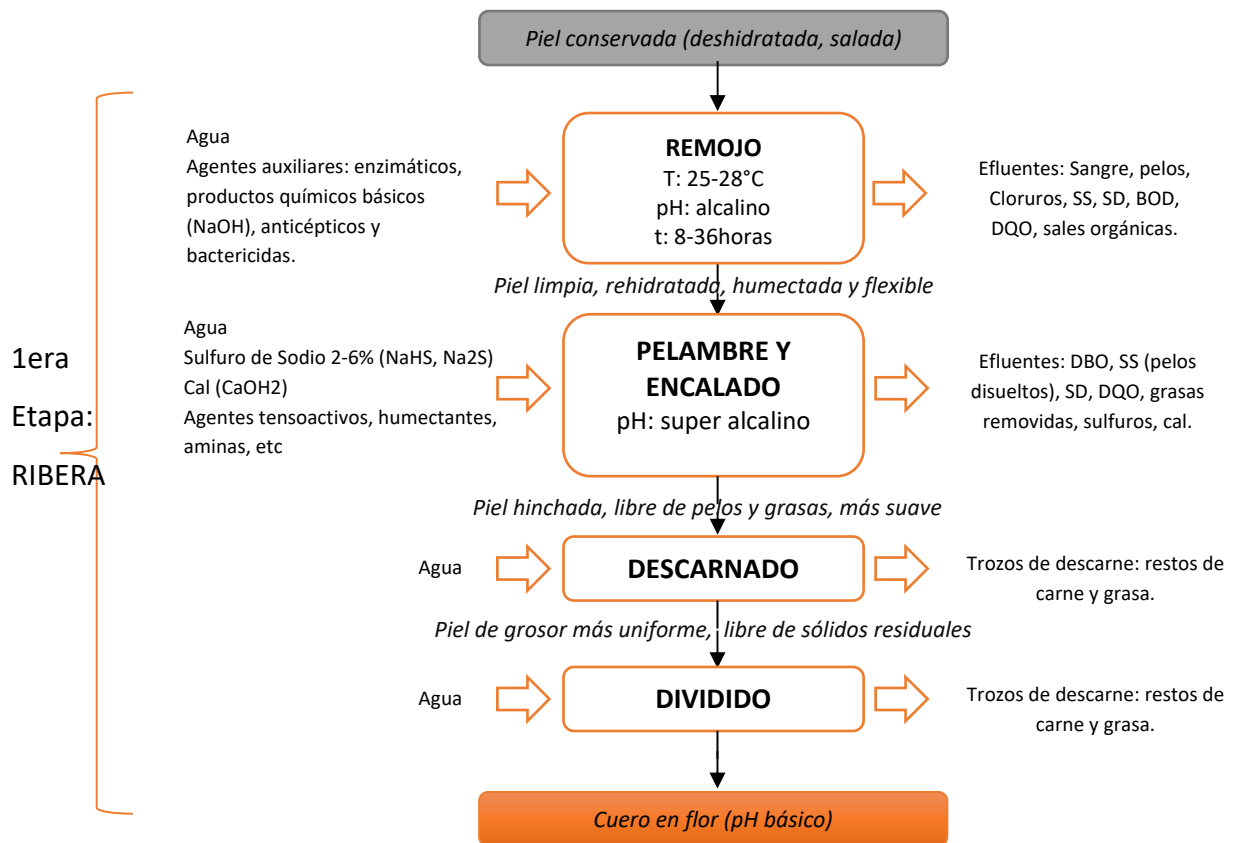
2.4. Proceso de curtiembre

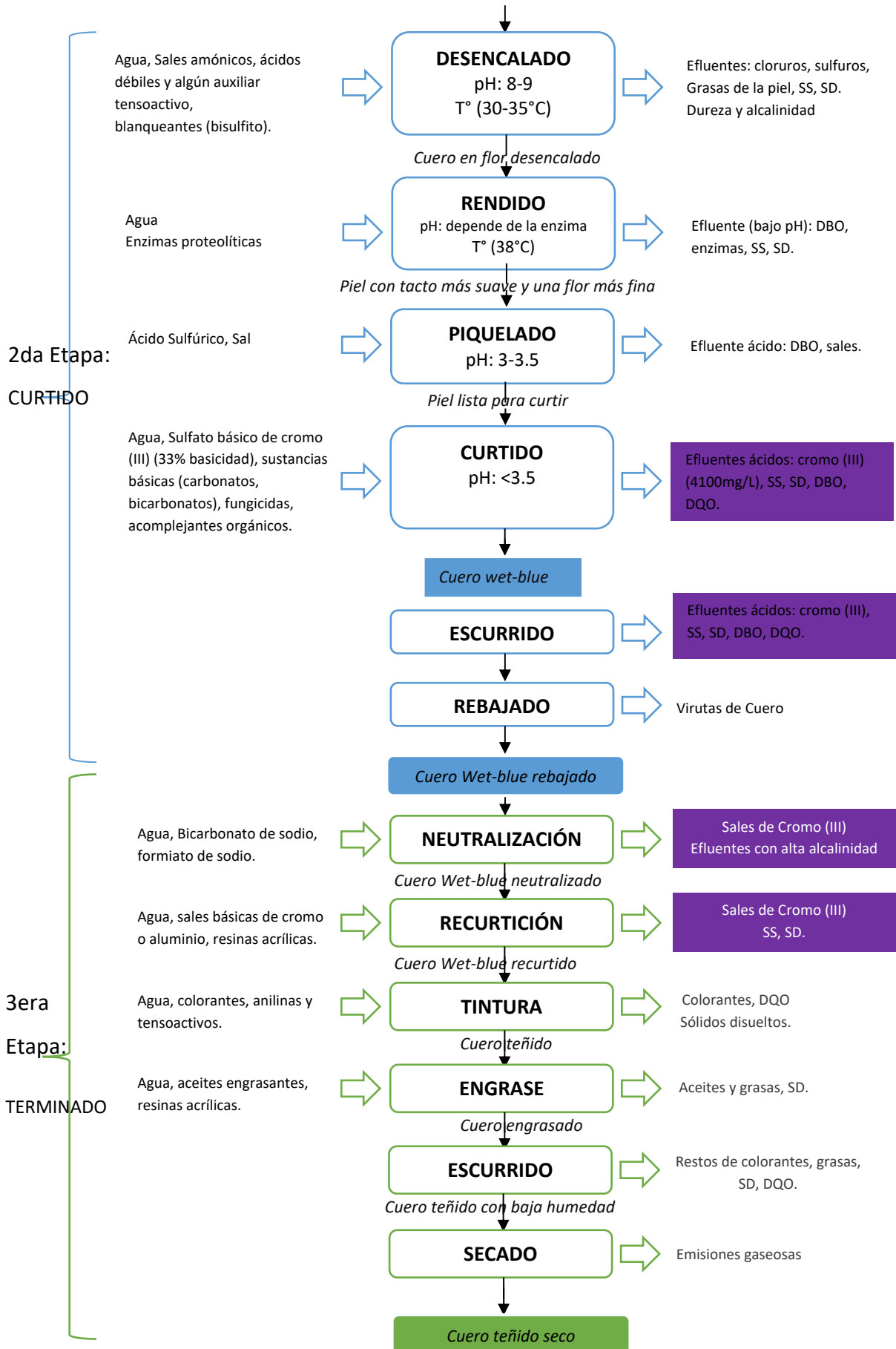
El curtido es el proceso de transformación de las pieles de especies de animales hasta que se conviertan en imputrescibles, pero conservando su estructura natural, su resistencia y su flexibilidad. Con el cuero, nombre otorgado a la piel curtida, se fabrica calzado, muebles, tapicería, vestuario, guantes, accesorios personales e incluso algunas piezas industriales (Velasquez et al., 2015). Los químicos utilizados durante el procesamiento del cuero son muy variados: ácidos, álcalis, sales de cromo, taninos, disolventes, sulfuros, colorantes, entre muchos otros compuestos que se utilizan en la transformación de pieles (Lofrano et al., 2013).

A continuación, en la figura 11 se detallará cada etapa tomando en cuenta los ingresos y salidas de insumos y productos.

Figura 11

Diagrama de proceso de curtido





Nota: Adaptado de Barra (2019) y Melgar (2000)

2.4.1. Etapa de ribera

La etapa de ribera es la etapa que demanda de un gran consumo de agua, debido a que está comprendido por procesos que consisten en el descarte del pelo de la piel, así como la limpieza y desinfección antes de comenzar el proceso de pelambre, es debido a esto que su efluente presenta un elevado pH. Con el fin de eliminar la epidermis de la piel y el pelo que recubre la piel a ser curtida, este proceso emplea sulfuro de sodio y cal (Lazo Cuentas, 2017)

2.4.1.1. Remojo. El remojo tiene como objetivo principal devolver, a las pieles conservados por deshidratación, las cualidades de suavidad y flexibilidad que poseían recién quitados del animal, así como limpiar la suciedad que traen consigo y eliminar del interior del mismo alguno de sus constituyentes no deseables (Melgar, 2000). Este tratamiento se lleva a cabo en dos etapas. En la primera etapa se busca remover las sales propias del pretratamiento y preservación. Durante la segunda, se busca rehidratar las pieles, así como remover sólidos solubles, por lo cual se le agregan agentes humectantes, hidróxido de sodio y bactericidas, que permiten humectar la piel y limpiarla (Escoto-Palacios et al., 2016).

Es dentro de esta etapa que el alto volumen del agua utilizada da como resultado una alta descarga de efluentes con alto contenido de contaminantes como lo indica la figura 11.

2.4.1.2. Pelambre y encalado. En esta etapa el pelambre tiene como objetivo dejar limpio el lado flor de la piel para las siguientes etapas, es decir eliminar el pelo, la epidermis y las raíces del pelo; así mismo, someterla a una hidrólisis alcalina que permitirá el ingreso de productos en las etapas siguientes. En esta etapa se utiliza sulfuro (NaHS, Na₂S) y cal (CITEccal - Lima, 2018). En este proceso, al igual que en el remojo se utiliza grandes cantidades de agua.

La industria del cuero utiliza grandes cantidades de sulfuro (3-5% de sulfuro de sodio en base a pelo de la piel) lo que constituye el mayor contaminante en el proceso de ribera (Alvares, 2018).

2.4.1.3. Descarnado. El descarnado es un proceso mecánico que a través de una máquina cilíndrica con cuchillos helicoidales (descarnador) aprisiona la piel y entra en contacto con dichas cuchillas para eliminar el material no deseado; es decir, limpia la piel y elimina el tejido adiposo adherido a la parte interna de la piel, y la deja homogénea y preparada para ir recibiendo los productos siguientes (Dirección de Investigación-CITEccal, 2018).

2.4.1.4. Dividido. El objetivo de esta etapa es obtener una piel más delgada. Esto se realiza mediante operaciones mecánicas que dan como resultado 2 capas de piel: el cuero en flor (la capa que se convertirá en cuero, correspondiente a la parte exterior de la piel) y la carnaza (capa que se utiliza para producir gamuza, correspondiente a la parte interna de la piel) (Barra, 2019).

2.4.2. Etapa de curtido

En esta etapa las pieles salidas de la etapa de ribera reaccionan con productos químicos, las cuales estabilizan su composición orgánica, evitando de esta manera procesos de descomposición y putrefacción (Telles et al., 2004).

Comprende las operaciones de desencalado, rendido, piquelado, curtido, escurrido y rebajado. En estas operaciones, existen variaciones significativas en cuanto a la dosificación de insumos y de reactivos químicos, que dependen del tipo de piel a procesar, del producto requerido y del método empleado (Palomino, 2016).

2.4.2.1. Desencalado: En esta etapa se eliminan los productos alcalinos y principalmente la cal de la piel. Después del descarnado y dividido se procede a la eliminación de los residuos de cal y sulfuro de sodio (Na_2S), y disminución del pH de la piel a niveles más neutros. Este proceso se realiza en recipientes adecuados (molinetas, bombo o mixer) y se utiliza agua entre 30 – 35°C, sulfato amónico, ácidos débiles y algún auxiliar tensoactivo, blanqueantes (bisulfito) para luego proceder al rendido enzimático. Además, se produce también un deshinchamiento de la piel (Dirección de Investigación-CITEccal, 2018).

2.4.2.2. Rendido. El objeto del rendido es eliminar de la piel los componentes proteínicos no susceptibles de curtiembre mediante una acción enzimática (Melgar, 2000); logrando así un ablandamiento de la estructura colagénica al mismo tiempo que se produce una limpieza profunda de la piel (restos de epidermis, grasa, pelo, etc.); de esta manera la piel llega a poseer un tacto más suave y una flor más fina a comparación de aquella que no ha sido sometida a este proceso (Alvarez, 2018).

2.4.2.3. Piquelado. Es una fase preparatoria para el proceso de curtiembre, además que interrumpe la acción de las enzimas sobre el colágeno y esto se lleva a cabo sometiéndolas a un tratamiento ácido en soluciones salinas (Alvarez, 2018).

2.4.2.4. Curtiembre. El objetivo principal del curtiembre es evitar que las proteínas de la estructura fibrosa del cuero (piel) tengan como una de sus características el de "Pudrirse". Esto se lleva a cabo mediante una estabilización de dichas proteínas. A todas las sustancias que producen esta estabilización, se les puede llamar curtiembres. Su efecto se reconoce, en general en que el cuero al secarse no se hace duro como piedra, sino poroso y flexible (Melgar, 2000). Para mejorar la calidad se emplean además acomplejantes orgánicos (ftalatos y similares), y para conseguir la fijación del cromo a la piel se añaden sustancias básicas; además de pequeñas cantidades de fungicidas para evitar la aparición de hongos luego del curtiembre. Luego de este proceso se tiene la piel preparada para su conservación (wet-blue) (Dirección de Investigación-CITEccal, 2018).

2.4.2.5. Escurrido. Es una operación mecánica que permite quitar gran parte de la humedad del wet-blue para los procesos siguientes. Como resultado de esta operación se generan efluentes ácidos (bajo pH) y con alto contenido de cromo (Lazo, 2017).

2.4.2.6. Rebajado. Las pieles escurridas, abiertas y planas se pasan a la máquina de rebajar que, provista de un cilindro con cuchillas helicoidales cortantes y un cilindro de apoyo metálico, iguala el grosor de la piel al valor deseado, proporcionando un grosor uniforme. Se puede realizar esta operación en húmedo (pieles curtidas o recurtidas) y en seco (piel teñida o acabada). En el rebajado se generan virutas de piel al cromo o al vegetal (Dirección de Investigación-CITEccal, 2018).

2.4.3. Etapa de terminado

2.4.3.1. Neutralización. El neutralizado de las pieles al cromo tiene la finalidad de aumentar el pH llevándolos a valores menos ácidos (valores de pH entre 4.5 - 5.5), con el fin de disminuir los efectos no deseados del ácido sulfúrico residual y a la vez preparar la piel para la posterior etapa de recurtición, tintura y engrase (Dirección de Investigación-CITEccal, 2018).

2.4.3.2. Recurtido. Es el tratamiento del cuero curtido con uno o más productos químicos para completar el curtido o darle características finales al cuero en la primera curtición, un cuero más lleno, con mejor resistencia al agua, mayor blandura o para favorecer la igualación de tintura (Alvarez, 2018).

2.4.3.3. Tintura. La finalidad de este proceso es dar a la piel curtida una determinada coloración, puede ser una tintura superficial o atravesada; para ello se emplean colorantes con cierto grado de penetración y la solidez a la luz. Las condiciones de este tratamiento deben ser de 50°C y un adecuado efecto mecánico para lograr la penetración del colorante (Palomino, 2016).

2.4.3.4. Engrasado. Esta fase se da mediante un tratamiento de aceites engrasantes y resinas acrílicas, estas le brindan al cuero: lubricación, ajuste y regularización de propiedades físicas, impermeabilidad, relleno y protección ante agentes químicos (Barra, 2019).

2.4.3.5. Escurrido. Es una operación que consiste en el escurrido y estirado en húmedo de la piel engrasada y/o teñida. Se generan efluentes del mismo tipo que el baño final de tintura y engrase (Dirección de Investigación-CITEccal, 2018).

2.4.3.6. Secado. El objetivo de esta etapa es eliminar la humedad restante en el cuero, normalmente mediante un proceso de secado al vacío. Al finalizar esta etapa, se obtiene como producto un cuero terminado, llamado Cuero en Crust, el cual está listo para su comercialización (Barra, 2019).

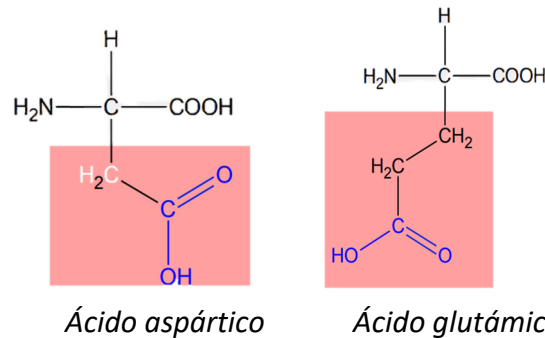
2.4.4. Interacción entre el cromo y el colágeno de la piel

El colágeno es la principal proteína de la piel, cuya función es principalmente estructural. Está compuesta por fibras polipeptídicas de triples hélices que se unen por medio de puentes de hidrógeno para formar una red de fibras de colágeno (Covington, 1997).

Los ácidos glutámico o aspártico en la estructura primaria contienen un grupo carboxílico libre en sus cadenas laterales, según se muestra en la Figura 12. Estos grupos -COOH son claves para la coordinación del cromo en la estructura de la piel, para poder curtirla y darle el cambio de propiedades (Rey de Castro, 2013).

Figura 12

Estructuras de los ácidos aspártico

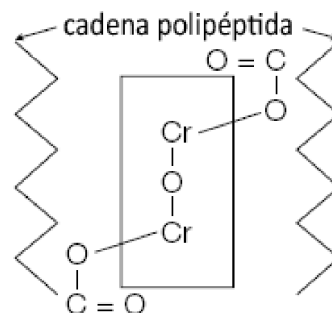


Nota: Estructuras de los ácidos aspártico (izquierda) y glutámico (derecha), donde se resaltan las cadenas laterales que contienen un grupo carboxílico. Fuente: Rey de Castro (2013).

Los grupos -COOH no hidrolizados y sin carga no tienen gran afinidad por el ion metálico. Por eso, si se quiere una buena interacción, los -COOH deben desprotonarse primero y obtener una carga negativa que incremente su afinidad al complejo metálico positivo (ver Figura 13). Así será más fácil que el oxígeno coordine al cromo (Rey de Castro, 2013).

Figura 13

Interacción del cromo (III) en la formación de colágeno



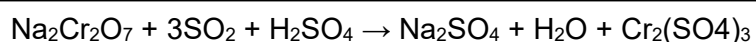
Nota: Rey de Castro (2013)

Se piensa que la coordinación del cromo al colágeno puede darse de tres formas (Ver Figura 14):

- Dentro de una triple hélice: Entre dos fibras de una misma hebra;
- Dentro de una triple hélice: Entre fibras de diferentes hebras;
- Entre dos triples hélices.

Figura 16

Síntesis del sulfato de cromo



Nota: (Mann & McMillan, 2007)

El sulfato de cromo normal $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$, cuya basicidad es cero, es soluble en agua, pero no tiene poder curtiente, por lo cual es necesario llevarlo a sulfato monobásico de cromo $\text{CrOH}(\text{SO}_4)_3$, con una basicidad entre 33% y 50% y que además de poseer afinidad por la fibra es soluble en agua (Barra, 2019). Según Melgar (2000) “las sales más recomendables para el curtido son las sales de 33% de basicidad ya que estas dan buena penetración y en cambio las de 66% de basicidad son muy astringentes y se fijan, pero no penetran”.

2.4.5.1. Basificado. Para que una sal sea efectiva como agente curtiente debe penetrar adecuadamente en la estructura de la piel y acomplejarse a las fibras de la misma. Asimismo, antes de haber penetrado, debe mantenerse soluble pues, si precipita, será eliminada de la solución y ya no podrá interaccionar con las fibras de piel. Esto limita el rango de pH en que debe realizarse el curtido dado que el cromo (III) forma hidróxidos insolubles a pHs básicos. Sin embargo, se necesita asegurar un ambiente ligeramente menos ácido para que los grupos $-\text{COOH}$ puedan desprotonarse y así puedan ser nucleófilos más efectivos que logren coordinar al cromo. Es por esto que el curtido comienza a un pH entre 2,5 y 3, dejando que las pieles se remojen en los baños de cromo por varias horas. Esto da tiempo para que las especies de cromo puedan dispersarse adecuadamente y penetrar profundamente en la piel (Covington, 1997). Una vez que se ha logrado esto, el pH de la solución es aumentado de modo que los carboxilos del colágeno se desprotonen y puedan reaccionar con el cromo. Esta etapa de basificado es sumamente importante en la fijación del cromo (Rey de Castro, 2013).

Una vez que el cromo se ha incorporado en la estructura del colágeno, se obtiene un cuero térmicamente estable que puede resistir temperaturas de hasta 100°C sin tener

un cambio estructural. La piel se vuelve más firme, capaz de mantener su forma, impermeable y resistente a la descomposición por vías bacterianas (Rey de Castro, 2013).

Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación

3.1. Diseño Metodológico

3.1.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo aplicada, ya que busca resolver un problema específico aplicando conocimientos (Haro Sarango et al., 2024). Así mismo, es aplicada, ya que tiene como finalidad resolver un problema práctico relacionado con la descontaminación de efluentes de curtiembre, empleando un recurso residual (aserrín) como material biosorbente.

3.1.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación es explicativo, puesto que se manipulan intencionalmente variables (pH, concentración de cromo y dosis del biosorbente) para observar su efecto sobre la remoción del cromo y comprender el tipo de interacción entre el biosorbente y el contaminante.

3.1.3. Enfoque de investigación

El enfoque de esta investigación es cuantitativo, dado que se fundamenta en la recolección y análisis de datos numéricos para evaluar la eficiencia de remoción del cromo mediante un biosorbente a base de aserrín modificado. A través de experimentos controlados, se busca establecer relaciones cuantificables entre las variables independientes y dependientes.

3.1.4. Diseño de investigación

El diseño de la investigación es experimental de laboratorio con diseño unifactorial. Se han realizado ensayos en los que se varía sistemáticamente:

La dosis de aserrín modificado (de 0 a 50 g/L), y la concentración inicial de cromo en el efluente sintético (de 11 a 1143 mg/L), bajo condiciones controladas de pH, agitación,

volumen y temperatura. Se incluyen muestras blancas como control y los análisis de cromo.

A continuación, se detallan las características del diseño unifactorial:

- Factor principal: Dosis del biosorbente / concentración inicial del cromo
- Niveles del factor: 11 niveles (incluyendo un blanco)
- Variable de respuesta esperada: Remoción de cromo (% de adsorción)

A continuación, se presentará el arreglo factorial correspondiente:

Tabla 9

Arreglo factorial en función a la Dosis de Aserrín

Tratamiento	Código	Nivel del factor: Dosis del Biosorbente (g/l)
T1	BC-IA-0A	0
T2	BC-IA-01	5
T3	BC-IA-03	10
T4	BC-IA-04	15
T5	BC-IA-05	20
T6	BC-IA-06	25
T7	BC-IA-07	30
T8	BC-IA-08	35
T9	BC-IA-09	40
T10	BC-IA-10	45
T11	BC-IA-19	50

- 10 niveles con dosis del biosorbente
- 1 nivel "blanco" (control)

Entonces se usa la siguiente formula:

- n = número de niveles por factor=11
- k = número de factores=1

$$\text{Tratamientos totales} = n^k$$

$$(11^1) = 11 \text{ tratamientos}$$

Tabla 10

Arreglo factorial en función a la Concentración de cromo en el efluente

Tratamiento	Código	Nivel del factor: Concentración inicial del cromo (mg/l)
T1	BC-IC-01	11
T2	BC-IC-05	16
T3	BC-IC-06	24
T4	BC-IC-08	48
T5	BC-IC-09	73
T6	BC-IC-10	93
T7	BC-IC-19	124
T8	BC-IC-21	222
T9	BC-IC-22	586
T10	BC-IC-23	1143
T11	BC-IC-0A	0

- 10 niveles con concentración inicial del cromo
- 1 nivel "blanco" (control)

Entonces se usa la siguiente formula:

- n = número de niveles por factor=11
- k = número de factores=1

$$\begin{aligned} \text{Tratamientos totales} &= n^k \\ (11^1) &= 11 \text{ tratamientos} \end{aligned}$$

Los modelos de isothermas de adsorción (Lagmuir y Freundlich) fueron también utilizados para analizar la interacción entre el aserrín modificado (biosorbente) y el cromo.

Los datos utilizados para ajustar cada uno de los modelos provienen de un diseño experimental unifactorial, donde se varió la concentración inicial del contaminante y la dosis del biosorbente para evaluar su efecto sobre la cantidad adsorbida en equilibrio. Esta aproximación permite identificar el tipo de isoterma que mejor representa el sistema (física o química, monomolecular o heterogénea, etc.). Cabe mencionar que los modelos de adsorción como Freundlich, Langmuir no constituyen en sí mismos un diseño experimental, sino que son herramientas de modelamiento matemático empleadas para

describir el equilibrio entre el adsorbato (cromo) y el adsorbente (aserrín modificado – biosorbente), a partir de datos obtenidos experimentalmente bajo condiciones controladas.

3.2. Método de investigación

El método de investigación es deductivo debido a:

Deductivo: Se parte del conocimiento teórico de las isoterms y del tratamiento de efluentes con biomasa para aplicar al aserrín.

3.3. Población y muestra

Con el fin de determinar la población de esta investigación se consideró muestras sintéticas de solución de sulfato básico de cromo.

- **Población:** Muestras sintéticas de solución de sulfato básico de cromo.
- **Muestra:** Muestra sintética de solución de sulfato básico a una concentración de 0, 11, 16, 24, 48, 73, 93, 124, 222, 586 y 1143 mg/L.

3.4. Técnica de muestreo

No probabilístico, debido a que se contaba con el sulfato básico de cromo en el laboratorio del Citeccal – Lima.

3.5. Técnica e instrumentos de recolección de datos

Para la presente investigación se usó la observación experimental como técnica; y como instrumentos de recolección de datos se usó la ficha de recolección de datos que se encuentra anexado y validado por expertos en el Anexo 6 y 7.

3.6. Validez y confiabilidad

La presente investigación está validada por expertos en la materia, quienes validaron con puntuación de “excelente” la ficha de recolección de datos propuesto (ver Anexo 6 y 7).

➤ Expertos:

- Ing. Julio Alexis Barra Inojosa -Ing. Ambiental -CIP 286643
- Ing. Rojas Santamaría Selene Solmaira – Ing. Ambiental – CIP 328234
- Msc. Marrufo Saldaña Liliana – Coordinador I+D Citeccal – Msc UNI
- Buleje del Carpio Robert Junio – Titulado Ing. Ambiental UNI

Así mismo, la investigación tuvo una alta confiabilidad debido a que todas las muestras fueron analizadas con un laboratorio acreditado bajo normas nacionales e internacionales y cumpliendo estándares también acreditados (EPA- Method 200.8 Rev. 5.4, 1994. Determination of trace elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass spectrometry. 2015); el laboratorio en mención fue SGS del Perú SAC. En el anexo 8 se pueden evidenciar los informes de ensayo debidamente membretados con la acreditación pertinente (INACAL).

3.7. Aspectos éticos

La presente investigación cumplió con los principios éticos establecidos en la Política de Investigación y el Reglamento de Proyectos de Investigación de la Universidad Nacional de Ingeniería. Es así como todos los procedimientos se ejecutaron bajo principios de responsabilidad científica, honestidad en el tratamiento de datos, y rigurosidad técnica para asegurar la integridad del estudio.

La toma de muestras, las pruebas a nivel de laboratorio y el procesamiento de datos se llevaron a cabo tomando en cuenta el ahorro de los recursos naturales (energía principalmente) y el respeto por el entorno natural. Las acciones realizadas, desde la

toma de muestras, los ensayos de laboratorio, el envío de muestras para análisis y el procesamiento de los resultados, fueron debidamente documentadas y registradas mediante fichas de registro e informes de ensayo, evitando cualquier alteración o impacto negativo sobre el medio ambiente.

Asimismo, se veló por el cumplimiento de las condiciones de seguridad en todas las etapas del presente proyecto.

3.8. Materiales y equipos

Todos los materiales y equipos fueron proporcionados por el laboratorio del Citeccal – Lima, estos se detallan a continuación:

Materiales:

- Aserrín
- Sulfato básico de cromo
- Ácido nítrico
- Hidróxido de sodio
- Agua destilada
- Juego de Tamices de malla estándar (2.5 mm a 5 mm)
- Matraz Erlenmeyer
- Embudo Büchner
- Papel filtro
- Manguera de vacío
- Soporte universal con pinzas
- Bandejas metálicas
- Vasos de precipitado
- Piseta de laboratorio
- Agitador de vidrio

- Probeta
- Luna de reloj

Equipos:

- Horno de secado
- Balanza analítica SUNRISE Internal Sun AKA 1020G
- Agitador magnético DLAB modelo MS7-H550-S
- Bomba y manguera de vacío
- Medidor de pH Eutech CyberScan pH 620

3.9. Procedimiento:

Para poder llevar a cabo la investigación se establecieron 4 etapas, las cuales se describen a continuación:

- ETAPA 1: Obtención, modificación y caracterización del aserrín como biosorbente.
- ETAPA 2: Experimentos de evaluación del proceso de biosorción de cromo.
- ETAPA 3: Modelos matemáticos del proceso de bioadsorción.
- ETAPA 4: Tratamiento con efluente real.

3.10. Etapa 1: obtención y caracterización del aserrín como biosorbente modificado

3.10.1. Obtención del aserrín

- *Recolección de la materia prima*

El aserrín se obtuvo de un aserradero de la ciudad de Lima. Los representantes del aserradero indicaron que trabajan principalmente con Shihuahuaco.

- *Aislamiento de acuerdo con el tamaño de partículas*

Antes de tamizar, primero se procedió al retiro de cuerpos extraños del aserrín, tales como tallos, piedras, polvo y otros; se pesó 500 g en una balanza electrónica, luego se

colocó el aserrín dentro de un juego de tamices de mallas estándar, comprendido por las mallas de 2.5 mm a 5 mm, procedimiento recomendado por Cárdenas y Ortega (2015), posteriormente, se lavó con agua destilada y luego se secó a una temperatura de 50 °C por un tiempo prolongado hasta lograr eliminar la humedad del aserrín. Figura 17,18 y 19.

Figura 17

Tamizado del aserrín



Nota: Tamizado del aserrín con un juego de tamices de mallas 2.5 y 5mm

Figura 18

Aserrín tamizado en un rango de 2.5 mm y 5mm



Nota: Izquierda aserrín mayor a 5mm, centro aserrín entre 5 y 2.5mm, derecha aserrín menor a 2.5mm

Figura 19

Lavado y secado del aserrín



Nota: Izquierda lavado del aserrín entre 2.5 y 5mm, secado del aserrín.

3.10.2. Modificación del aserrín con NaOH

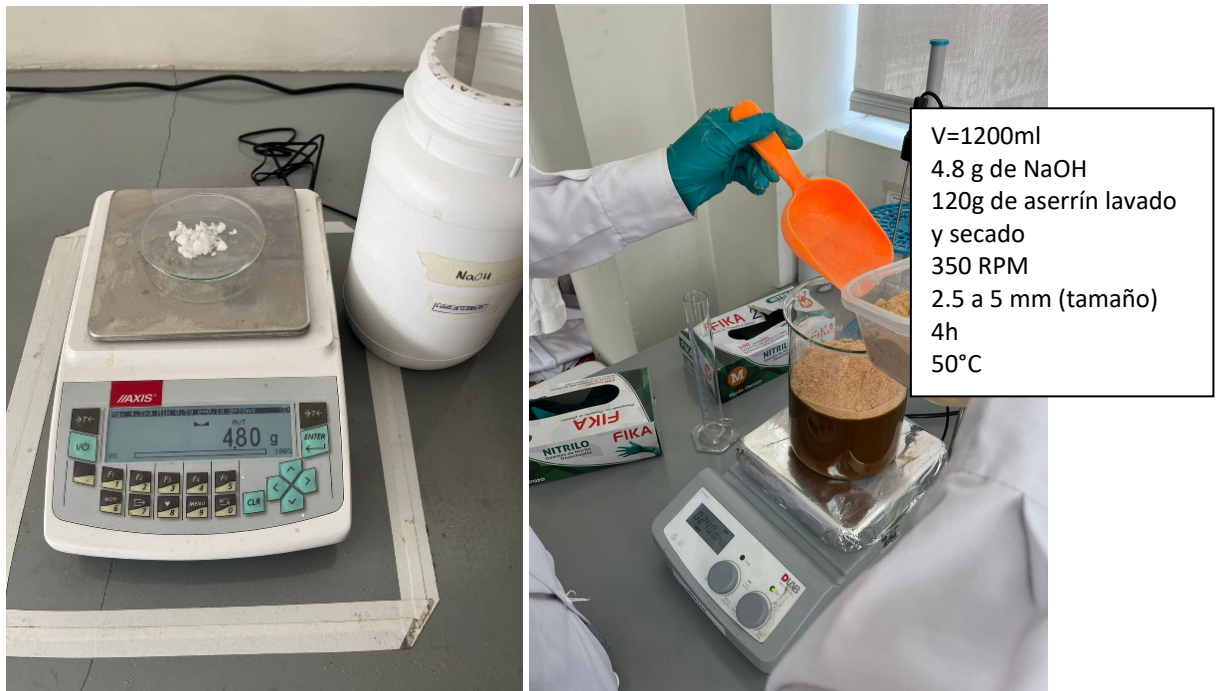
El aserrín, cuyos tamaños están en el rango de 2.5 y 5 mm, se ha sometido a un tratamiento básico.

Se realizó el tratamiento del aserrín (biomasa) con hidróxido de sodio a 0.1M, en una relación de 100 mL de solución básica por cada 10 g de aserrín, a 50°C, una agitación constante de 350 RPM, según especificado en la investigación de Tejada, Villabona y Jiménez (2017). Figura 20.

Se dejó en agitación por 4 horas con el fin de asegurar que llegue al equilibrio y tratamiento químico adecuado (Figura 21). Posteriormente el material se filtró y se lavó con agua destilada, procedimiento recomendado por Lagos (2016) y el aserrín modificado se secó a 50°C hasta lograr eliminar la humedad presente (aprox. 20h). Figura 22 y 23.

Figura 20

Pesaje de NaOH / Tratamiento del aserrín en solución de NaOH (0.1M)



Nota: Derecha, tratamiento del aserrín para convertirlo en biosorbente modificado.

Figura 21

Aserrín modificado luego de 4h de tratamiento



Nota: El aserrín se convierte en biosorbente modificado con NaOH.

Figura 22

Lavado y secado del aserrín modificado



Nota: Izquierda lavado con agua destilada, derecha secada en el horno.

Figura 23

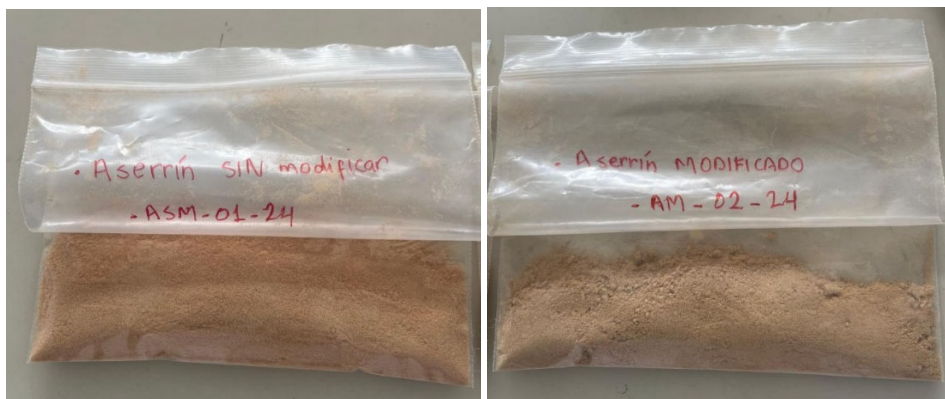
Aserrín modificado secado a 50°C



Nota: foto tomada inmediatamente sacado del horno

Figura 24

Aserrín SIN modificar y MODIFICADO con NaOH (0.1M)



Nota: Muestras de cada aserrín que se enviaron a analizar con FTIR y DRX

3.10.3. Determinación de las características estructurales del aserrín

El aserrín se sometió a Espectroscopía Infrarroja con Transformada de Fourier (FTIR) y Difractómetro de Rayos X (DRX) con el fin de observar los grupos funcionales en el adsorbente y la estructura cristalinográfica del aserrín antes y después de ser modificado con la solución de NaOH (0.1M). Estos análisis fueron realizados en el Laboratorio de Investigación y Certificaciones de la facultado de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería LABICER – UNI.

3.11. Etapa 2: experimentos de evaluación del proceso de bioadsorción

3.11.1. Ajuste del pH del efluente

Según el marco teórico y el Diagrama de especiación de complejos de Cr(III) presentes en solución acuosa, podemos encontrar iones de Cr(III) en un rango de pH de 3-4, por lo que se realizaron muestras sintéticas de Sulfato básico de cromo ($\text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4$) con pH ajustado cuyos valores se encontraron en el rango de pH de 3 - 4. Figura 25, 26 y 27.

Figura 25

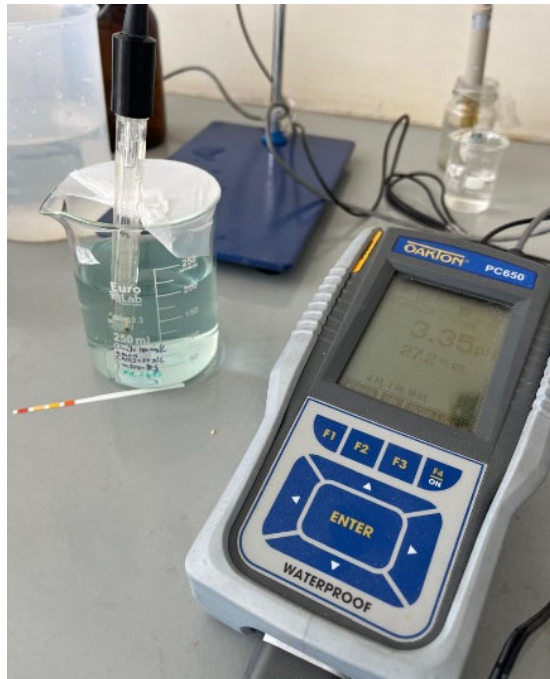
Ajuste de pH de muestras sintéticas de efluentes de cromo



Nota: El ajuste de pH se hizo con ácido nítrico

Figura 26

Medición de pH del efluente sintético



Nota: El medidor de pH muestra el nivel de pH de la muestra sintética

Figura 27

Efluentes sintéticos con pH ajustado



Nota: el pH de la muestra sintética está en un rango de 3-4

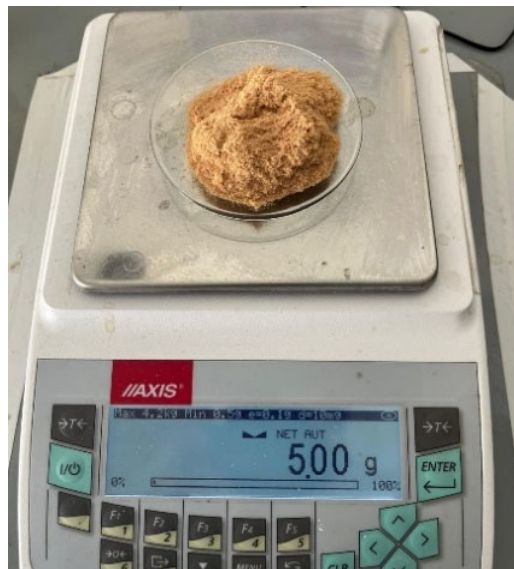
3.11.2. Ensayo de biosorción

Los ensayos de adsorción se realizaron con el método de test de jarras ($V=200$ mL); para estos experimentos se trabajó con el efluente sintético de sulfato básico de

chromo ($\text{Na}(\text{OH})\text{SO}_4$), se sometió el tratamiento con aserrín modificado, y dependiendo del tratamiento a realizar, se dejó el sistema agitador por un tiempo de contacto de 4h a temperatura ambiente y a 250 RPM. Figura 28 y 29.

Figura 28

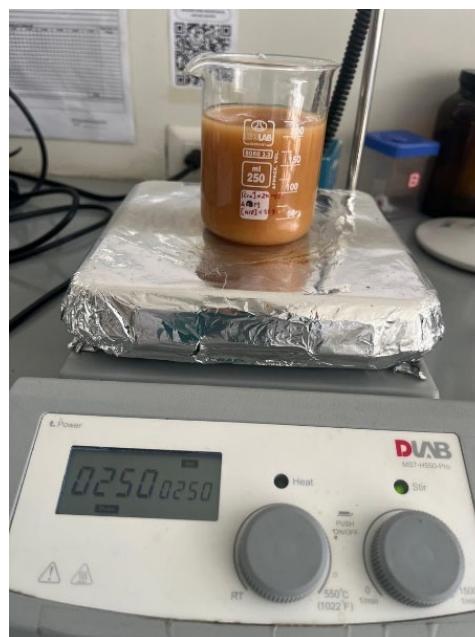
Pesaje de la dosis de aserrín modificado



Nota: balanza electrónica calibrada

Figura 29

Bioadsorción de cromo con aserrín



Nota: agitador magnético calibrado

Al término de cada prueba, se filtró la solución en papel de filtro rápido, separando de esta manera el biosorbente (aserrín conteniendo el cromo) de la solución. Posteriormente, la solución filtrada se sometió a un análisis de cromo total (Figura 30). Este análisis de cromo total fue realizado por SGS (laboratorio acreditado) mediante la metodología EPA- Method 200.8 Rev. 5.4, 1994. Determination of trace elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass spectrometry. 2015.

Figura 30

Muestras de Efluentes tratados listos para envío a laboratorio



Nota: las muestras de cada efluente tratado fueron enviado al laboratorio SGS

3.12. Etapa 3: modelos matemáticos del proceso de bioadsorción

3.12.1. Eficiencia de Remoción

Basados en los resultados de las condiciones iniciales y finales del proceso de biosorción, la eficiencia de la remoción se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Remoción de } Cr_T = \frac{100\% (Cr_0 - Cr_e)}{C_0}$$

Donde:

Cr_0 : Es la concentración inicial de cromo total;

Cr_e : Es la concentración final de cromo total luego del tratamiento.

3.12.2. Determinación de capacidad de adsorción

La capacidad de adsorción de cromo, en este caso del aserrín modificado, se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e)V}{m}$$

Donde q_e ($\frac{mg}{m}$) es la capacidad de adsorción de cromo luego de alcanzar el equilibrio, V es el volumen de la solución (L), C_0 es la concentración de cromo al inicio (mg/L), C_e concentración de cromo en el equilibrio (mg/L) y m (g) la masa del aserrín.

3.12.3. Modelo de isotermas de adsorción

Según (Bonilla-Petriciolet et al., 2017) las isotermas pueden evaluarse tanto considerando variar la dosis del absorbente, así como también variando la concentración inicial del adsorbato (en este caso la concentración del cromo en el efluente). Por tal motivo, los experimentos de isoterma de adsorción se realizaron considerando la variación de la dosis del aserrín (absorbente), así como la variación de la concentración inicial del cromo en el efluente (adsorbato). Para ambos casos se utilizaron efluentes sintéticos de Sulfato básico de cromo ($Cr(OH)SO_4$) cuya preparación y ajuste se especificaron en la ETAPA 2.

Las demás variables, que fueron constantes en esta investigación como el pH (3-4), temperatura (temperatura ambiente), velocidad de agitación (250 RPM), tamaño del aserrín (de 2.5 a 5 mm) y tiempo de adsorción (4 horas) hasta llegar al equilibrio, se han definido en base al marco teórico y los antecedentes revisados.

3.12.3.1. Modelo de Isoterma en función a la dosis del aserrín. La variación de la dosis del absorbente se realizó a condiciones de pH (3-4), temperatura (temperatura ambiente), velocidad de agitación (250 RPM), tamaño del aserrín (de 2.5 a 5 mm) y tiempo de adsorción (4 horas). Para este caso, se definió una concentración inicial del cromo en el efluente por lo que se consideró una $C_0 = 85$ mg/l de cromo en una solución de 200 mL. El valor de C_0 se ha tomado como referencia a partir del marco teórico y antecedentes, en donde someten un efluente real a un pretratamiento con NaOH (precipitación) obteniendo como concentración final rangos de 75 – 150 mg/L de Cromo total (Lagos, 2016), estando aún, muy por encima de los VMA (10 mg/L).

A continuación, en la tabla 11 se presentan las dosis de aserrín utilizada en las isotermas de adsorción:

Tabla 11

Tratamientos en función a la Dosis de Aserrín

N° de jarra	Código de Tratamiento	Dosis del Biosorbente (g/l)	Masa del biosorbente (g)	Tipo de aserrín	Condiciones generales
T1	BC-IA-0A	Blanco	--	Modificado	Concentración inicial del cromo: Co=85 mg/L pH: 3-4 Velocidad de agitación: 250 RPM Tiempo de adsorción: 4h Tamaño de aserrín: de 2.5 a 5 mm Volumen: 200 mL Temperatura: T° ambiente
T2	BC-IA-01	5	1		
T3	BC-IA-03	10	2		
T4	BC-IA-04	15	3		
T5	BC-IA-05	20	4		
T6	BC-IA-06	25	5		
T7	BC-IA-07	30	6		
T8	BC-IA-08	35	7		
T9	BC-IA-09	40	8		
T10	BC-IA-10	45	9		
T11	BC-IA-19	50	10		

La muestra sintética de efluente (blanco BC-IA-0A) también fue enviado a analizar por un laboratorio (SGS) con el fin de confirmar la concentración inicial.

3.12.3.2. Modelo de Isotherma en función a [Cr] en el efluente. La variación de la [Cr] mg/L en el efluente se realizó a condiciones de pH (3-4), temperatura (temperatura ambiente), velocidad de agitación (250 RPM), tamaño del aserrín (de 2.5 a 5 mm) y tiempo de adsorción (4 horas). Para este caso, también se definió una dosis del aserrín con el que se sometió al tratamiento el efluente, por lo que se consideró una dosis de aserrín igual a 25 g/L en la solución de 200mL.

A continuación, se presenta la tabla 12 de las concentraciones de cromo utilizada en las isotermas de adsorción:

Tabla 12

Tratamiento en función a la Concentración de cromo en el efluente

N° de jarr a	Código de Tratamiento	Concentración inicial del cromo (mg/l)	Tipo de aserrín	Condiciones generales
T1	BC-IC-01	11	Modificado (biosorbente)	Dosis del aserrín: [m]=25 g/L pH: 3-4 Velocidad de agitación: 250 RPM Tiempo de adsorción: 4h Tamaño de aserrín: de 2.5 a 5 mm Volumen: 200 mL Temperatura: T° ambiente
T2	BC-IC-05	16		
T3	BC-IC-06	24		
T4	BC-IC-08	48		
T5	BC-IC-09	73		
T6	BC-IC-10	93		
T7	BC-IC-19	124		
T8	BC-IC-21	222		
T9	BC-IC-22	586		
T10	BC-IC-23	1143		

Nota: Las 10 muestras sintéticas de efluente también fueron enviados a analizar por un laboratorio (SGS) con el fin de confirmar su concentración inicial.

3.13. Etapa 4: tratamiento de efluente real de curtiembre

Luego de la ejecución de los ensayos de tratamiento de bioadsorción usando efluentes sintéticos de cromo, se procedió a realizar el tratamiento con un efluente real. Las condiciones de este tratamiento fueron definidos en base a los resultados óptimas con el efluente sintético.

El efluente real fue obtenido de la Planta Piloto de Curtiembre del CITECCAL – Lima (Av. Caquera 1300 – Rimac). Figura 31.

Figura 31

Efluente de Planta Piloto de curtiembre – Citeccal Lima



Nota: muestra de efluente real

Capítulo IV. Análisis y Discusión de resultados

4.1. Resultados de caracterización del aserrín

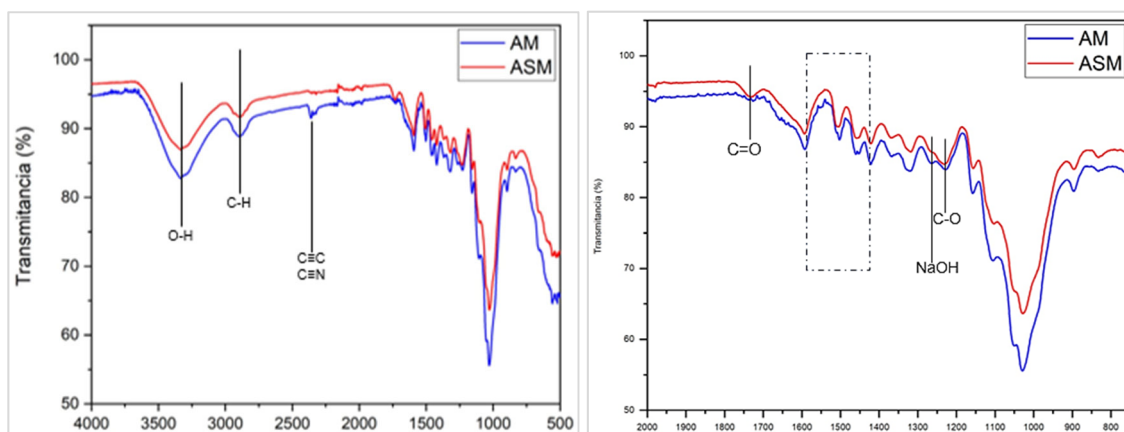
Para la caracterización del aserrín se realizaron dos análisis: espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier (FT-IR) y Difracción de Rayos X (DRX). Con estos análisis se pudieron comparar el aserrín modificado (AM) y sin modificar (ASM) con el fin de evaluar la modificación que sufre el aserrín al someterlo a tratamiento con el hidróxido de sodio (NaOH). El tamaño de las partículas analizadas fue menor a 125 micrómetros.

4.1.1. Espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier (FT-IR)

Los grupos funcionales presentes en el aserrín modificado y sin modificar fueron investigados con el FT-IR. El FT-IR para el aserrín modificado y sin modificar fueron analizados en un rango de bandas de estiramiento o longitud de onda de $4000 - 500\text{cm}^{-1}$, rango característico de los componentes del aserrín (lignina, celulosa y hemicelulosa) (Miao et al., 2024). Figura 32.

Figura 32

Bandas de FT-IR de aserrín modificado(AM) y sin modificar (ASM)



Nota: Izquierda: longitud de onda $4000 - 500\text{ cm}^{-1}$; Derecha: $2000 - 750\text{ cm}^{-1}$

Para el caso del aserrín sin modificar (ASM) y modificado (AM), en la figura 32 (izquierda) se visualiza un pico amplio alrededor de los 3400 cm^{-1} que indica la presencia de los grupos O-H de la lignina y celulosa unidos a las moléculas de agua que están absorbidas en la superficie del aserrín, y a la longitud de onda de 2925 cm^{-1} la vibración

por el estiramiento de los enlaces C-H de los grupos metilo de la celulosa; y un pequeño pico espectral en la región de 2360 cm^{-1} y 2160 cm^{-1} representó la disponibilidad de los grupos $\text{C} \equiv \text{C}$ y $\text{C} \equiv \text{N}$ de la hemicelulosa (Afzaal et al., 2022). Los picos entre 1400 – 1600 cm^{-1} son atribuidos al esqueleto aromático de la lignina y los picos entre los 600 y 900 cm^{-1} representan los picos característicos de los monómeros aromáticos (Lv et al., 2022).

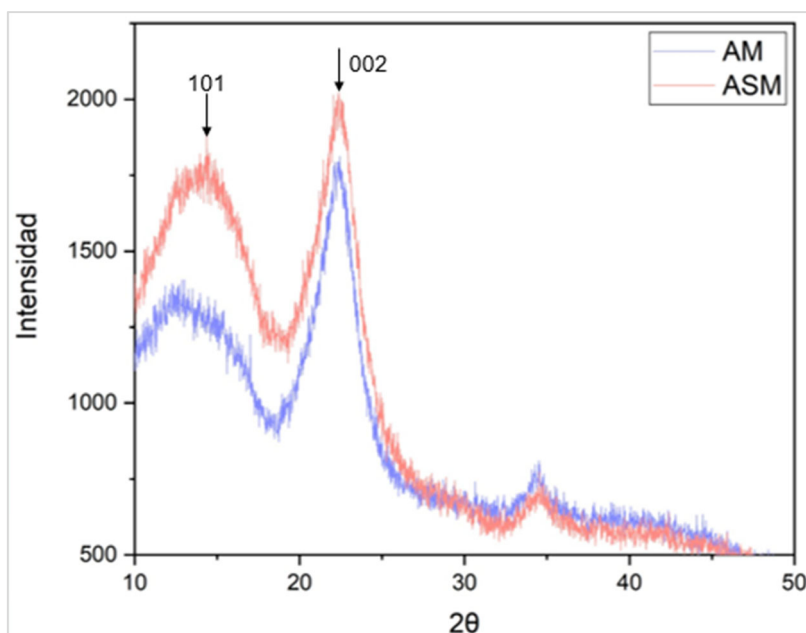
En la figura 32 (derecha) en el espectro del aserrín sin modificar (ASM) hay dos fuertes bandas de adsorción que fueron observados a los 1730 cm^{-1} que corresponde a la vibración de los enlaces C=O de los grupos funcionales de los metilester, y alrededor de 1230 cm^{-1} que corresponde a la vibración de los enlaces C-O del grupo funcional acetilo pertenecientes a la hemicelulosa; sin embargo, el pico alrededor de las 1730 cm^{-1} desaparece en el espectro del aserrín modificado (AM), lo que indica que hubo remoción de la hemicelulosa durante la modificación del aserrín (Miao et al., 2024). Para el caso del aserrín modificado (AM), presenta un ligero pronunciamiento de más picos pequeños en el rango de 1400 – 1600 cm^{-1} , evidenciando así que el pretratamiento promovió la descomposición de la lignina en monómeros aromáticos y aumentó la formación de oligómeros de bajo peso molecular (Lv et al., 2022). Así mismo, en la curva del aserrín modificado (AM) se evidencia la aparición de un ligero pico alrededor de los 1330 cm^{-1} , longitud de onda característico del NaOH (Lv et al., 2022), este ligero pico evidencia la presencia residual de NaOH luego del proceso de lavado del aserrín modificado.

4.1.2. Difracción de Rayos X (DRX)

Para investigar las estructuras cristalinas de la celulosa antes y después de la modificación con NaOH, se midieron los patrones XRD para estas muestras. Figura 33.

Figura 33

DRX del aserrín modificado (AM) y Sin Modificar (ASM)



En la Figura 33, el aserrín muestra dos picos característicos correspondientes a las lignocelulosas a 16.1° y 22.5° , los cuales corresponden a la red cristalina de 101, 002 respectivamente (Liu et al., 2012). Luego de la modificación con NaOH, como se puede ver en la curva del espectro DRX para el aserrín modificado (AM), se evidencia una ligera reducción de estos 02 picos característicos. Especialmente, en el pico correspondiente a la red cristalina de tipo 101 se puede evidenciar un gran desplazamiento y reducción hasta llegar a un nivel de “achatamiento” evidente; y respecto al 002 lo que ocurre es un ligero desplazamiento. La alteración de estos picos demuestra la disminución del grado de cristalización de la lignocelulosa, específicamente de la celulosa que es el componente cristalino del aserrín, debido a que su estructura fue transformada luego de la modificación (Lv et al., 2022). Esta disrupción de la estructura cristalina de la celulosa se da debido a que una gran cantidad de enlaces puente de hidrógeno entre y dentro de la celulosa fueron destruidos (Lv et al., 2022). Adicionalmente, en el rango de 30° a 40° se nota un evidente pronunciamiento de picos en la curva del espectro del aserrín modificado (AM), estos son los picos característicos de los cristales del NaOH según (Liu et al., 2012).

4.2. Determinación de las eficiencias de remoción

Para determinar la eficiencia de remoción, debemos conocer los resultados del proceso de bioadsorción. Tabla 13 y 14.

Tabla 13

Resultados de la concentración de cromo a diferente dosis del biosorbente

Tratamiento	[Asr]- g/L	m(Asr)-g	Vol.(L)	pH	t (h)	[Cr]o - mg/l	[Cr]e - mg/l
BC-IA-01	5	1	0.2	3-4	4	85	65.4913
BC-IA-03	10	2	0.2	3-4	4	85	34.5229
BC-IA-04	15	3	0.2	3-4	4	85	16.3457
BC-IA-05	20	4	0.2	3-4	4	85	5.3976
BC-IA-06	25	5	0.2	3-4	4	85	4.7683
BC-IA-07	30	6	0.2	3-4	4	85	2.3795
BC-IA-08	35	7	0.2	3-4	4	85	1.0645
BC-IA-09	40	8	0.2	3-4	4	85	1.2959
BC-IA-10	45	9	0.2	3-4	4	85	1.6059
BC-IA-19	50	10	0.2	3-4	4	85	2.548

Nota: Fuente: SGS

[Asr]: Concentración del aserrín (biosorbente) en el tratamiento.

m(Asr): Masa del aserrín (biosorbente) en el tratamiento.

[Cr]o: Es la concentración inicial de cromo total;

[Cr]e: Es la concentración final de cromo total luego del tratamiento.

Tabla 14

Resultados de la concentración de cromo a diferente concentración inicial

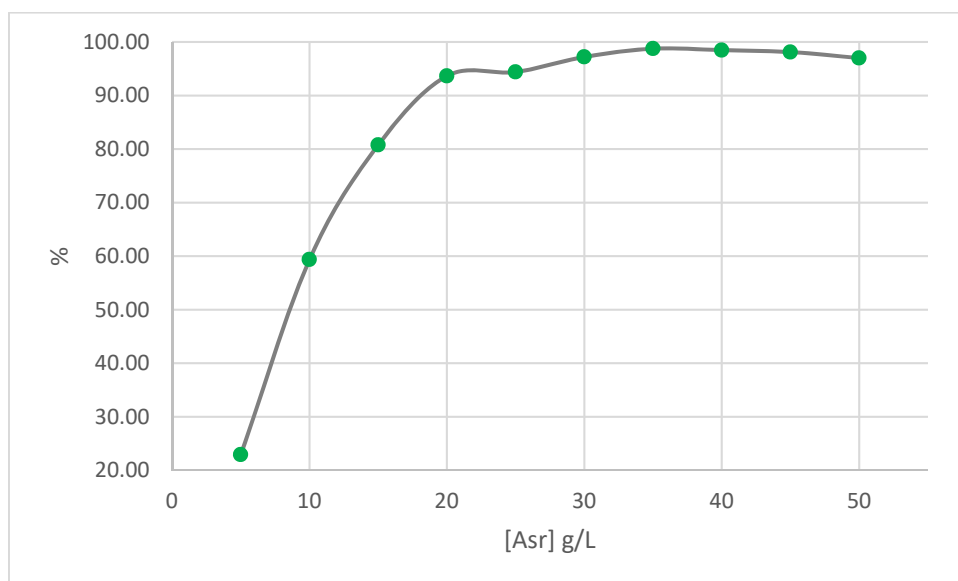
Tratamiento	[Asr]- g/L	m(Asr)-g	Vol.(L)	pH	t (h)	[Cr]o - mg/l	[Cr]e - mg/l
BC-IC-01	25	5	0.2	3-4	4	10.6308	0.3902
BC-IC-05	25	5	0.2	3-4	4	16.407	0.4709
BC-IC-06	25	5	0.2	3-4	4	24.138	0.8247
BC-IC-08	25	5	0.2	3-4	4	48.4985	0.9229
BC-IC-09	25	5	0.2	3-4	4	72.5665	1.9308
BC-IC-10	25	5	0.2	3-4	4	92.8806	3.5528
BC-IC-19	25	5	0.2	3-4	4	123.6647	11.4731
BC-IC-21	25	5	0.2	3-4	4	221.8003	101.6477
BC-IC-22	25	5	0.2	3-4	4	585.5511	305.5235
BC-IC-23	25	5	0.2	3-4	4	1142.8856	839.4434

Nota: Fuente SGS

Con los resultados de cromo en el equilibrio Cr_e (concentración de cromo luego del proceso de bioadsorción) y Cr_0 (concentración de cromo inicial), se procedió a calcular la eficiencia de adsorción para cada muestra. Tabla 15 y 16.

Tabla 15*Eficiencia de remoción del cromo a diferente dosis del biosorbente*

Tratamiento	[Asr]- g/L	m(Asr)-g	[Cr]o - mg/l	[Cr]e - mg/l	% eficiencia de remoción
BC-IA-01	5	1	85	65.4913	22.92
BC-IA-03	10	2	85	34.5229	59.37
BC-IA-04	15	3	85	16.3457	80.76
BC-IA-05	20	4	85	5.3976	93.65
BC-IA-06	25	5	85	4.7683	94.39
BC-IA-07	30	6	85	2.3795	97.20
BC-IA-08	35	7	85	1.0645	98.75
BC-IA-09	40	8	85	1.2959	98.47
BC-IA-10	45	9	85	1.6059	98.11
BC-IA-19	50	10	85	2.548	97.00

Figura 34*Curva de %RE a diferente dosis del aserrín modificado*

Según la Figura 34, se puede observar que el porcentaje de eficiencia de remoción del cromo aumenta con la dosis del aserrín; es decir, a medida que se aumenta la dosis del aserrín modificado, aumenta el % de remoción del cromo. Cabe mencionar que a dosis igual o mayor a 20 g/L de aserrín, la remoción logró alcanzar una eficiencia mayor a 90%. Además, teniendo una dosis de aserrín igual a 35 g/L se puede lograr la

máxima eficiencia de remoción de 98.75%, luego del cual esta eficiencia se mantiene casi constante al incrementar la dosis del aserrín.

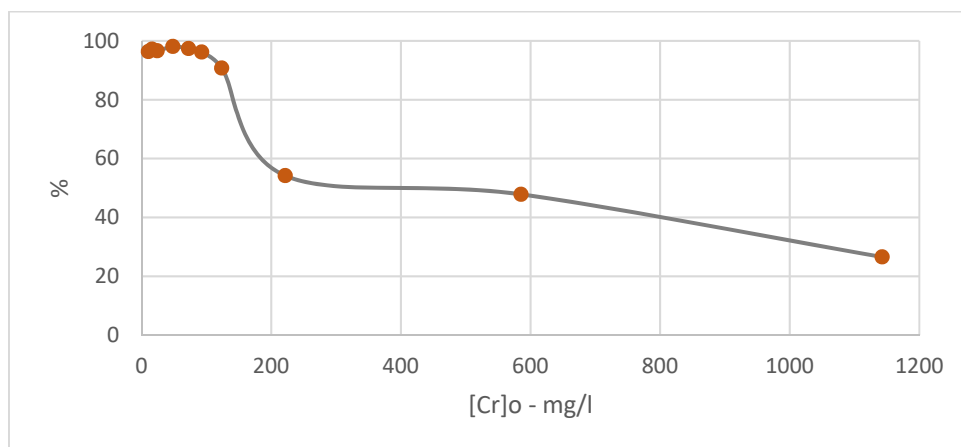
Tabla 16

Eficiencia de remoción del cromo a diferente concentración inicial

Tratamiento	[Asr]-g/L	m(Asr)-g	[Cr]o - mg/l	[Cr]e - mg/l	% eficiencia de remoción
BC-IC-01	25	5	10.6308	0.3902	96.33
BC-IC-05	25	5	16.407	0.4709	97.13
BC-IC-06	25	5	24.138	0.8247	96.58
BC-IC-08	25	5	48.4985	0.9229	98.10
BC-IC-09	25	5	72.5665	1.9308	97.34
BC-IC-10	25	5	92.8806	3.5528	96.17
BC-IC-19	25	5	123.6647	11.4731	90.72
BC-IC-21	25	5	221.8003	101.6477	54.17
BC-IC-22	25	5	585.5511	305.5235	47.82
BC-IC-23	25	5	1142.8856	839.4434	26.55

Figura 35

Curva de %RE a diferente concentración inicial de cromo en el efluente



Según la Figura 35, se puede observar que el porcentaje de eficiencia de remoción disminuye a medida que se aumenta la concentración inicial del cromo en el efluente. De la figura se puede visualizar que a concentraciones de cromo menores a 600 mg/L se puede lograr obtener una eficiencia de remoción mayor a 50%. Además, a concentraciones igual o menores a 123 mg/L podemos obtener una eficiencia de remoción mayores a 90%.

4.3. Determinación de la capacidad de adsorción

La capacidad de adsorción es atribuida al absorbente, es decir al aserrín modificado. Nos indica la masa de cromo (mg) que es capaz de absorber un gramo de aserrín modificado(g), según la siguiente ecuación:

$$q_e = \frac{(Cr_0 - Cr_e)V}{m}$$

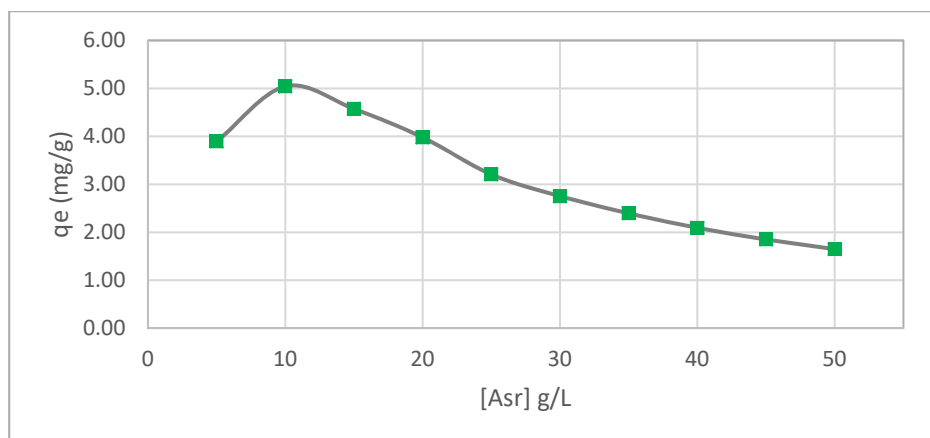
donde q_e ($\frac{mg}{m}$) es la capacidad de adsorción de cromo luego de alcanzar el equilibrio, V es el volumen de la solución (L), Cr_0 es la concentración de cromo al inicio (mg/L), Cr_e concentración de cromo en el equilibrio (mg/L) y m (g) la masa del biosorbente.

Con los resultados de cromo en el equilibrio Cr_e (concentración de cromo luego del proceso de bioadsorción), masa del biosorbente (m) y Cr_0 (concentración de cromo inicial), se procedió a calcular la capacidad de adsorción (q_e) para cada muestra. Tabla 17 y 18.

Tabla 17

Capacidad de adsorción a diferentes dosis del aserrín

Tratamiento	[Asr]- g/L	m(Asr)-g	[Cr]o - mg/l	[Cr]e - mg/l	q_e (capacidad de adsorción) – mg/g
BC-IA-01	5	1	85	65.4913	3.90
BC-IA-03	10	2	85	34.5229	5.04
BC-IA-04	15	3	85	16.3457	4.57
BC-IA-05	20	4	85	5.3976	3.98
BC-IA-06	25	5	85	4.7683	3.21
BC-IA-07	30	6	85	2.3795	2.75
BC-IA-08	35	7	85	1.0645	2.40
BC-IA-09	40	8	85	1.2959	2.09
BC-IA-10	45	9	85	1.6059	1.85
BC-IA-19	50	10	85	2.548	1.65

Figura 36*Gráfica de capacidad de adsorción en función a la dosis del aserrín*

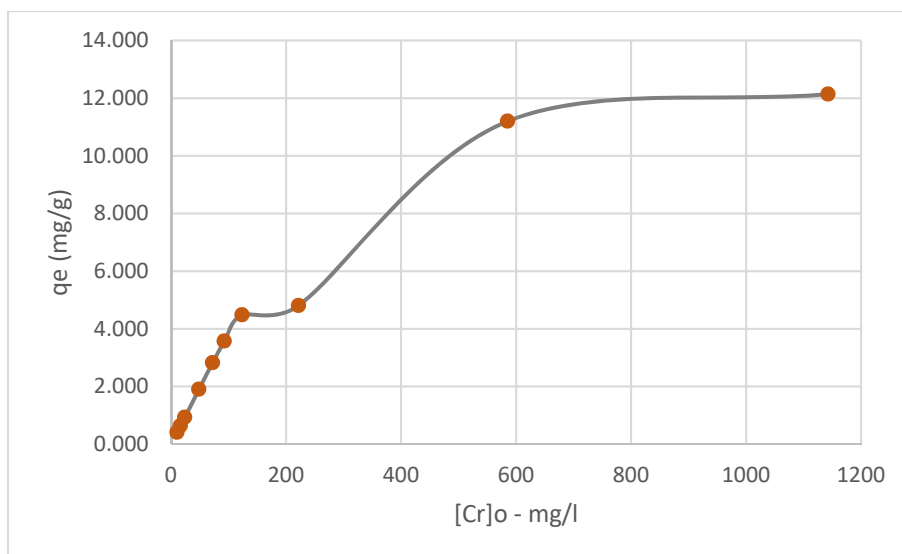
Como se muestra en la figura 36, la capacidad de adsorción del aserrín alcanzó su máximo valor cuando este se encontró a una concentración de 10 g/L, es decir que con cada gramo de aserrín se pudo adsorber 5.04 mg de cromo en la muestra de 200mL de efluente de cromo. Para dosis de aserrín mayores a 10 g/L, si bien es cierto que se removió mayor cantidad de cromo, esto solo fue posible aumentando la dosis de aserrín, por lo que su capacidad de remoción se reducía a medida que se aumentaba la cantidad de aserrín en el proceso de adsorción.

Tabla 18*Capacidad de adsorción a diferente concentración inicial*

Tratamiento	[Asr]-g/L	m(Asr)-g	[Cr]o - mg/l	[Cr]e - mg/l	qe(capacidad de adsorción) – mg/g
BC-IC-01	25	5	10.6308	0.3902	0.410
BC-IC-05	25	5	16.407	0.4709	0.637
BC-IC-06	25	5	24.138	0.8247	0.933
BC-IC-08	25	5	48.4985	0.9229	1.903
BC-IC-09	25	5	72.5665	1.9308	2.825
BC-IC-10	25	5	92.8806	3.5528	3.573
BC-IC-19	25	5	123.6647	11.4731	4.488
BC-IC-21	25	5	221.8003	101.6477	4.806
BC-IC-22	25	5	585.5511	305.5235	11.201
BC-IC-23	25	5	1142.8856	839.4434	12.138

Figura 37

Capacidad de adsorción en función a [Cr]o



Según la figura 37, la capacidad de adsorción del aserrín es directamente proporcional a la concentración inicial de cromo en el efluente, es decir un gramo de aserrín absorbe mayor cantidad de cromo a medida que se aumenta la concentración inicial de cromo en el efluente.

4.4. Isotermas de adsorción

Con el fin de evaluar el comportamiento entre el aserrín modificado (absorbente) y los iones de cromo (absorbato) se debe relacionar los parámetros de concentración de cromo en el equilibrio (C_e - mg/l) y la capacidad de adsorción del aserrín (q_e - mg/g), ambos parámetros fueron determinados en ítem 4.2 y 4.3. Los modelos de isoterma que se ha empleado para tal fin serán los modelos de Freundlich y Lagmuir, cuyos modelos se ajustan mejor a los procesos de bioadsorción (Bonilla-Petriciolet et al., 2017).

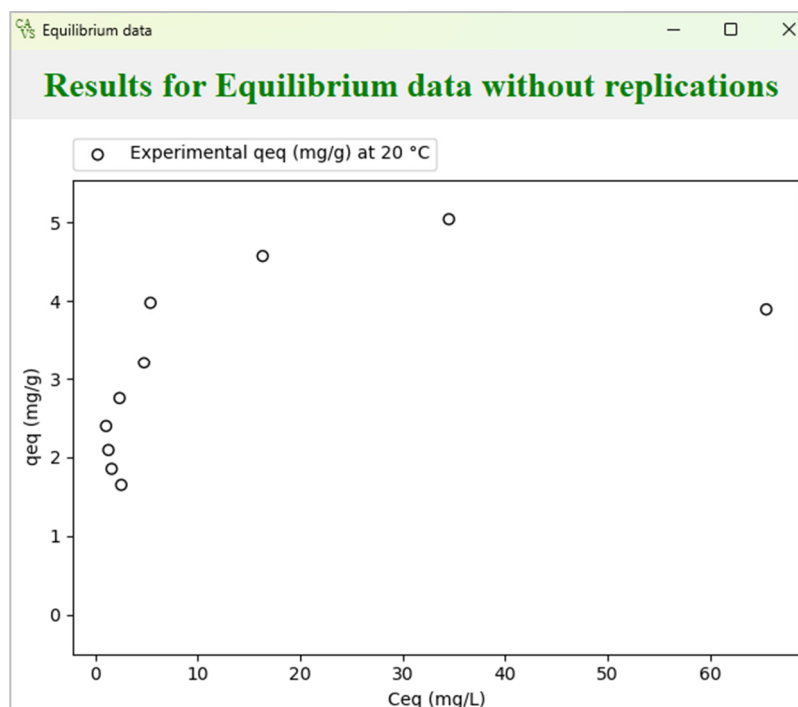
Las curvas de isoterma fueron obtenidas con el programa CAVS – absorption evaluation 2.0 (2020).

4.4.1. Modelo de Isoterma en función a la dosis del aserrín

Teniendo los valores de (C_e - mg/l) y la capacidad de adsorción (q_e - mg/g) obtenidos en la tabla 17, se elaboró la curva de isoterma en el programa CAVS – absorption evaluation 2.0 (2020): Figura 28.

Figura 38

Isoterma de adsorción de cromo en función a la dosis del aserrín



Como ya se ha mencionado, se utilizaron los modelos de Freundlich y Lagmuir, para lo cual los datos experimentales se ajustaron a dichos modelos para luego identificar el modelo más óptimo y el que se ajuste mejor al proceso de adsorción e interacción entre el aserrín modificado (biosorbente) y el cromo.

4.4.1.1. Isoterma según modelo de Freundlich. El modelo de Freundlich cumple la siguiente ecuación exponencial:

$$q_e = k_f C_e^{1/n} \dots (1)$$

Donde k_f ($\text{mg}^{(1-1/n)} \cdot \text{L}^{(1/n)} \cdot \text{g}^{-1}$) es la constante de capacidad de adsorción y n es la constante de intensidad de adsorción.

Debido a que es una ecuación exponencial, se ha transformado a su forma linealizada de la siguiente manera:

$$\log q_e = \frac{1}{n} \log C_e + \log k_f \dots (2)$$

Que representa la siguiente ecuación lineal:

$$Y = AX + B \dots (3)$$

Siendo:

$$Y = \log q_e$$

$$X = \log C_e$$

$$A = \frac{1}{n}$$

$$B = \log k_f$$

Se procedió a realizar el cálculo de X e Y para cada valor de C_e (mg/L) y q_e (mg/g): Tabla 19.

Tabla 19

Valores linealizados de C_e y q_e para el diseño del modelo Freundlich

		X		Y	
C_e(mg/L)	q_e (mg/g)	$\log(C_e)$	$\log(q_e)$		
65.4913	3.89512	1.81618361	0.59052084		
34.5229	5.04440	1.53810727	0.70280952		
16.3457	4.57475	1.21340352	0.66036705		
5.3976	3.97847	0.7322007	0.59971554		
4.7683	3.20794	0.67836357	0.50622678		
2.3795	2.75291	0.37648571	0.43979254		
1.0645	2.39721	0.02714567	0.37970634		
1.2959	2.09178	0.11257149	0.32051497		
1.6059	1.85247	0.2057185	0.2677504		
2.548	1.64838	0.40619942	0.21705681		

Posteriormente, se procedió a elaborar el diseño y gráfico del Modelo linealizado de la isoterma de adsorción de Freundlich que se obtiene variando la dosis de aserrín a una temperatura ambiente, como lo muestra la siguiente figura 39.

Figura 39

Modelo linealizado de isoterma de Freunlich - Dosis de aserrín

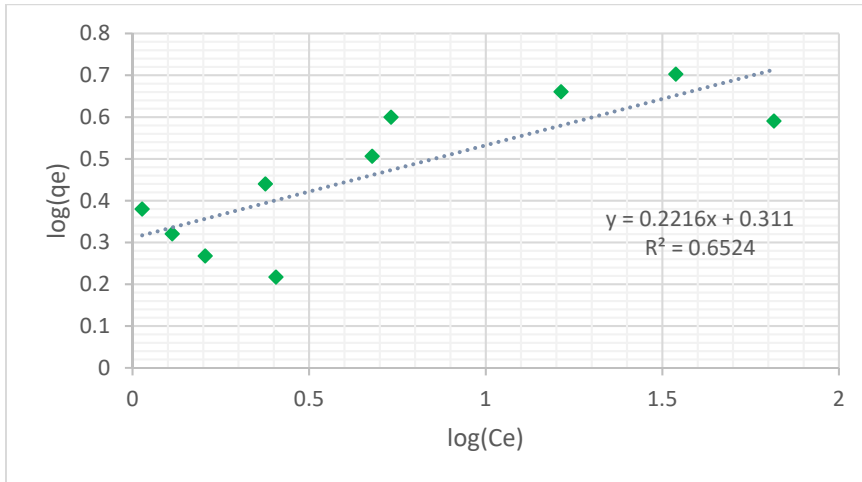


Tabla 20

Cálculo de las constantes de la ecuación de Freunlich

0.2216=	1/n
n=	4.51263538
0.311=	Log(kf)
kf=	2.04644464

4.4.1.2. Isotherma según modelo de Lagmuir. El modelo de Lagmuir cumple la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_m} + \frac{1}{K_L q_m C_e} \dots (4)$$

Multiplicando por Ce a la ecuación (4) nos resultado la siguiente ecuación:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{C_e}{q_m} + \frac{1}{K_L q_m} \dots (5)$$

Que representa la siguiente ecuación lineal:

$$Y = AX + B \dots (6)$$

Siendo:

$$Y = \frac{C_e}{q_e}$$

$$X = C_e$$

$$A = \frac{1}{q_m}$$

$$B = \frac{1}{K_L q_m}$$

Donde q_m (mg/L) y K_L (L/mg) son los parámetros de Langmuir relacionados a la máxima capacidad de adsorción y la energía de enlace de la adsorción, respectivamente. Adicionalmente, la isoterma de Lagmuir se puede expresar matemáticamente utilizando una constante adimensional que es el factor de separación R_L (Afzaal et al., 2022), expresada por la siguiente ecuación:

$$R_L = \frac{1}{1 + K_L * C_0} \dots (7)$$

Donde El valor de R_L se encuentra entre 0 y 1 para una adsorción favorable, mientras que si $R_L > 1$ representa una adsorción desfavorable, y si $R_L = 1$ representa adsorción lineal, mientras que el proceso de adsorción es irreversible si $R_L = 0$ (Mzinyane et al., 2023). C_0 es la concentración inicial del cromo en el efluente.

Se procedió a realizar el cálculo de X e Y para cada valor de C_e (mg/L) y q_e (mg/g):
Tabla 21.

Tabla 21

Valores linealizados de C_e y q_e para el diseño del modelo Lagmuir

		X		Y	
C_e(mg/L)	q_e (mg/g)	Ce	Ce/q_e		
65.4913	3.89512	65.4913	16.8136797		
34.5229	5.04440	34.5229	6.84380699		
16.3457	4.57475	16.3457	3.57302845		
5.3976	3.97847	5.3976	1.35670416		
4.7683	3.20794	4.7683	1.48640375		
2.3795	2.75291	2.3795	0.86435703		
1.0645	2.39721	1.0645	0.44405762		
1.2959	2.09178	1.2959	0.6195217		
1.6059	1.85247	1.6059	0.86689819		
2.548	1.64838	2.548	1.54576196		

Posteriormente, se procedió a elaborar el diseño y gráfico del Modelo linealizado de la isoterma de adsorción de Lagmuir que se obtiene variando la dosis de aserrín a una temperatura ambiente, como lo muestra la siguiente Figura 40:

Figura 40

Modelo linealizado de isoterma de Lagmuir - Dosis de aserrín

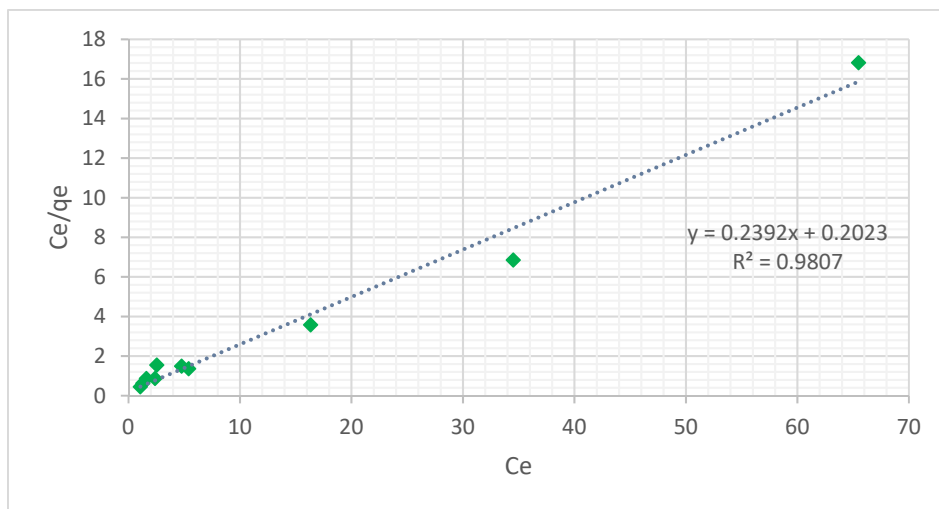


Tabla 22

Cálculo de las constantes de la ecuación de Lagmuir

0.2392	=1/qm
qm=	4.18060201
0.2023	1/qm*KL
KL=	1.18240237
RL=	0.01434118

Teniendo los valores de las constantes en la Tabla 22, podemos tener, finalmente, la ecuación de Lagmuir para el proceso de adsorción del cromo variando la dosis del aserrín modificado:

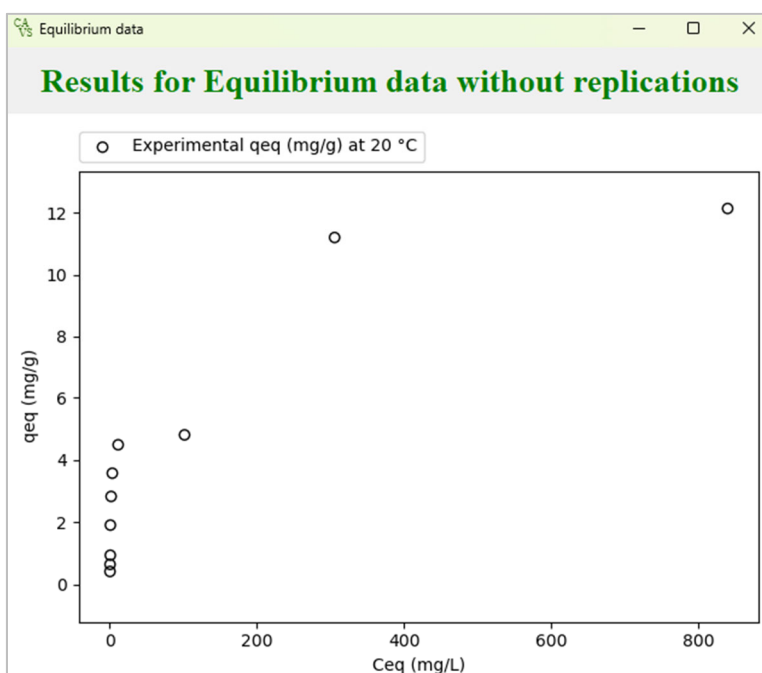
$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{4.18} + \frac{1}{4.18 * 1.18 * C_e}$$

4.4.2. Modelo de Isotherma en función a la concentración del cromo en el efluente

Teniendo los valores de (Ce - mg/l) y la capacidad de adsorción (qe - mg/g) obtenidos en la tabla 18, se elaboró la curva de isoterma en el programa CAVS – absorption evaluation 2.0 (2020). Figura 41.

Figura 41

Isoterma de adsorción de cromo en función a [Cro]



4.4.2.1. Isoterma según modelo de Freundlich. Se procedió a realizar el cálculo de X e Y para cada valor de C_e (mg/L) y q_e (mg/g). Tabla 23.

Tabla 23

Valores linealizados de C_e y q_e para el diseño del modelo Freundlich

		X	Y
C_e (mg/L)	q_e (mg/g)	$\log(C_e)$	$\log(q_e)$
0.3902	0.409624	-0.40871273	-0.38761461
0.4709	0.637444	-0.32707131	-0.19555796
0.8247	0.932532	-0.08370401	-0.03033626
0.9229	1.903024	-0.03484535	0.27944427
1.9308	2.825428	0.28573729	0.45108424
3.5528	3.573112	0.55057076	0.55304663
11.4731	4.487664	1.05968078	0.65202033
101.64769	4.8061048	2.00709751	0.68179324
305.52353	11.2011028	2.48504466	1.04926078
839.4434	12.137688	2.92399142	1.08413597

Posteriormente, se procedió a elaborar el diseño y gráfico del Modelo linealizado de la isoterma de adsorción de Freundlich que se obtiene variando la concentración inicial

de cromo en el efluente a una temperatura ambiente, como lo muestra la siguiente figura 42:

Figura 42

Isoterma de adsorción de Freunlich - en función a $[Cr_6]$

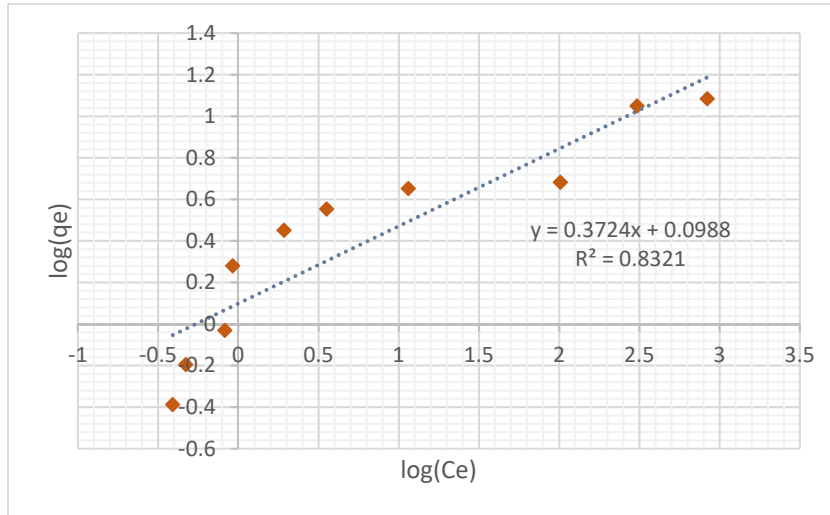


Tabla 24

Cálculo de las constantes de la ecuación de Freunlich

0.3724=	1/n
n=	2.68528464
0.0988=	logkf
kf=	1.25545167

4.4.2.2. Isoterma según modelo de Lagmuir. Se procedió a realizar el cálculo de X e Y para cada valor de Ce(mg/L) y qe (mg/g). Tabla 25.

Tabla 25

Valores linealizados de Ce y qe para el diseño del modelo Lagmuir

		X		Y	
Ce(mg/L)	qe (mg/g)	Ce	Ce/qe		
0.3902	0.409624	0.3902	0.9525809		
0.4709	0.637444	0.4709	0.73873156		
0.8247	0.932532	0.8247	0.88436643		
0.9229	1.903024	0.9229	0.48496498		
1.9308	2.825428	1.9308	0.68336549		
3.5528	3.573112	3.5528	0.99431532		

11.4731	4.487664	11.4731	2.55658623
101.64769	4.8061048	101.64769	21.1497032
305.52353	11.2011028	305.52353	27.2762009
839.4434	12.137688	839.4434	69.160074

Posteriormente, se procedió a elaborar el diseño y gráfico del Modelo linealizado de la isoterma de adsorción de Lagmuir que se obtiene variando la concentración inicial de cromo en el efluente a una temperatura ambiente, como lo muestra la siguiente figura 43.

Figura 43

Isoterma de adsorción de Lagmuir - en función a $[Cr_0]$

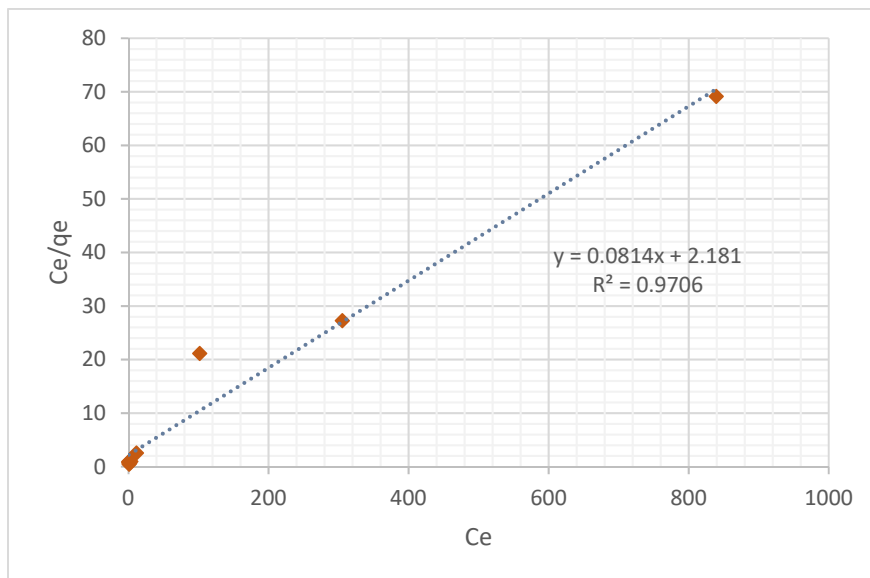


Tabla 26

Cálculo de las constantes de la ecuación de Lagmuir

0.0814	=1/qm
qm=	12.2850123
2.181	1/qm*KL
KL=	0.03732233

Teniendo los valores de las constantes podemos tener, finalmente, la ecuación de Lagmuir para el proceso de adsorción del cromo variando la concentración inicial del cromo en el efluente:

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{12.29} + \frac{1}{12.29 * 0.04 * C_e}$$

4.4.3. Análisis de resultados del modelamiento

Con el fin de analizar y definir qué modelo es más compatible con el comportamiento e interacción entre el aserrín y el cromo, se muestra la siguiente tabla resumen. Tabla 27.

Tabla 27

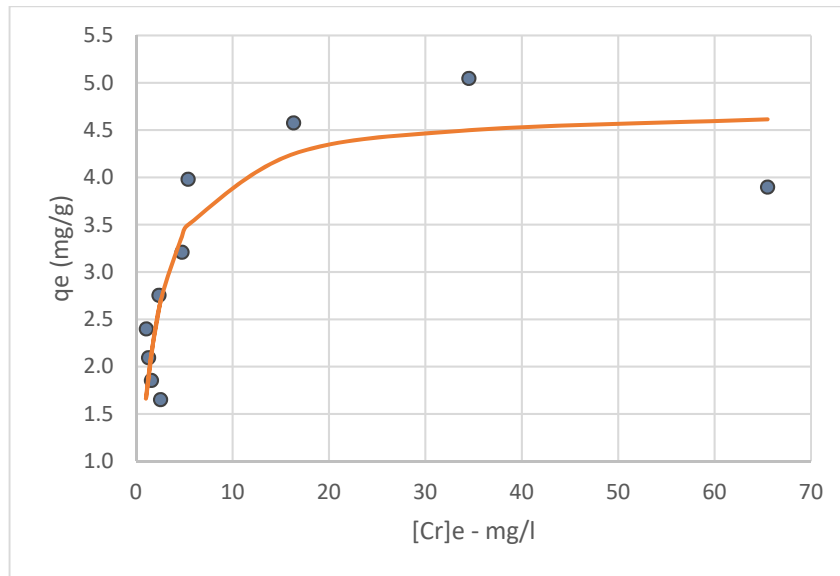
Resultados del modelamiento de isothermas de adsorción

Condiciones	Modelo	Coef. de determinación	Constantes	Ecuación linealizada
Variando a dosis del aserrín	Freunlich	R ² = 0.6524	n=4.513 kf=2.046	$\log q_e = \frac{1}{4.5} \log C_e + \log(2.05)$
	Lagmuir	R ² = 0.9807	qm=4.181 KL=1.182 RL=0.014	$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{4.18} + \frac{1}{4.18 * 1.18 * C_e}$
Variando a concentración del Cromo	Freunlich	R ² = 0.8321	n=2.685 kf=1.255	$\log q_e = \frac{1}{2.7} \log C_e + \log(1.26)$
	Lagmuir	R ² = 0.9706	qm=12.285 KL=0.037	$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{12.29} + \frac{1}{12.29 * 0.04 * C_e}$

Como se puede visualizar en la tabla 27, existe un buen ajuste lineal para el modelo de Lagmuir, por lo que se puede indicar que Lagmuir se ajusta mejor a los resultados de los ensayos realizados tanto variando la dosis del aserrín, así como variando la concentración inicial de cromo en el efluente, con un coeficiente de determinación de R² = 0.9807 y R² = 0.9706 respectivamente. Estos valores de R² cercanos a 1, también indican que el aserrín tiene un muy buen potencial de adsorción de los iones de cromo (Afzaal et al., 2022) según las condiciones a las que fueron sometidas cada tratamiento. El valor de RL= 0.0143 sugiere un proceso de adsorción favorable para el cromo ya que mientras más bajo es el valor de RL, este representa una fuerte afinidad entre el adsorbato (cromo) y el adsorbente (aserrín) (Mzinyane et al., 2023). En ese sentido, se representa la curva no lineal de isoterma de Lagmuir a diferente dosis de aserrín. Figura 44.

Figura 44

Curva no lineal de isoterma de Lagmuir a diferente dosis de aserrín



4.4.4. Comparación de resultados con otras investigaciones

A continuación, se presenta una recopilación de la literatura sobre el uso del aserrín para la remoción de iones de cromo (III) presente en aguas residuales. Tabla 28.

Tabla 28

Recopilación sobre el aserrín como bisorbente de cromo

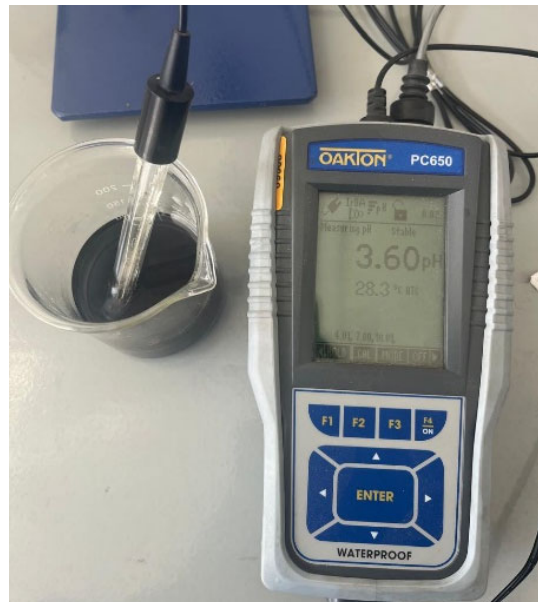
Tipo de aserrín	pH	Tiempo de contacto	Dosis del aserrín	Concentración inicial del cromo	Mejor modelo ajustado	Caracterización del aserrín	Capacidad de adsorción (q_{max})	Eficiencia de remoción (%)	Referencia
Aserrín	4	1h	2 g/L	5-50 mg/L	Lagmuir – Freundlich	FTIR	5.52mg/g	-	(Li et al., 2007)
Aserrín (biochar)	5-7	1h	1 g/L	20 mg/L	Lagmuir – Freundlich	FTIR	43.48 mg/g	99%	(Gunatilake, 2016)
Aserrín (picea smithiana)	7	20 min	20 g/L	-	Freundlich, D-R sorption, Langmuir	-	5.8 μ mol/g	94%	(Ahmad, 2005)
Aserrín de meranti (<i>Acuminata shorea</i>)	6	2h	10 g/L	100-200 mg/L	Lagmuir	SEM, FTIR	37.8 mg/g	94%	(Rafatullah et al., 2009)
Aserrín	2.5	120 min	10 g/L	513.7230 mg/L	Langmuir, Freundlich	SEM, FTIR	4.69 mg/kg	99.27%	(Afzaal et al., 2022)
Aserrín modificado (biosorbente)	3-4	4h	5-50 g/L	10 - 1143 mg/L	Langmuir	FTIR – DRX	12.138 mg/g	98.75%	Presente estudio

4.5. Resultados tratamiento de efluente real

Se tomó 400 mL de efluente real de curtiembre para someterlo a bioadsorción con aserrín modificado (dosis de aserrín 50 g/L) durante 4h y a 250 RPM. No hubo necesidad de ajustar el pH debido a que el efluente tenía un pH de 3.6, valor con el cual se pudo trabajar debido a que está dentro del rango aceptado donde se tiene mejores resultados de bioadsorción. Figura 45.

Figura 45

Medición de pH de efluente real



Debido a que en el efluente real hay una alta concentración de cromo cerca a los 1000 mg/L, se sometió a tratamientos consecutivos según el siguiente esquema: Figura 46.

Figura 46

Diagrama de Tratamiento de Efluente real de curtiembre



Luego de cada etapa de tratamiento se procedió al filtrado respectivo para separar el aserrín del efluente tratado, este proceso se realizó 4 veces hasta llegar al efluente final tratado. Figura 47, 48 y 49. Este efluente final tratado fue enviado para análisis de laboratorio y determinar la concentración final del cromo luego del proceso de bioadsorción con aserrín modificado. Tabla 29.

Figura 47

Tratamiento de efluente real



Nota: Izq. 1er Tratamiento de efluente real /Der: 4to Tratamiento de efluente real

Figura 48

Filtrado del efluente real tratado con el bisorbente



Figura 49

Muestras de Efluente Real y efluente tratado

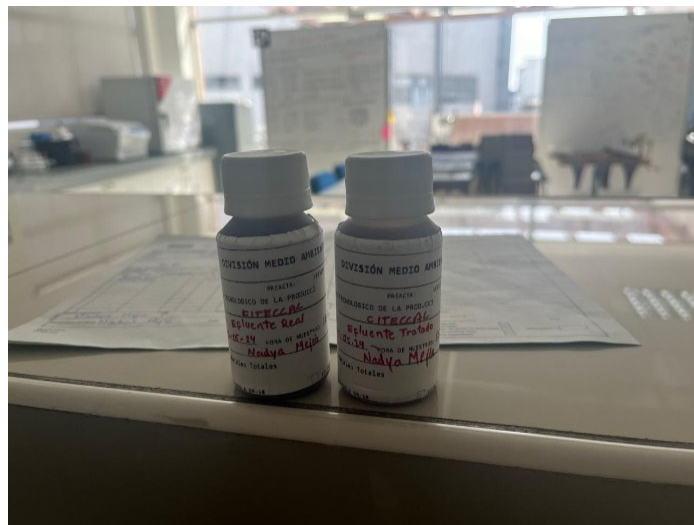


Tabla 29

Resultado del Tratamiento de bioadsorción de efluente Real de curtiembre

Efluente Real	Cr0 = 945.06 mg/L
Efluente Tratado	Cr _f = 483 mg/L
% Adsorción	49 %
Capacidad de adsorción	q _e =3.696 mg/g

Conclusiones

- El análisis de Espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier (FT-IR) demostró que las fibras del aserrín, sometidos a tratamiento con hidróxido de sodio (NaOH), sufren una gran transformación de sus propiedades debido a que se remueve la hemicelulosa y descompone la cadena de lignina. Así mismo, con el análisis de Difracción de Rayos X (DRX) el aserrín sufre una reducción del grado de cristalización por la destrucción de los enlaces puente de hidrógeno de la celulosa (componente cristalino del aserrín). Estas alteraciones generadas a los componentes del aserrín favorecieron su capacidad de adsorción de los iones de cromo, debido a que aumentan las superficies activas de adsorción y éstas se cargan negativamente.
- El aserrín, modificado con NaOH, es un buen biosorbente de iones de cromo debido a que alcanzó una alta eficiencia >90% y máxima capacidad de adsorción de 5.04 mg/g. Lo antes mencionado se logró a ciertas condiciones de solución de sulfato básico de cromo (efluente sintético) de hasta 124 mg/L, pH (3-4), temperatura (T° ambiente), velocidad de agitación (250 RPM), tamaño de partículas del aserrín (2.5 – 5mm) y dosis del biosorbente (aserrín modificado) >15 g/L.
- El proceso de bioadsorción entre el aserrín y el cromo se ajusta mucho mejor al modelo de isoterma de adsorción de Lagmuir con valores de R^2 cercanos a 1, lo cual indica que el aserrín modificado tiene un muy buen potencial de adsorción de los iones de cromo. Por otro lado, $RL = 0.0143$ (valor adimensional del modelo de Lagmuir) sugiere un proceso de adsorción favorable para el cromo ya que este representa una fuerte afinidad entre el adsorbato (cromo) y el absorbente (aserrín modificado).
- El efluente real de curtiembre, proveniente de la etapa de curtido y con altas concentraciones de cromo cerca del 1000 mg/L, puede ser tratado con aserrín modificado con NaOH, mediante el proceso de bioadsorción ya que éste puede ser

capaz de remover cerca del 50% de cromo presente en el efluente, con una capacidad de adsorción 3.696 mg/g.

Recomendaciones

- Para obtener una caracterización completa del aserrín modificado con NaOH, se recomienda realizar un análisis SEM (Microscopía electrónica de barrido) para conocer la morfología exacta del aserrín antes y después de modificado.
- Se recomienda realizar un análisis de adsorción de cromo a diferentes condiciones de pH, velocidad de agitación, tamaño de partícula de aserrín y tiempo de tratamiento (buscar un menor tiempo de proceso de adsorción hasta llegar al equilibrio).
- Se recomienda considerar réplicas para los diferentes niveles de concentración inicial del cromo y dosis del biosorbente para asegurar una mejor representatividad y confiabilidad de resultados.
- Se recomienda hacer el análisis de la cinética de adsorción considerando diferentes tiempos de adsorción.
- Se recomienda hacer un análisis de eficiencia de adsorción a diferentes tipos de modificación de aserrín, puede ser con ácidos, otras bases o la combinación de ambos.
- Se recomienda realizar el análisis de adsorción de cromo considerando un efluente real de curtiembre como compuesto, es decir el efluente que resulta de la mezcla de todos los procesos de curtición.

Referencias bibliográficas

- Afzaal, M., Hameed, S., Abbasi, N. A., Liaqat, I., Rasheed, R., Khan, A. A., & Manan, H. A. (2022). Removal of Cr (III) from wastewater by using raw and chemically modified sawdust and corn husk. *Water Practice and Technology*, 17(9), 1937–1958. <https://doi.org/10.2166/wpt.2022.093>
- Ahmad, R. (2005). Sawdust: Cost Effective Scavenger for the Removal of Chromium(III) Ions from Aqueous Solutions. *Water, Air, and Soil Pollution*, 163(1–4), 169–183. <https://doi.org/10.1007/s11270-005-0217-x>
- Alvares, P. (2018). *Características tecnológicas del cuero para capellada de alpaca huacaya (Lama pacos) adulta, curtido mediante los métodos wet-white y wet-blue* [Tesis de grado]. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Amaya, J., Tristancho, A., & Sanchez, F. (2005). Employing fly ash and FCC catalyser waste in recovering chrome (III) from liquid effluent emitted by tanneries. *Revista INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN*, 57(57), 39–48.
- Aprueban Los Límites Máximos Permisibles Para Efluentes de Las Actividades de Curtido y Adobo de Cuero, Así Como Adobo y Teñido de Pieles., Pub. L. No. Decreto Supremo N.º 010-2023-MINAM, Diario El Peruano (2023).
- Argun, M., & Dursun, S. (2006). Removal of heavy metal ions using chemically modified adsorbents. *J. Int. Environmental Application & Science*, 1(2), 27–40. <https://www.researchgate.net/publication/266888800>
- Argun, M. E., Dursun, S., Ozdemir, C., & Karatas, M. (2007). Heavy metal adsorption by modified oak sawdust: Thermodynamics and kinetics. *Journal of Hazardous Materials*, 141(1), 77–85. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.06.095>
- Bonilla-Petriciolet, A., Mendoza-Castillo, D. I., & Reynel-Ávila, H. E. (2017). Adsorption processes for water treatment and purification. In *Adsorption Processes for Water Treatment and Purification*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-58136-1>
- Cañizares, R. (2000). Biosorción de metales pesados mediante el uso de biomasa microbiana. *Revista Latinoamericana de Microbiología*, 42, 131–143.
- Cárdenas, S., & Ortega, J. (2015). *Modelamiento y simulación de una columna de adsorción de lecho fijo para la remoción de Cr (VI) de soluciones acuosas utilizando*

- aserrín como adsorbente* [Tesis de grado]. Universidad Nacional San Agustín de Arequipa.
- Chávez, Á. (2010). Descripción de la nocividad del cromo proveniente de la industria curtiembre y de las posibles formas de removerlo. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 9(17), 41–50.
- CITEccal - Lima. (2018). *Evaluación para la sustitución de procesos y/o productos químicos para la producción limpia en la cuero y calzado*. <https://doi.org/10.1080/10643380590521436?sr>
- Concejo Nacional del Cuero Frances - CNC. (2024). *situación actual del cuero en 2022*.
- Córdova, A., & Medina, M. (2019). *Biorremoción con semilla de papaya arequipeña (Vasconcellea pubescens) para cromo total en efluentes de curtiembres, Arequipa* [Tesis de grado]. Universidad Católica de Santa María.
- Covington, A. (1997). Modern tanning chemistry. *Chemical Society Reviews*, 2, 73–146.
- Decreto Supremo Que Aprueba El Reglamento de Valores Máximos Admisibles (VMA) Para Las Descargas de Aguas Residuales No Domésticas En El Sistema de Alcantarillado Sanitario, Pub. L. No. Decreto Supremo N.º 010-2019-VIVIENDA, Diario El Peruano (2019).
- Escoto-Palacios, M. J., Pérez-Limiñana, M. A., & Arán-Ais, F. (2016). *From leather waste to functional leather* (INESCOP, Ed.).
- EUROPEAN COMMISSION. (2003). *Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Best Available Techniques for the Textiles Industry*.
- Gaballah, I., & Kilbertus, G. (1998a). Recovery of heavy metal ions through decontamination of synthetic solutions and industrial effluents using modified barks. In *Journal of Geochemical Exploration* (Vol. 62).
- Gaballah, I., & Kilbertus, G. (1998b). Recovery of heavy metal ions through decontamination of synthetic solutions and industrial effluents using modified barks. *Journal of Geochemical Exploration*, 62, 241–286.
- Gunatilake, S. K. (2016). Removal of Cr (III) Ions from Wastewater using Sawdust and Rice Husk Biochar Pyrolyzed at Low Temperature. *International Journal for Innovation Education and Research*, 4(4), 44–54. <https://doi.org/10.31686/ijer.vol4.iss4.531>

- Haro Sarango, A. F., Chisag Pallmay, E. R., Ruiz Sarzosa, J. P., & Caicedo Pozo, J. E. (2024). Tipos y clasificación de las investigaciones. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 5(2). <https://doi.org/10.56712/latam.v5i2.1927>
- Huamaní, G. (2014). *La industria de la curtiembre y su incidencia en el medio ambiente de la ciudad de Lima - 2012* [Tesis de maestría]. Universidad Nacional del Callao.
- Lagos, L. (2016). *Bioadsorción de cromo con borra de café en efluentes de una industria curtiembre local* [Tesis de grado]. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Lazo Cuentas, A. (2017). *Evaluación de la contaminación ambiental generada por efluentes industriales en el proceso productivo de una curtiembre de mediana capacidad del parque industrial de Río Seco, Arequipa* [Tesis de grado]. Universidad Nacional San Agustín de Arequipa.
- Li, Q., Zhai, J., Zhang, W., Wang, M., & Zhou, J. (2007). Kinetic studies of adsorption of Pb(II), Cr(III) and Cu(II) from aqueous solution by sawdust and modified peanut husk. *Journal of Hazardous Materials*, 141(1), 163–167. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.06.109>
- Liu, M., Wang, H., Han, J., & Niu, Y. (2012). Enhanced hydrogenolysis conversion of cellulose to C2-C3 polyols via alkaline pretreatment. *Carbohydrate Polymers*, 89(2), 607–612. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.03.058>
- Lofrano, G., Meriç, S., Zengin, G. E., & Orhon, D. (2013). Chemical and biological treatment technologies for leather tannery chemicals and wastewaters: A review. *Science of the Total Environment*, 461–462, 265–281. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.05.004>
- Lopez, M. (2015). *Efecto del aserrín de bolaina (guazuma crinita) y cáscara de cacao (theobroma cacao l.) en la producción de pleurotus ostreatus* [Tesis de grado]. UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA AMAZONÍA.
- Lv, S., Lin, X., Gao, Z., Hou, X., Zhou, H., & Sun, J. (2022). Phenol Liquefaction of Waste Sawdust Pretreated by Sodium Hydroxide: Optimization of Parameters Using Response Surface Methodology. *Molecules*, 27(22). <https://doi.org/10.3390/molecules27227880>
- Mann, B., & McMillan, M. (2008). THE CHEMISTRY OF THE LEATHER INDUSTRY. *GL Bowron & Co. Ltd., and Aranui High School*.

- Martín, M. A. (2008). *Caracterización y aplicación de biomasa residual a la eliminación de metales pesados* [Tesis de doctorado]. Universidad de Granada.
- Melgar, D. (2000). *Tecnología del cuero: Proceso de curtido, control de calidad y maquinarias* (2nd ed., Vol. 2).
- Miao, X., Hua, W., Li, Y., Bian, F., & Xiao, T. (2024). Extraction of cellulose nanofibrils from pine sawdust by integrated chemical pretreatment. *Heliyon*, 10(3). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25355>
- Minaya Pereyra, M., Cari Rodríguez, P. W., Garate Quispe, J. S., & Achata, L. R. (2020). Carbón activado de residuos maderables de shihuahuaco (*Dipteryx micrantha*), y su aplicación en decoloración de aceite de castaña (*Bertholletia excelsa*). *Ciencia Amazónica (Iquitos)*, 8(1), 1–16. <https://doi.org/10.22386/ca.v8i1.277>
- Mohan, D., & Pittman, C. U. (2006). Activated carbons and low cost adsorbents for remediation of tri- and hexavalent chromium from water. *Journal of Hazardous Materials*, 137(2), 762–811. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.06.060>
- Mwinyihija, M. (2010). *Ecotoxicological Diagnosis in the Tanning Industry* (Springer New York, Vol. 1). <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6266-9>
- Mzinyane, N. N., Mngqwu, K. M., & Moukangoe, K. M. (2023). Adsorption of Hexavalent Chromium Ions Using Pine Sawdust Cellulose Fibres. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(17). <https://doi.org/10.3390/app13179798>
- Nargis, A., Habib, A., Harun-Or-Rashid, Harun, H. B., Islam Sarker, M. S., Jin, R., Liu, G., Liu, W., Al-Razee, A. N. M., Chen, K., & Cai, M. (2021). Status of multielement in water of the river Buriganga, Bangladesh: Aquatic chemistry of metal ions in polluted river water. *Emerging Contaminants*, 7, 99–115. <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2021.03.001>
- ONU - Naciones Unidas. (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible. *Objetivos de Desarrollo Sostenible*.
- Palomino, C. (2016). *Aprovechamiento de pelos de vacuno del proceso de pelambre de las curtiembres en la remoción de plomo de un efluente* [Tesis de maestría]. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Pazos, P. (2007). *Biodisponibilidad de Cromo en sedimentos marinos de la Ría de Arousa* [Tesis de doctorado]. Universidad Santiago de Compostela.

- Politi, D., & Sidiras, D. (2012). Wastewater treatment for dyes and heavy metals using modified pine sawdust as adsorbent. *Procedia Engineering*, 42, 1969–1982. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.593>
- Prado, D., & Chavez, F. (2013). *Factibilidad de Biosorción de Cromo (III y VI) en Aguas Residuales Industriales - ARI's contaminadas utilizando microflora nativa aislada y caracterizada en su hábitat proveniente del Parque Industrial Rio Seco- PIRS Arequipa, Perú* [Tesis de grado]. Universidad Católica de Santa María.
- Quispe, H. (2016). *Recuperación de zinc de las aguas residuales de la ciudad de Juliaca por adsorción con salmuera de NaCl y aserrín de pino (pinos sylvestris)* [Tesis de grado]. Universidad Nacional del Altiplano.
- Rafatullah, M., Sulaiman, O., Hashim, R., & Ahmad, A. (2009). Adsorption of copper (II), chromium (III), nickel (II) and lead (II) ions from aqueous solutions by meranti sawdust. *Journal of Hazardous Materials*, 170(2–3), 969–977. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.05.066>
- Rey de Castro, C. (2013). *Recuperación de cromo (III) de efluentes de curtido para control ambiental y optimización del proceso productivo* [Tesis de grado]. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Rosas, Y. (2019). *Caracterización y remoción de cromo (III) de aguas residuales de curtiembres del parque industrial de Rio Seco utilizando hueso de olivo (olea europea) procesado como biosorbente* [Tesis de grado]. Universidad Nacional San Agustín de Arequipa.
- Segundo E., A. S. M. (2024). *Entrevista Situación actual de la industria del cuero en el Perú*.
- SERFOR-MINAGRI. (2023). *Anuario forestal y de fauna silvestre 2022*. <https://www.gob.pe/serfor>
- Shin, D. Y., Lee, S. M., Jang, Y., Lee, J., Lee, C. M., Cho, E. M., & Seo, Y. R. (2023). Adverse Human Health Effects of Chromium by Exposure Route: A Comprehensive Review Based on Toxicogenomic Approach. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(4). <https://doi.org/10.3390/ijms24043410>
- Shukla, A., Zhang, Y.-H., Dubey, P., Margrave, J. L., & Shukla, S. S. (2002). The role of sawdust in the removal of unwanted materials from water. *Journal of Hazardous Materials*, 95, 137–152.

- Silva, M. J., & Salinas, D. (2022). La contaminación proveniente de la industria curtiembre, una aproximación a la realidad ecuatoriana. *Revista Científica UISRAEL*, 9(1), 69–80. <https://doi.org/10.35290/rcui.v9n1.2022.427>
- Telles, J., Carvajal, M., & Gaitan, A. (2004). Aspectos toxicológicos relacionados con la utilización del cromo en el proceso productivo de curtiembres. *Revista Facultad Medicina Universidad Nacional Colombia*, 51(1), 50–61.
- U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2012). *TOXICOLOGICAL PROFILE FOR CHROMIUM*.
- Velasquez, S., Giraldo, D., & Cardona, N. (2015). *Recycling of waste leather: a review of experimental studies Reciclaje de residuos de cuero: una revisión de estudios experimentales*. 79, 188–198.
- Wan Ngah, W. S., & Hanafiah, M. A. K. M. (2008). Removal of heavy metal ions from wastewater by chemically modified plant wastes as adsorbents: A review. *Bioresource Technology*, 99(10), 3935–3948. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.06.011>
- Wu, W., Li, P., Huang, L., Wei, Y., Li, J., Zhang, L., & Jin, Y. (2023). The Role of Lignin Structure on Cellulase Adsorption and Enzymatic Hydrolysis. *Biomass (Switzerland)*, 3(1), 96–107. <https://doi.org/10.3390/biomass3010007>

Anexos

Anexo 1. Muestra de aserrín	1
Anexo 2. Lugar de toma de muestra de efluente real.....	2
Anexo 3. Proceso de bioadsorción del cromo	4
Anexo 4. Matriz de Consistencia.....	7
Anexo 5. Matriz de Operacionalización de Variables	9
Anexo 6. Propuesta de instrumentos de recolección de datos	10
Anexo 7. Formato de Validación por expertos.....	11
Anexo 8. Cadenas de custodia e informes de ensayo	14

Anexo 1. Muestra de aserrín

Fotografía 1

Muestra de aserrín tomada de un aserradero en Lima – Perú



Anexo 2. Lugar de toma de muestra de efluente real

Fotografía 2

Planta Piloto de Curtiembre del Citeccal – ITP (Rímac – Caquetá)



Fotografía 3

Botal de la etapa de curtido de donde se genera el efluente de curtiembre



Fotografía 4

Muestra de efluente real de curtiembre



Anexo 3. Proceso de bioadsorción del cromo

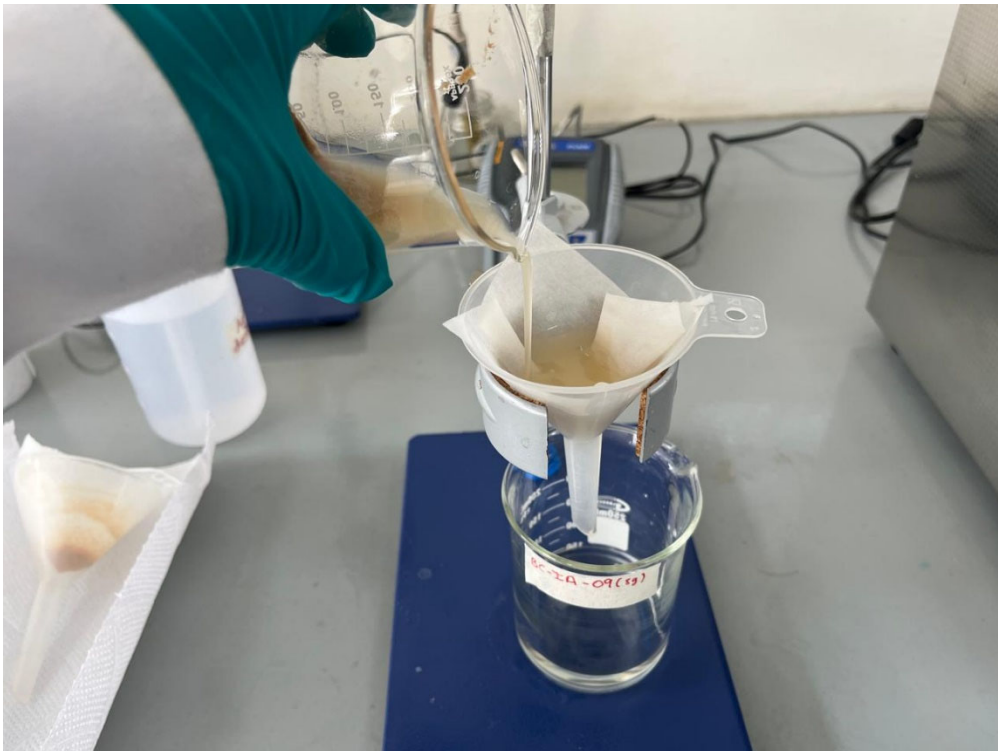
Fotografía 5

Muestra sintética de efluente antes y después de tratamiento a diferentes dosis de aserrín



Fotografía 6

Filtrado del efluente tratado



Fotografía 7

Muestra sintética de efluente antes y después de tratamiento a diferentes dosis de aserrín (luego del proceso de filtrado)



Fotografía 8

Muestra de efluente tratado lista para envío a laboratorio de análisis



Fotografía 9

Efluente antes y después del proceso de bioadsorción



Anexo 4. Matriz de Consistencia

Título: REMOCIÓN DEL CROMO DE UN EFLUENTE DE CURTIEMBRE MEDIANTE EL APROVECHAMIENTO DEL ASERRÍN, PROVENIENTE DE ESPECIES MADERABLES NATIVAS, COMO BIOSORBENTE MODIFICADO

Problemas		Objetivos		Hipótesis			
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Dependiente (V.D.)	Dimensiones	Indicador	METODOLOGÍA	
¿Cuál es el efecto de la remoción del cromo de un efluente de curtiembre mediante el aprovechamiento del aserrín, proveniente de especies maderables nativas, como biosorbente modificado?	Evaluar el efecto de la remoción del cromo de un efluente de curtiembre mediante el aprovechamiento del aserrín como biosorbente modificado.	La remoción del cromo de un efluente de curtiembre será significativamente alta mediante el aprovechamiento del aserrín, proveniente de especies maderables nativas, como biosorbente modificado.	VD: Remoción de Cromo de un efluente de curtiembre	• Remoción	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración inicial y final • Porcentaje de remoción de cromo: % 	<p>Tipo de Investigación: Aplicada</p> <p>Diseño: Experimental</p> <p>Población: Muestras sintéticas de solución de sulfato básico de cromo.</p> <p>Muestra: Muestra sintética de solución de sulfato básico a una concentración de 0, 11, 16, 24, 48, 73, 93, 124, 222, 586 y 1143 mg/L.</p> <p>Técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Observación experimental • Análisis de datos por terceros (técnicas estandarizadas): EPA-Method 200.8 Rev. 5.4, 1994. Determination of trace elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass spectrometry. 2015. • Modelamiento de 	
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis Específicas	Variables Independientes (V.I.)	Dimensiones	Indicador		
¿Cuáles son las características estructurales de las muestras del biosorbente antes y después de su modificación con NaOH para el uso en la remoción de cromo en el efluente de curtiembre?	Caracterizar estructuralmente el aserrín antes y después de su modificación con NaOH para el uso en la remoción de cromo en el efluente de curtiembre.	Se observará una reducción del grado de cristalización y alteración de los grupos funcionales luego de la modificación del aserrín con NaOH para el uso en la remoción de cromo en el efluente de curtiembre.	VI: Aserrín como biosorbente modificado	• Caracterización	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de deformación de curvas con la Difracción de Rayos X (DRX). • Análisis de deformación de curvas con Espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier (FT-IR). 		

¿Cuál es la capacidad de adsorción del biosorbente a base de aserrín modificado para remover cromo presente en un efluente de curtiembre?	Determinar la capacidad de adsorción del biosorbente a base de aserrín modificado para remover cromo de un efluente de curtiembre.	El biosorbente a base de aserrín modificado tendrá una alta capacidad adsorción para remover cromo de un efluente de curtiembre.		• Dosis	• Dosis del biosorbente (g/L): 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 g/L.	isotermas de adsorción. Instrumentos: • Ficha de recolección de datos • Equipo de test de jarras
¿Cuál es el tipo de interacción entre la biosorbente a base de aserrín modificado y el cromo de un efluente de curtiembre durante el proceso de bioadsorción?	Determinar el tipo de interacción entre la biosorbente a base de aserrín modificado y el cromo de un efluente de curtiembre durante el proceso de bioadsorción.	La interacción entre la biosorbente a base de aserrín modificado y el cromo de un efluente de curtiembre durante el proceso de bioadsorción tendrán una alta afinidad isotérmica.		• Condiciones de operación	Condiciones constantes: Velocidad de agitación: 250 RPM Tiempo: 4h Tamaño de aserrín: de 2.5 a 5 mm Temperatura: T° ambiente pH: 3-4	
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Ciencias de la tierra y del ambiente						
OBJETO DE ESTUDIO: Aserrín modificado (biosorbente) y efluente de curtiembre						

Anexo 5. Matriz de Operacionalización de Variables

	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMESIÓN	INDICADOR
1	VD: Remoción de Cromo de un efluente de curtiembre	La remoción de metales pesados (como el cromo) pueden darse por distintos mecanismos de adsorción a la vez, como la adsorción física, intercambio iónico, complejación y microprecipitación. (Martín, 2008).	Se define mediante la remoción cromo, de un efluente de curtiembre, luego del proceso de bioadsorción usando como biosorbente el aserrín modificado. Como parte de este proceso también se analiza la capacidad de adsorción del biosorbente y su interacción del cromo mediante los modelos de isoterma de adsorción.	<ul style="list-style-type: none"> Remoción 	<ul style="list-style-type: none"> Remoción de cromo: Diferencia entre la concentración inicial y final del cromo, dividido entre la concentración inicial. %RE: Porcentaje de remoción del Cromo. Capacidad de adsorción: Es la cantidad de cromo removido usando un gramo de biosorbente ($q_e \left(\frac{mg}{g}\right)$).
2	VI: Aserrín como biosorbente modificado	Es un previo tratamiento o modificación al aserrín antes de ser aplicado en la remoción del cromo; con la modificación la capacidad de adsorción es incrementada rápidamente debido al incremento de 3 superficies activas del adsorbente (M. Argun & Dursun, 2006).	Es la modificación básica del aserrín usando NaOH (0.1M) con el fin de aumentar su capacidad de adsorción.	<ul style="list-style-type: none"> Caracterización de aserrín. Dosis Condiciones de operación 	<ul style="list-style-type: none"> Análisis de deformación de curvas con la Difracción de Rayos X (DRX). Análisis de deformación de curvas con Espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier (FT-IR). Dosis del biosorbente (g/L) Concentración inicial del cromo (mg/L)

Anexo 6. Propuesta de instrumentos de recolección de datos

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS											
DATOS GENERALES:											
DEPARTAMENTO											
PROVINCIA:											
DISTRITO											
CONDICIONES CONSTANTES:											
			pH:	<input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	Agitación (RPM)	<input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	tamaño biosorbente	<input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	tiempo de tratamiento	<input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	
FECHA:											
N° de jarra	Código de Tratamiento	Dosis del biosorbente [Asr] (g/l)	Masa del biosorbente m(Asr): (g)	Vol.(L)	pH	t (h)	[Cr] _o - mg/l	[Cr] _e - mg/l	% eficiencia de remoción	q _e (capacidad de adsorción) - mg/g	Observaciones

oncentración del aserrín (biosorbente) en el tratamiento.
 Masa del aserrín (biosorbente) en el tratamiento.
 s la concentración inicial de cromo total;
 [Cr]_e: Es la concentración final de cromo total luego del tratamiento

Anexo 7. Formato de Validación por expertos

INFORME DE JUICIO DE EXPERTO DEL INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

I. DATOS GENERALES

Apellidos y Nombres del experto: **Rojas Santamaría Selene Solmaira**

Institución donde labora: **Outsourcing Green SAC**

Instrumentos de evaluación: **Ficha de recolección de datos**

Autor del instrumento: **Nadya Iraida Mejía Pascual**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Indicadores	Criterios	Deficiente (1 - 20)	Regular (21 - 40)	Buena (41 - 60)	Muy Buena (61 - 80)	Excelente (81- 100)
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado.					X
2. Objetividad	Está de acuerdo con las leyes y necesidades de la investigación.					X
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.					X
4. Organización	Existe una organización lógica entre variables e indicadores.				X	
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en calidad y cantidad.					X
6. Consistencia	Consistencia entre la formulación de problema, objetivos e hipótesis.					X
7. Coherencia	De indicadores y dimensiones.					X
8. Metodología	La estrategia responde al propósito de la investigación.					X

III. OPINIÓN DE LA APLICABILIDAD (marcar con una "X")

- Los instrumentos cumplen con los requisitos para su aplicación (X)
- Los instrumentos no cumplen con los requisitos para su aplicación ()

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

EXCELENTE

Lugar y fecha: Lima, 30 de junio del 2025

N° de DNI: 72782812

N° CIP: 328234

Teléfono: 922042179



SELENE SOLMAIRA
ROJAS SANTAMARIA
Ingeniera Ambiental
CIP N° 328234

Firma y sello:

INFORME DE JUICIO DE EXPERTO DEL INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

I. DATOS GENERALES

Apellidos y Nombres del experto: **JULIO ALEXIS BARRA HINOJOSA**

Institución donde labora: **INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA PRODUCCIÓN – CITEccal
Lima**

Instrumentos de evaluación: **Ficha de recolección de datos**

Autor del instrumento: **Nadya Iraida Mejia Pascual**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Indicadores	Criterios	Deficiente (1 - 20)	Regular (21 - 40)	Buena (41 - 60)	Muy Buena (61 - 80)	Excelente (81- 100)
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado.					X
2. Objetividad	Está de acuerdo con las leyes y necesidades de la investigación.					X
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.					X
4. Organización	Existe una organización lógica entre variables e indicadores.				X	
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en calidad y cantidad.					X
6. Consistencia	Consistencia entre la formulación de problema, objetivos e hipótesis.					X
7. Coherencia	De indicadores y dimensiones.					X
8. Metodología	La estrategia responde al propósito de la investigación.					X

III. OPINIÓN DE LA APLICABILIDAD (marcar con una "X")

- Los instrumentos cumplen con los requisitos para su aplicación (X)
- Los instrumentos no cumplen con los requisitos para su aplicación ()

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

EXCELENTE

Lugar y fecha: Lima, 30 de junio del 2025

N° de DNI: 71460770

N° CIP: 286843

Teléfono: 957 296 056



JULIO ALEXIS
BARRA HINOJOSA
Ingeniero Ambiental
CIP N° 286843

Firma y sello:

INFORME DE JUICIO DE EXPERTO DEL INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

I. DATOS GENERALES

Apellidos y Nombres del experto: **Buleje del Carpio, Robert Junior**

Institución donde labora: **INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA PRODUCCIÓN – CITEccal
Lima**

Instrumentos de evaluación: **Ficha de recolección de datos**

Autor del instrumento: **Nadya Iraida Mejia Pascual**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Indicadores	Criterios	Deficiente (1 - 20)	Regular (21 - 40)	Buena (41 - 60)	Muy Buena (61 - 80)	Excelente (81- 100)
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado.				X	
2. Objetividad	Está de acuerdo con las leyes y necesidades de la investigación.					X
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.				X	
4. Organización	Existe una organización lógica entre variables e indicadores.					X
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en calidad y cantidad.					X
6. Consistencia	Consistencia entre la formulación de problema, objetivos e hipótesis.					X
7. Coherencia	De indicadores y dimensiones.					X
8. Metodología	La estrategia responde al propósito de la investigación.				X	

III. OPINIÓN DE LA APLICABILIDAD (marcar con una "X")

- Los instrumentos cumplen con los requisitos para su aplicación (X)
- Los instrumentos no cumplen con los requisitos para su aplicación ()

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

EXCELENTE

Lugar y fecha: Lima, 30 de junio del 2025

N° de DNI: 70936050

N° CIP: No aplica

Teléfono: 961 813 510



Firma y sello:

Robert Buleje

Anexo 8. Cadenas de custodia e informes de ensayo



Laboratorio Callao
Avenida Elmer Faucett 3348, Callao 1
Teléfono: (01) 517 1900
E-mail: pe.labambientales@sgs.com

Laboratorio Arequipa
Ernesto Gunther N° 275, Parque Industrial
Teléfono: (054) 213506
E-mail: ada.paredes@sgs.com

Laboratorio Cajamarca
Calle Arnaldo Márquez 257, Barrio San Antonio
Teléfono: (076) 367723
E-mail: jade.huarcaya@sgs.com

CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE AGUA **Nº 360475**

DATOS DEL CLIENTE				Análisis requeridos / Preservantes										TIPOS DE AGUA*																																																										
Cliente: <i>Nadya Mejía Pasual</i> Contacto: <i>Nadya Mejía</i> Teléfono: <i>980 064 861</i> E-mail: <i>nadyamejia@gmail.com</i> Proyecto: <i>Bioremediación de cramo</i> Lugar de Inspección: <i>CITECCAL</i>				Cantidad de envases (Plástico / Vidrio) <i>metales totales</i>										AGUA NATURAL ASUB : Agua subterránea AMA : Agua de marañal AT : Agua termal AS : Agua superficial ADR : Agua de río ADL : Agua de lago / laguna ADA : Agua de deposición atmosférica																																																										
Muestreado por: SGS <input type="checkbox"/> Cliente <input checked="" type="checkbox"/>														Frecuencia del Monitoreo: Periódico <input type="checkbox"/> No Periódico <input type="checkbox"/> Especial <input checked="" type="checkbox"/>		AGUA SALINA AM : Agua de mar ASL : Agua salobre SAL : Salmuera AIRS : Agua de inyección y reinyección (salina)		AGUA DE PROCESO ACE : Agua de circulación o enfriamiento																																																						
N° de OI: <i>254045-1</i> N° de Pre-Acta: _____ Fecha de inicio: <i>02-05-24</i> Fecha de finalización: <i>08-05-24</i> Hora de inicio: <i>11:00</i> Hora de finalización: <i>13:00</i>				<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Item</th> <th rowspan="2">Estación</th> <th colspan="2">Coordenadas UTM</th> <th rowspan="2">Altitud (msnm)</th> <th rowspan="2">Tipo de Agua*</th> <th colspan="2">Tipo de Muestra</th> <th rowspan="2">Fecha</th> <th rowspan="2">Hora</th> <th rowspan="2">P</th> <th rowspan="2">V</th> </tr> <tr> <th>WGS 84</th> <th>PSAD 56</th> <th>Simple</th> <th>Compuesta</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>01</i></td> <td><i>BC-IC-13A</i></td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td><i>ARI</i></td> <td><i>x</i></td> <td>-</td> <td><i>03/05/24</i></td> <td><i>13:00</i></td> <td><i>01</i></td> <td>-</td> <td><i>✓</i></td> </tr> <tr> <td><i>02</i></td> <td><i>BC-IC-14A</i></td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td><i>ARI</i></td> <td><i>x</i></td> <td>-</td> <td><i>03/05/24</i></td> <td><i>13:00</i></td> <td><i>01</i></td> <td>-</td> <td><i>✓</i></td> </tr> <tr> <td><i>03</i></td> <td><i>BC-IC-23</i></td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td><i>ARI</i></td> <td><i>x</i></td> <td>-</td> <td><i>06/05/24</i></td> <td><i>11:00</i></td> <td><i>01</i></td> <td>-</td> <td><i>✓</i></td> </tr> </tbody> </table>										Item	Estación	Coordenadas UTM		Altitud (msnm)	Tipo de Agua*	Tipo de Muestra		Fecha	Hora	P	V	WGS 84	PSAD 56	Simple	Compuesta	<i>01</i>	<i>BC-IC-13A</i>	-	-	-	<i>ARI</i>	<i>x</i>	-	<i>03/05/24</i>	<i>13:00</i>	<i>01</i>	-	<i>✓</i>	<i>02</i>	<i>BC-IC-14A</i>	-	-	-	<i>ARI</i>	<i>x</i>	-	<i>03/05/24</i>	<i>13:00</i>	<i>01</i>	-	<i>✓</i>	<i>03</i>	<i>BC-IC-23</i>	-	-	-	<i>ARI</i>	<i>x</i>	-	<i>06/05/24</i>	<i>11:00</i>	<i>01</i>	-	<i>✓</i>	AGUA RESIDUAL ARD : Agua residual doméstica ARI : Aguas residual Industrial ARM : Agua residual municipal		AGUA DE PROCESO AAC : Agua de alimentación para calderas AC : Agua de calderas AL : Agua de lavación	
Item	Estación	Coordenadas UTM		Altitud (msnm)	Tipo de Agua*	Tipo de Muestra		Fecha	Hora	P	V																																																													
		WGS 84	PSAD 56			Simple	Compuesta																																																																	
<i>01</i>	<i>BC-IC-13A</i>	-	-	-	<i>ARI</i>	<i>x</i>	-	<i>03/05/24</i>	<i>13:00</i>	<i>01</i>	-	<i>✓</i>																																																												
<i>02</i>	<i>BC-IC-14A</i>	-	-	-	<i>ARI</i>	<i>x</i>	-	<i>03/05/24</i>	<i>13:00</i>	<i>01</i>	-	<i>✓</i>																																																												
<i>03</i>	<i>BC-IC-23</i>	-	-	-	<i>ARI</i>	<i>x</i>	-	<i>06/05/24</i>	<i>11:00</i>	<i>01</i>	-	<i>✓</i>																																																												
AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO AB : Agua de bebida														APR : Agua purificado AIRP : Agua de inyección y reinyección (de proceso)																																																										
OBSERVACIONES																																																																								
<div style="border: 2px solid black; padding: 10px; width: fit-content; margin: auto;"> <p>SGS del Perú S.A.C. CALLAO</p> <p style="color: red; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">07 MAY 2024</p> <p style="font-size: 1.5em; font-weight: bold; letter-spacing: 0.2em;">RECIBIDO</p> <p>Data Center-EHS</p> </div>																																																																								
Inspector responsable: <i>Nadya Mejía Pasual</i> Representante del Cliente: <i>Nadya Mejía P.</i>				Fecha: _____ Firma: _____				N° de Coolers: _____ N° de Frascos: _____ N° de Ice Pack's: _____				Fecha de Recepción de las Muestras: <i>07/05/24</i> Responsable de la Recepción de las Muestras: <i>Wilton Kevin Hengiel</i> Condiciones en que se recibieron las muestras: Refrigeradas <input type="checkbox"/> Preservadas <input checked="" type="checkbox"/> Dentro del tiempo de conservación <input checked="" type="checkbox"/> N° de muestras rotas: <input type="checkbox"/> Otros (especifique): <input type="checkbox"/>																																																												
								Fecha: <i>75:16</i> Hora: _____ Firma: _____				Temperatura (°C): <i>10.42</i>																																																												



Laboratorio Callao
Avenida Elmer Faucett 3348, Callao 1
Teléfono: (01) 517 1900
E-mail: pe.labambientales@sgs.com

Laboratorio Arequipa
Ernesto Gunther N° 275, Parque Industrial
Teléfono: (054) 213506
E-mail: ada.paredes@sgs.com

Laboratorio Cajamarca
Calle Arnaldo Márquez 257, Barrio San Antonio
Teléfono: (076) 367723
E-mail: jade.huarcaya@sgs.com

CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE AGUA N° 359880

DATOS DEL CLIENTE										Análisis requeridos / Preservantes										TIPOS DE AGUA*					
Cliente: Instituto Tecnológico de la Producción Contacto: Nadya Mejía Teléfono: 980 064 861 E-mail: nadyamejia@gmail.com Proyecto: Fijación de Cromo Lugar de Inspección: CITECCAL										Cantidad de envases (Plástico / Vidrio) Metales totales										AGUA NATURAL ASUB : Agua subterránea AMA : Agua de manantial AT : Agua termal AS : Agua superficial ADR : Agua de río ADL : Agua de lago / laguna ADA : Agua de deposición atmosférica AGUA RESIDUAL ARD : Agua residual doméstica ARI : Agua residual industrial ARM : Agua residual municipal AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO AB : Agua de bebida		AP : Agua de piscina ALA : Agua de laguna artificial AGUA SALINA AM : Agua de mar ASL : Agua salobre SAL : Salmuera AIRS : Agua de inyección y reinyección (salina) AGUA DE PROCESO ACE : Agua de circulación o enfriamiento AAC : Agua de alimentación para calderas AC : Agua de calderas AL : Agua de extracción APR : Agua purificada AIRP : Agua de inyección y reinyección (de proceso)			
Muestreado por: SGS <input type="checkbox"/> Cliente <input checked="" type="checkbox"/>					Frecuencia del Monitoreo: Periódico <input type="checkbox"/> No Periódico <input type="checkbox"/> Especial <input checked="" type="checkbox"/>															N° de OI: 354981-1 N° de Pre-Acta:		Fecha de inicio: 12.05.24 Fecha de finalización: 12.05.24 Hora de inicio: 12:00 Hora de finalización: 12:00		OBSERVACIONES	
Item	Estación	Coordenadas UTM		Altitud (msnm)	Tipo de Agua*	Tipo de Muestra		Fecha	Hora											P	V				
		WGS 84 <input type="checkbox"/>	PSAD 56 <input type="checkbox"/>			Simple	Compuesta																		
01	BC-IC-05	-	-	-	ARI	x	-	12.05.24	12:00	01	-	✓													
02	BC-IC-06	-	-	-	ARI	x	-	12.05.24	12:00	01	-	✓													
03	BC-IC-08	-	-	-	ARI	x	-	12.05.24	12:00	01	-	✓													
04	BC-IC-09	-	-	-	ARI	x	-	12.05.24	12:00	01	-	✓													
05	BC-IC-10	-	-	-	ARI	x	-	12.05.24	12:00	01	-	✓													
06	BC-IC-21	-	-	-	ARI	x	-	12.05.24	12:00	01	-	✓													
07	BC-IC-22	-	-	-	ARI	x	-	12.05.24	12:00	01	-	✓													

SGS del Perú S.A.C.
CALLAO
15 MAY 2024
RECIBIDO
Data Center -EHS

Inspector responsable: Nadya Mejía	Fecha:	Firma:	N° de Coolers: <input type="text"/>	N° de Frascos: <input type="text"/>	Fecha de Recepción de las Muestras: 15/05/24	Hora: 15:10
Representante del Cliente: Nadya Mejía P.		Firma:	N° de Ice Pack's: <input type="text"/>		Responsable de la Recepción de las Muestras:	Firma
			Condiciones en que se recibieron las muestras:			

Refrigeradas	<input checked="" type="checkbox"/>	Temperatura (°C): 13.2
Preservadas	<input checked="" type="checkbox"/>	
Dentro del tiempo de conservación	<input checked="" type="checkbox"/>	
N° de muestras rotas:	<input type="text"/>	
Otros (especifique):	<input type="text"/>	



Laboratorio Callao
Avenida Elmer Faucett 3348, Callao 1
Teléfono: (01) 517 1900
E-mail: pe.labambientales@sgs.com

Laboratorio Arequipa
Ernesto Gunther N° 275, Parque Industrial
Teléfono: (054) 213506
E-mail: ada.paredes@sgs.com

Laboratorio Cajamarca
Calle Arnaldo Márquez 257, Barrio San Antonio
Teléfono: (076) 367723
E-mail: jade.huarcaya@sgs.com

CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE AGUA

Nº 359879

DATOS DEL CLIENTE										Análisis requeridos / Preservantes										TIPOS DE AGUA*					
Cliente: Instituto Tecnológico de la Producción Contacto: Nadya Mejía Teléfono: 980064861 E-mail: nadya.mejia@gmail.com Proyecto: Bioabstracción de Cromo Lugar de Inspección: AITECCAL										Cantidad de envases (Plástico / Vidrio) Metales Totales										AGUA NATURAL AP : Agua de piscina ASUB : Agua subterránea ALA : Agua de laguna artificial AMA : Agua de manantial AT : Agua termal AS : Agua superficial ADR : Agua de río ADL : Agua de lago / laguna ADA : Agua de deposición atmosférica AGUA RESIDUAL ARD : Agua residual doméstica ARI : Agua residual industrial ARM : Agua residual municipal AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO AB : Agua de bebida		AGUA SALINA AM : Agua de mar ASL : Agua salobre SAL : Salmuera AIRS : Agua de inyección y reinyección (salina) AGUA DE PROCESO ACE : Agua de circulación o enfriamiento AAC : Agua de alimentación para calderas AC : Agua de calderas AL : Agua de extracción APR : Agua purificada AIRP : Agua de inyección y reinyección (de proceso)			
Muestreado por: SGS <input type="checkbox"/> Cliente <input checked="" type="checkbox"/>					Frecuencia del Monitoreo: Periódico <input type="checkbox"/> No Periódico <input type="checkbox"/> Especial <input checked="" type="checkbox"/>															Nº de OI: 354981-1 Nº de Pre-Acta:		Fecha de inicio: 13.05.24 Fecha de finalización: 13.05.24 Hora de inicio: 12:00 Hora de finalización: 12:00		OBSERVACIONES	
Item	Estación	Coordenadas UTM WGS 84 <input type="checkbox"/> PSAD 56 <input type="checkbox"/>	Altitud (msnm)	Tipo de Agua*	Tipo de Muestra Simple Compuesta	Fecha	Hora	P	V																
08	BC-IC-04A	-	-	ARI	X -	13.05.24	12:00	01	-											✓					
09	BC-IC-05A	-	-	ARI	X -	13.05.24	12:00	01	-	✓															
10	BC-IC-07A	-	-	ARI	X -	13.05.24	12:00	01	-	✓															
11	BC-IC-08A	-	-	ARI	X -	13.05.24	12:00	01	-	✓															
12	BC-IC-09A	-	-	ARI	X -	13.05.24	12:00	01	-	✓															
13	BC-IC-12A	-	-	ARI	X -	13.05.24	12:00	01	-	✓															

SGS del Perú S.A.C.
CALLAO
15 MAY 2024
RECIBIDO
Data Center - EHS

P 18619

Inspector responsable: Nadya Mejía **Fecha:** **Firma:**
Representante del Cliente: Nadya Mejía **Firma:**

Nº de Coolers: **Nº de Frascos:**
Nº de Ice Pack's:

Fecha de Recepción de las Muestras: 15/05/24 **Hora:** 15:10
Responsable de la Recepción de las Muestras: William M. **Firma:**
Condiciones en que se recibieron las muestras:

- Refrigeradas
 - Preservadas
 - Dentro del tiempo de conservación
 - Nº de muestras rotas:
 - Otros (especifique):
- Temperatura (°C):** 13.2



Laboratorio Callao
Avenida Elmer Faucett 3348, Callao 1
Teléfono: (01) 517 1900
E-mail: pe.labambientales@sgs.com

Laboratorio Arequipa
Ernesto Gurthner N° 275, Parque Industrial
Teléfono: (054) 213506
E-mail: ada.paredes@sgs.com

Laboratorio Cajamarca
Calle Arnaldo Márquez 257, Barrio San Antonio
Teléfono: (076) 367723
E-mail: jade.huarcaya@sgs.com

CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE AGUA **Nº 359878**

DATOS DEL CLIENTE										Análisis requeridos / Preservantes										TIPOS DE AGUA*	
Cliente: INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA PRODUCCIÓN Contacto: Nadya Mejía Teléfono: 950 064861 E-mail: nadyamejia@gmail.com Proyecto: Bioabsorción de Iserom Lugar de Inspección: CITECCDL										Cantidad de envases (Plástico / Vidrio) Metales totales										AGUA NATURAL AP : Agua de piscinas ASUB : Agua subterránea ALA : Agua de laguna artificial AMA : Agua de manantial AT : Agua termal AM : Agua de mar AS : Agua superficial ASL : Agua salobre ADR : Agua de río SAL : Salmuera ADL : Agua de lago / laguna ARS : Agua de inyección y reinyección (salina) ADA : Agua de deposición atmosférica	
Muestreado por: SGS <input type="checkbox"/> Cliente <input checked="" type="checkbox"/>					Frecuencia del Monitoreo: Periódico <input type="checkbox"/> No Periódico <input type="checkbox"/> Especial <input checked="" type="checkbox"/>															AGUA SALINA ACE : Agua de circulación o enfriamiento AGUA DE PROCESO AAC : Agua de alimentación para calderas AC : Agua de calderas AGUA RESIDUAL ARD : Agua residual doméstica ARI : Aguas residual industrial ARM : Agua residual municipal AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO AL : Agua de extracción APR : Agua purificada AB : Agua de bebida AIRP : Agua de inyección y reinyección (de proceso)	
N° de OI: 354981-1 N° de Pre-Acta: Fecha de inicio: 12.05.24 Fecha de finalización: 13.05.24 Hora de inicio: 12:00 Hora de finalización: 12:30																				OBSERVACIONES	
Ítem	Estación	Coordenadas UTM WGS 84 <input type="checkbox"/> PSAD 56 <input type="checkbox"/>		Altitud (msnm)	Tipo de Agua*	Tipo de Muestra Simple Composta		Fecha	Hora											P	V
	EpFuente Real	-	-	-	ARI	x	-	13.05.24	12:00	01	-	✓									
	EpFuente Trabado	-	-	-	ARI	x	-	13.05.24	12:00	01	-	✓									

SGS del Perú S.A.C.
CALLAO
15 MAY 2024
RECIBIDO
Data Center - EHS

Inspector responsable: Nadya Mejía P Firma:	Fecha: 15/05/24	N° de Coolers: <input type="checkbox"/> N° de Frascos: <input type="checkbox"/>
Representante del Cliente: Nadya Mejía Firma:	N° de Ice Pack's: <input type="checkbox"/>	Fecha de Recepción de las Muestras: 15/04/24 Responsable de la Recepción de las Muestras: Wilkin M. Condiciones en que se recibieron las muestras: Refrigeradas <input checked="" type="checkbox"/> Preservadas <input checked="" type="checkbox"/> Dentro del tiempo de conservación <input checked="" type="checkbox"/> N° de muestras rotas: <input type="checkbox"/> Otros (especifique): <input type="checkbox"/>
Horario: 15:10 Firma:		Temperatura (°C): 13.7



Laboratorio Callao
Avenida Elmer Faucett 3348, Callao 1
Teléfono: (01) 517 1900
E-mail: pe.labambientales@sgs.com

Laboratorio Arequipa
Ernesto Gunther N° 275, Parque Industrial
Teléfono: (054) 213506
E-mail: ada.paredes@sgs.com

Laboratorio Cajamarca
Calle Arnaldo Márquez 257, Barrio San Antonio
Teléfono: (076) 367723
E-mail: jade.huarcaya@sgs.com

CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE AGUA N° 353481

DATOS DEL CLIENTE										Análisis requeridos / Preservantes										TIPOS DE AGUA*									
Cliente: Nalya Irgoda Ilegua Pascual Contacto: Nalya Ilegua Teléfono: 980064801 E-mail: nalyamejiap@gmail.com Proyecto: BIOABSORCIÓN DE CROMO Lugar de Inspección: CITECCA - LIMA										Cantidad de envases (Plástico / Vidrio) Metales Totales										AGUA NATURAL ASUB : Agua subterránea AP : Agua de piscina ALA : Agua de laguna artificial AGUA SALINA AMA : Agua de marañón AM : Agua de mar AT : Agua termal AS : Agua superficial ASL : Agua salobra ADR : Agua de río SAL : Salmuera ADL : Agua de lago / laguna AIRS : Agua de inyección y reinyección (salina) ADA : Agua de deposición atmosférica AGUA DE PROCESO AGUA RESIDUAL ACE : Agua de circulación o enfriamiento ARD : Agua residual doméstica AAC : Agua de alimentación para calderas ARI : Agua residual industrial AC : Agua de calderas ARM : Agua residual municipal AL : Agua de edificación AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO APR : Agua purificada AB : Agua de bebida AIRP : Agua de inyección y reinyección (de proceso)									
Muestreado por: SGS <input type="checkbox"/> Cliente <input checked="" type="checkbox"/>					Frecuencia del Monitoreo: Periódico <input type="checkbox"/> No Periódico <input type="checkbox"/> Especial <input checked="" type="checkbox"/>															N° de OI: N° de Pre-Acta:					Fecha de Inicio: Fecha de finalización:				
Hora de inicio:		Coordenadas UTM		Altitud (msnm)	Tipo de Agua*		Tipo de Muestra		Fecha	Hora	P	V																	
		WGS 84 <input type="checkbox"/> PSAD 56 <input type="checkbox"/>		(msnm)	Simple Compuesta																								
1		BC-IC-01A		-	ARI X		11/04/24	17:00	1																				
2		BC-IC-10A		-	ARI X		11/04/24	17:00	1																				
3		BC-IC-01		-	ARI X		11/04/24	12:00	1																				
4		BC-IC-02		-	ARI X		11/04/24	17:00	1																				
5		BC-IC-19		-	ARI X		11/04/24	12:00	1																				
6		BC-IC-20		-	ARI X		11/04/24	17:00	1																				

SGS del Perú S.A.C.
CALLAO
12 ABR 2024
RECIBIDO
ata Center -EHS

Inspector responsable: _____ Fecha: _____ Firma: _____ _____		N° de Coolers: <input type="text"/> N° de Frascos: <input type="text"/>		Fecha de Recepción de las Muestras: 12-4-24 Hora: 9:26	
Representante del Cliente: Nalya Ilegua 12/04/24 Firma: _____ _____		N° de Ice Pack's: <input type="text"/>		Responsable de la Recepción de las Muestras: J. SPAS Firma: _____ _____	

Condiciones en que se recibieron las muestras:
 Refrigeradas
 Preservadas
 Dentro del tiempo de conservación
 N° de muestras rotas:
 Otros (especifique):

Temperatura (°C):

P 18619



Laboratorio Callao
Avenida Elmer Faucett 3348, Callao 1
Teléfono: (01) 517 1900
E-mail: pe.labambientales@sgs.com

Laboratorio Arequipa
Ernesto Gunther N° 275, Parque Industrial
Teléfono: (054) 213506
E-mail: ada.paredes@sgs.com

Laboratorio Cajamarca
Calle Arnaldo Márquez 257, Barrio San Antonio
Teléfono: (076) 367723
E-mail: jade.huarcaya@sgs.com

CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE AGUA N° 353483

DATOS DEL CLIENTE											Análisis requeridos / Preservantes											TIPOS DE AGUA*										
Cliente : <i>Nadya Iraida Mejía Parual</i> Contacto : <i>Nadya Mejía</i> Teléfono : <i>980 064 861</i> E-mail : <i>nadyamejia@gmail.com</i> Proyecto : <i>BIODORSION DE CROMO</i> Lugar de Inspección : <i>CITECCAL-LINNA</i>											Cantidad de envases (Plástico / Vidrio) <i>Jarabes Totales</i>											AGUA NATURAL ASUB : Agua subterránea AMA : Agua de manantial AT : Agua termal AS : Agua superficial ADR : Agua de río ADL : Agua de lago / laguna ADA : Agua de deposición atmosférica AGUA RESIDUAL ARD : Agua residual doméstica ARI : Agua residual industrial ARM : Agua residual municipal AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO AB : Agua de bebida										
Muestreado por: <input type="checkbox"/> SGS <input checked="" type="checkbox"/> Cliente Frecuencia del Monitoreo: <input type="checkbox"/> Periódico <input type="checkbox"/> No Periódico <input checked="" type="checkbox"/> Especial																						TIPOS DE AGUA* AP : Agua de piscina ALA : Agua de laguna artificial AGUA SALINA AM : Agua de mar ASL : Agua salobra SAL : Salmuera AIRS : Agua de irrigación y reirrigación (salina) AGUA DE PROCESO ACE : Agua de circulación o enfriamiento AAC : Agua de alimentación para calderas AC : Agua de calderas AL : Agua de lavación APR : Agua purificada AIRP : Agua de irrigación y reirrigación (de proceso)										
N° de OI : N° de Pre-Acta:																																
Fecha de Inicio: Fecha de finalización:																																
Hora de inicio: Hora de finalización:																																
Item	Estación	Coordenadas UTM		Altitud (msnm)	Tipo de Agua*	Tipo de Muestra		Fecha	Hora	P	V																					
		WGS 84 <input type="checkbox"/>	PSAD 56 <input type="checkbox"/>			Simple	Compuesta																									
	BC-IA-0A	-	-	-	ARI	x		29/04/24	17:00	1	✓																					
	BC-IA-01	-	-	-	ARI	x		11/04/24	17:00	1	✓																					
	BC-IA-02	-	-	-	ARI	x		11/04/24	17:00	1	✓																					
	BC-IA-19	-	-	-	ARI	x		11/04/24	17:00	1	✓																					
	BC-IA-20	-	-	-	ARI	x		11/04/24	17:00	1	✓																					
Inspector responsable: Fecha: Firma:											N° de Coolers : <input type="text"/> N° de Frascos: <input type="text"/>											Fecha de Recepción de las Muestras: <i>12-4-24</i> Hora: <i>9:26</i>										
Representante del Cliente: <i>Nadya Mejía</i> Firma: <i>[Firma]</i>											N° de Ice Pack's: <input type="text"/>											Responsable de la Recepción de las Muestras: <i>[Firma]</i> Firma: <i>[Firma]</i>										
											Condiciones en que se recibieron las muestras:											Temperatura (°C): <input type="text" value="2.0"/>										
											Refrigeradas <input type="checkbox"/>																					
											Preservadas <input type="checkbox"/>																					
											Dentro del tiempo de conservación <input checked="" type="checkbox"/>																					
											N° de muestras rotas: <input type="text"/>																					
											Otros (especifique): <input type="text"/>																					

SGS del Perú S.A.C.
CALLAO
12 ABR 2024
RECIBIDO
Jata Center - EHS

P. 186619



Laboratorio Callao
Avenida Elmer Faucett 3348, Callao 1
Teléfono: (01) 517 1900
E-mail: pe.labambientales@sgs.com

Laboratorio Arequipa
Ernesto Gunther N° 275, Parque Industrial
Teléfono: (054) 213506
E-mail: ada.paredes@sgs.com

Laboratorio Cajamarca
Calle Arnaldo Márquez 257, Barrio San Antonio
Teléfono: (076) 367723
E-mail: jade.huarcaya@sgs.com

CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE AGUA **N° 360474**

DATOS DEL CLIENTE				Análisis requeridos / Preservantes										TIPOS DE AGUA*				
Cliente: Nadya Mejía Paredes Contacto: 980064861 - nadyamejiap@gmail.com Teléfono: - E-mail: - nadyamejiap@gmail.com Proyecto: biorremediación de Cromo Lugar de Inspección: CITECCAL LIMA				Cantidad de envases (Plástico / Vidrio) metales Totales										AGUA NATURAL ASUB : Agua subterránea AMA : Agua de manantial AT : Agua termal AS : Agua superficial ADR : Agua de río ADL : Agua de lago / laguna ADA : Agua de deposición atmosférica				
Muestreado por: SGS <input type="checkbox"/> Cliente <input checked="" type="checkbox"/>		Frecuencia del Monitoreo: Periódico <input type="checkbox"/> No Periódico <input type="checkbox"/> Especial <input checked="" type="checkbox"/>												AGUA SALINA AM : Agua de mar ASL : Agua salobra SAL : Salmuera AIRS : Agua de inyección y reinyección (salinas)				
N° de OI: 354946-1 N° de Pre-Acta: Fecha de inicio: 02/05/24 Fecha de finalización: 06/05/24 Hora de inicio: 11:00 Hora de finalización: 11:00														AGUA DE PROCESO ACE : Agua de circulación o enfriamiento				
Item Estación Coordenadas UTM Altitud (msnm) Tipo de Agua* Tipo de Muestra Fecha Hora P V														AGUA RESIDUAL ARD : Agua residual doméstica ARI : Agua residual Industrial ARM : Agua residual municipal				
				AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO APR : Agua purificada AIRP : Agua de inyección y reinyección (de proceso)														
OBSERVACIONES																		
01	BC-IA-03	-	-	ARI	X	-	02/05/24	11:00	01									
02	BC-IA-04	-	-	ARI	X	-	02/05/24	11:00	01									
03	BC-IA-05	-	-	ARI	X	-	02/05/24	11:00	01									
04	BC-IA-06	-	-	ARI	X	-	02/05/24	11:00	01									
05	BC-IA-07	-	-	ARI	X	-	02/05/24	11:00	01									
06	BC-IA-08	-	-	ARI	X	-	02/05/24	11:00	01									
07	BC-IA-09	-	-	ARI	X	-	02/05/24	11:00	01									
08	BC-IA-10	-	-	ARI	X	-	02/05/24	11:00	01									

SGS del Perú S.A.C.
CALLAO
07 MAY 2024
RECIBIDO
Data Center - EHS

Inspector responsable: Nadya Mejía	Fecha: 06/05/24	Firma: 11:00	N° de Coolers: <input type="text"/>	N° de Frascos: <input type="text"/>	Fecha de Recepción de las Muestras: 07/05/24	Hora: 15:16
Representante del Cliente: Nadya Mejía	Firma:	N° de Ice Pack's: <input type="text"/>	Responsable de la Recepción de las Muestras: Wilton Kera Medico		Firma:	

Condiciones en que se recibieron las muestras:

Refrigeradas	<input checked="" type="checkbox"/>
Preservadas	<input checked="" type="checkbox"/>
Dentro del tiempo de conservación	<input checked="" type="checkbox"/>
N° de muestras rotas:	<input type="text" value="0"/>
Otros (especifique):	<input type="text"/>

Temperatura (°C):

P 18619

**INFORME DE ENSAYO
MA2411639 Rev. 0**

MEJIA PASCUAL NADYA IRAIDA

AV. CAQUETÁ 1300 - LIMA - LIMA - RIMAC

ENV / LB-353766-003

PROCEDENCIA : CITECCAL - LIMA

Fecha de Recepción SGS : 12-04-2024
Fecha de Ejecución : Del 12-04-2024 al 19-04-2024
Muestreo Realizado Por : CLIENTE
Observación : BIO ABSORCION DE CROMO

Estación de Muestreo
BC-IA-OA
BC-IA-01
BC-IA-02
BC-IA-19
BC-IA-20

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 19/04/2024

Frank M. Julcamoro Quispe
C.Q.P. 1033
Supervisor de Laboratorio

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

**INFORME DE ENSAYO
MA2411639 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					BC-IA-0A	BC-IA-01
FECHA DE MUESTREO					11/04/2024	11/04/2024
HORA DE MUESTREO					17:00:00	17:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.018 ± 0.0020	0.044 ± 0.0040
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0004	0.0245 ± 0.0022
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.029 ± 0.0030	0.039 ± 0.0050
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	0.00015 ± 0.000030
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	0.824 ± 0.082	11.621 ± 1.16
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	0.00004
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00167 ± 0.00042	0.00632 ± 0.0016
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	84.9669 ± 21.24	65.4913 ± 16.37
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	0.00022 ± 0.000040
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0032 ± 0.00030	0.0335 ± 0.0030
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	0.059 ± 0.017	0.061 ± 0.017
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	0.00017 ± 0.000010	0.00030 ± 0.000020
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0659 ± 0.0053	0.0385 ± 0.0031
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	0.0003
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.282 ± 0.034	1.058 ± 0.13
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00151 ± 0.00011	0.00862 ± 0.00060
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00045 ± 0.00010	0.00006 ± 0.000010
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0008 ± 0.00020	0.0007 ± 0.00020
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	3.96 ± 0.32	4.82 ± 0.39
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0035 ± 0.00040	0.0043 ± 0.00040
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0021 ± 0.00050	0.0017 ± 0.00040
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	0.87 * ± 0.10	0.61 * ± 0.070
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	0.406 ± 0.049	0.287 ± 0.034
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	52.412 ± 5.76	79.924 ± 8.79
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0007 ± 0.00010	<0.0006
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0339 ± 0.0051	0.0186 ± 0.0028
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0188 ± 0.0019	0.0117 ± 0.0012
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	0.00048 ± 0.00011

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					BC-IA-02	BC-IA-19
FECHA DE MUESTREO					11/04/2024	11/04/2024
HORA DE MUESTREO					17:00:00	17:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.044 ± 0.0040	0.013 ± 0.0010
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0239 ± 0.0022	0.0041 ± 0.00040
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003

**INFORME DE ENSAYO
MA2411639 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					BC-IA-02	BC-IA-19
FECHA DE MUESTREO					11/04/2024	11/04/2024
HORA DE MUESTREO					17:00:00	17:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.031 ± 0.0040	0.072 ± 0.0090
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00047 ± 0.00011	0.00003 ± 0.000010
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	11.838 ± 1.18	2.102 ± 0.21
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00005	0.00003
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00718 ± 0.0018	0.00190 ± 0.00048
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	83.7976 ± 20.95	2.5480 ± 0.64
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00067 ± 0.00013	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0292 ± 0.0026	0.0053 ± 0.00050
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	0.068 ± 0.019	<0.047
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	0.00027 ± 0.000020	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0688 ± 0.0055	0.0100 ± 0.00080
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0008 ± 0.00010	0.0005
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	1.501 ± 0.18	0.561 ± 0.067
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00894 ± 0.00063	0.00075 ± 0.000050
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	0.00016 ± 0.000040
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0012 ± 0.00030	<0.0006
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	4.78 ± 0.38	4.21 ± 0.34
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0044 ± 0.00040	0.0047 ± 0.00050
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0031 ± 0.00070	0.0013 ± 0.00030
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	0.67 * ± 0.080	1.32 * ± 0.16
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	0.313 ± 0.038	0.615 ± 0.074
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	54.974 ± 6.047	173.253 ± 19.058
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0007 ± 0.00010	0.0007 ± 0.00010
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0334 ± 0.0050	0.0065 ± 0.0010
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.1143 ± 0.011	0.0071 ± 0.00070
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	0.00052 ± 0.00012	<0.00045

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					BC-IA-20
FECHA DE MUESTREO					11/04/2024
HORA DE MUESTREO					17:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales					
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.036 ± 0.0030
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.1142 ± 0.010
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00007 ± 0.000010
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.039 ± 0.0050
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00030 ± 0.000070
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	45.131 ± 4.51
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00011 ± 0.000010

**INFORME DE ENSAYO
MA2411639 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					BC-IA-20
FECHA DE MUESTREO					11/04/2024
HORA DE MUESTREO					17:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales					
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00420 ± 0.0011
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	8.6040 ± 2.15
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00027 ± 0.000050
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.1146 ± 0.010
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0016 ± 0.00010
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	7.243 ± 0.87
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.03497 ± 0.0025
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Níquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0014 ± 0.00030
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	6.86 ± 0.55
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0085 ± 0.00090
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	0.95 * ± 0.11
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	0.442 ± 0.053
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	52.375 ± 5.76
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003
torio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0008 ± 0.00010
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0201 ± 0.0020
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045

**INFORME DE ENSAYO
MA2411639 Rev. 0**

CONTROL DE CALIDAD

LC: Límite de cuantificación
MB: Blanco del proceso.
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parámetro	Unidad	LC	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Aluminio Total	mg/L	0.003	<0.003	1%	95 - 105%	91 - 104%	2%
Antimonio Total	mg/L	0.00013	<0.00013	0%	93 - 94%	96 - 99%	9%
Arsénico Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0%	103 - 105%	92 - 100%	2%
Bario Total	mg/L	0.0003	<0.0003	3%	95 - 103%	99 - 109%	0%
Berilio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	6%	99 - 106%	97 - 106%	2%
Bismuto Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	99 - 101%	92 - 98%	3%
Boro Total	mg/L	0.006	<0.006	3%	103 - 106%	100 - 106%	0%
Cadmio Total	mg/L	0.00003	<0.00003	1%	91 - 95%	104 - 105%	11%
Calcio Total	mg/L	0.009	<0.009	2%	94 - 106%	101 - 108%	7%
Cerio Total	mg/L	0.00024	<0.00024	0%	103 - 106%	99 - 106%	4%
Cesio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	2%	107 - 110%	104%	0%
Cobalto Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	97 - 101%	94 - 102%	8%
Cobre Total	mg/L	0.00009	<0.00009	4%	96 - 100%	91 - 99%	7%
Cromo Total	mg/L	0.0003	<0.0003	1%	99 - 106%	92 - 104%	6%
Estaño Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0%	95 - 102%	95 - 98%	4%
Estroncio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	3%	97 - 108%	97 - 105%	11%
Fósforo Total	mg/L	0.047	<0.047	1%	100 - 102%	100 - 101%	9%
Galio Total	mg/L	0.00012	<0.00012	0%	107%	91 - 99%	7%
Germanio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	94 - 104%	97 - 100%	11%
Hafnio Total	mg/L	0.00015	<0.00015	0%	95 - 99%	96 - 101%	3%
Hierro Total	mg/L	0.0013	<0.0013	1%	100 - 108%	97 - 101%	5%
Lantano Total	mg/L	0.0015	<0.0015	0%	107%	100 - 108%	3%
Litio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	1%	93 - 94%	94 - 99%	1%
Lutecio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	99 - 104%	102 - 103%	0%
Magnesio Total	mg/L	0.003	<0.003	4%	96 - 104%	100 - 101%	3%
Manganeso Total	mg/L	0.00010	<0.00010	6%	98 - 107%	96 - 108%	8%
Mercurio Total	mg/L	0.00009	<0.00009	0%	103 - 104%	100%	0%
Molibdeno Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	107 - 109%	104 - 107%	3%
Niobio Total	mg/L	0.0015	<0.0015	0%	104 - 107%	100 - 108%	0%
Niquel Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	94 - 105%	100%	0%
Plata Total	mg/L	0.000010	<0.000010	0%	107 - 109%	103 - 108%	3%
Plomo Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	92%	96 - 106%	2%
Potasio Total	mg/L	0.13	<0.13	2%	105 - 107%	93 - 104%	1%
Rubidio Total	mg/L	0.0009	<0.0009	3%	93 - 105%	96 - 99%	1%
Selenio Total	mg/L	0.0013	<0.0013	0%	92 - 106%	92 - 100%	13%
Silice Total	mg/L	0.27	<0.27	0%	97 - 104%	92 - 93%	1%
Silicio Total	mg/L	0.128	<0.128	0%	97 - 103%	92 - 93%	1%
Sodio Total	mg/L	0.019	<0.019	0%	101 - 107%	105 - 106%	13%
Talio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	101 - 104%	96 - 102%	3%
Tantalio Total	mg/L	0.0021	<0.0021	0%	98 - 100%	93 - 99%	1%
Teluro Total	mg/L	0.003	<0.003	0%	97 - 103%	101 - 103%	5%
Thorio Total	mg/L	0.00019	<0.00019	0%	101 - 104%	93 - 104%	7%
Titanio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	1%	104 - 109%	104 - 106%	1%
Uranio Total	mg/L	0.000010	<0.000010	0%	103 - 106%	97 - 103%	12%
Vanadio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	7%	96 - 100%	100 - 104%	11%
Wolframio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	95 - 99%	96%	0%
Yterbio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	94 - 97%	92%	1%
Zinc Total	mg/L	0.0026	<0.0026	0%	91 - 105%	92 - 103%	8%
Zirconio Total	mg/L	0.00045	<0.00045	2%	93 - 96%	91 - 98%	7%



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2411639 Rev. 0**

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_EPA200_8	Callao	Metales Totales	EPA- Method 200.8 Rev. 5.4, 1994. Determination of trace elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass spectrometry. 2015 (VALIDADO – Aplicado fuera del alcance)



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2411639 Rev. 0**

NOTAS

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

Este documento es emitido bajo las Condiciones Generales de Servicio de SGS del Perú S.A.C, las cuales se encuentran descritas en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia; queda prohibida la reproducción total o parcial, salvo autorización escrita de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas; no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas y de la información proporcionada por el cliente.

Última Revisión Enero 2022

**INFORME DE ENSAYO
MA2411640 Rev. 0**

MEJIA PASCUAL NADYA IRAIDA

AV. CAQUETÁ 1300 - LIMA - LIMA - RIMAC

ENV / LB-353766-004

PROCEDENCIA : CITECCAL - LIMA

Fecha de Recepción SGS : 12-04-2024
Fecha de Ejecución : Del 12-04-2024 al 19-04-2024
Muestreo Realizado Por : CLIENTE
Observación : BIO ABSORCION DE CROMO

Estación de Muestreo
BC-IC-01A
BC-IC-10A
BC-IC-01
BC-IC-02
BC-IC-19
BC-IC-20

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 19/04/2024

Frank M. Julcamoro Quispe
C.Q.P. 1033
Supervisor de Laboratorio

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

**INFORME DE ENSAYO
MA2411640 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					BC-IC-01A	BC-IC-10A
FECHA DE MUESTREO					11/04/2024	11/04/2024
HORA DE MUESTREO					17:00:00	17:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.006 ± 0.0010	0.020 ± 0.0020
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0004	0.0004
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.022 ± 0.0030	0.027 ± 0.0030
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00010 ± 0.000020	0.00015 ± 0.000030
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	0.299 ± 0.030	0.962 ± 0.096
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	0.00004
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00103 ± 0.00026	0.00294 ± 0.00074
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	10.6306 ± 2.66	123.6647 ± 30.92
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00045 ± 0.000090	0.00067 ± 0.00013
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0011 ± 0.00010	0.0040 ± 0.00040
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047	0.074 ± 0.021
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0106 ± 0.00080	0.0964 ± 0.0077
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.036 ± 0.0040	0.417 ± 0.050
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	0.00219 ± 0.00015
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	0.00055 ± 0.00013
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	0.52 ± 0.040	5.77 ± 0.46
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	<0.0009	0.0052 ± 0.00050
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	0.0059 ± 0.0014
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	0.53 * ± 0.060	0.75 * ± 0.090
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	0.249 ± 0.030	0.351 ± 0.042
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	6.315 ± 0.69	74.400 ± 8.18
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	0.0008 ± 0.00010
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0026 ± 0.00040	0.0517 ± 0.0078
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0085 ± 0.00090	0.0033 ± 0.00030
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					BC-IC-01	BC-IC-02
FECHA DE MUESTREO					11/04/2024	11/04/2024
HORA DE MUESTREO					17:00:00	17:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.010 ± 0.0010	0.042 ± 0.0040
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0018 ± 0.00020	0.0370 ± 0.0033
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003

**INFORME DE ENSAYO
MA2411640 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					BC-IC-01	BC-IC-02
FECHA DE MUESTREO					11/04/2024	11/04/2024
HORA DE MUESTREO					17:00:00	17:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.071 ± 0.0090	0.038 ± 0.0050
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	1.212 ± 0.12	16.647 ± 1.67
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	0.0004 ± 0.00010
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	0.00005
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00149 ± 0.00037	0.00353 ± 0.00088
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.3902 ± 0.098	0.4606 ± 0.11
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	0.00020 ± 0.000040
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0018 ± 0.00020	0.0386 ± 0.0035
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047	<0.047
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0124 ± 0.0010	<0.0013
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.358 ± 0.043	2.870 ± 0.34
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00049 ± 0.000030	0.01206 ± 0.00084
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	1.07 ± 0.090	1.84 ± 0.15
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0017 ± 0.00020	0.0033 ± 0.00030
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	0.90 * ± 0.11	0.71 * ± 0.090
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	0.419 ± 0.050	0.332 ± 0.040
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	66.646 ± 7.33	6.261 ± 0.69
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0008 ± 0.00010	<0.0006
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0035 ± 0.00040	0.0541 ± 0.0054
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					BC-IC-19	BC-IC-20
FECHA DE MUESTREO					11/04/2024	11/04/2024
HORA DE MUESTREO					17:00:00	17:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.130 ± 0.012	0.119 ± 0.011
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0721 ± 0.0065	0.0917 ± 0.0083
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	0.00015 ± 0.000030
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.071 ± 0.0090	0.063 ± 0.0080
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00019 ± 0.000040	0.00065 ± 0.00015
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	33.391 ± 3.34	52.771 ± 5.28
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00003	<0.00003

**INFORME DE ENSAYO
MA2411640 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					BC-IC-19	BC-IC-20
FECHA DE MUESTREO					11/04/2024	11/04/2024
HORA DE MUESTREO					17:00:00	17:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00610 ± 0.0015	0.01526 ± 0.0038
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	11.4731 ± 2.87	82.8565 ± 20.71
Estañio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0971 ± 0.0087	0.1183 ± 0.011
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047	0.070 ± 0.020
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012	<0.00012
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0039 ± 0.00030	0.9011 ± 0.072
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0007 ± 0.00010	0.0008 ± 0.00010
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	2.487 ± 0.30	5.570 ± 0.67
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.02070 ± 0.0014	0.05669 ± 0.0040
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0015 ± 0.00030	0.0020 ± 0.00050
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	7.80 ± 0.62	9.44 ± 0.76
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0074 ± 0.00070	0.0105 ± 0.0011
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	0.0014 ± 0.00030
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	0.96 * ± 0.12	0.86 * ± 0.10
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	0.450 ± 0.054	0.403 ± 0.048
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	201.660 ± 22.18	81.087 ± 8.92
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	0.0010 ± 0.00010
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0038 ± 0.00060	0.0298 ± 0.0045
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0209 ± 0.0021	0.0240 ± 0.0024
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

**INFORME DE ENSAYO
MA2411640 Rev. 0**

CONTROL DE CALIDAD

LC: Límite de cuantificación
MB: Blanco del proceso.
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parámetro	Unidad	LC	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Aluminio Total	mg/L	0.003	<0.003	1%	95 - 105%	91 - 104%	2%
Antimonio Total	mg/L	0.00013	<0.00013	0%	93 - 94%	96 - 99%	9%
Arsénico Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0%	103 - 105%	92 - 100%	2%
Bario Total	mg/L	0.0003	<0.0003	3%	95 - 103%	99 - 109%	0%
Berilio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	6%	99 - 106%	97 - 106%	2%
Bismuto Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	99 - 101%	92 - 98%	3%
Boro Total	mg/L	0.006	<0.006	3%	103 - 106%	100 - 106%	0%
Cadmio Total	mg/L	0.00003	<0.00003	1%	91 - 95%	104 - 105%	11%
Calcio Total	mg/L	0.009	<0.009	2%	94 - 106%	101 - 108%	7%
Cerio Total	mg/L	0.00024	<0.00024	0%	103 - 106%	99 - 106%	4%
Cesio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	2%	107 - 110%	104%	0%
Cobalto Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	97 - 101%	94 - 102%	8%
Cobre Total	mg/L	0.00009	<0.00009	4%	96 - 100%	91 - 99%	7%
Cromo Total	mg/L	0.0003	<0.0003	1%	99 - 106%	92 - 104%	6%
Estaño Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0%	95 - 102%	95 - 98%	4%
Estroncio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	3%	97 - 108%	97 - 105%	11%
Fósforo Total	mg/L	0.047	<0.047	1%	100 - 102%	100 - 101%	9%
Galio Total	mg/L	0.00012	<0.00012	0%	107%	91 - 99%	7%
Germanio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	94 - 104%	97 - 100%	11%
Hafnio Total	mg/L	0.00015	<0.00015	0%	95 - 99%	96 - 101%	3%
Hierro Total	mg/L	0.0013	<0.0013	1%	100 - 108%	97 - 101%	5%
Lantano Total	mg/L	0.0015	<0.0015	0%	107%	100 - 108%	3%
Litio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	1%	93 - 94%	94 - 99%	1%
Lutecio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	99 - 104%	102 - 103%	0%
Magnesio Total	mg/L	0.003	<0.003	4%	96 - 104%	100 - 101%	3%
Manganeso Total	mg/L	0.00010	<0.00010	6%	98 - 107%	96 - 108%	8%
Mercurio Total	mg/L	0.00009	<0.00009	0%	103 - 104%	100%	0%
Molibdeno Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	107 - 109%	104 - 107%	3%
Niobio Total	mg/L	0.0015	<0.0015	0%	104 - 107%	100 - 108%	0%
Niquel Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	94 - 105%	100%	0%
Plata Total	mg/L	0.000010	<0.000010	0%	107 - 109%	103 - 108%	3%
Plomo Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	92%	96 - 106%	2%
Potasio Total	mg/L	0.13	<0.13	2%	105 - 107%	93 - 104%	1%
Rubidio Total	mg/L	0.0009	<0.0009	3%	93 - 105%	96 - 99%	1%
Selenio Total	mg/L	0.0013	<0.0013	0%	92 - 106%	92 - 100%	13%
Silice Total	mg/L	0.27	<0.27	0%	97 - 104%	92 - 93%	1%
Silicio Total	mg/L	0.128	<0.128	0%	97 - 103%	92 - 93%	1%
Sodio Total	mg/L	0.019	<0.019	0%	101 - 107%	105 - 106%	13%
Talio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	101 - 104%	96 - 102%	3%
Tantalio Total	mg/L	0.0021	<0.0021	0%	98 - 100%	93 - 99%	1%
Teluro Total	mg/L	0.003	<0.003	0%	97 - 103%	101 - 103%	5%
Thorio Total	mg/L	0.00019	<0.00019	0%	101 - 104%	93 - 104%	7%
Titanio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	1%	104 - 109%	104 - 106%	1%
Uranio Total	mg/L	0.000010	<0.000010	0%	103 - 106%	97 - 103%	12%
Vanadio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	7%	96 - 100%	100 - 104%	11%
Wolframio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	95 - 99%	96%	0%
Yterbio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	94 - 97%	92%	1%
Zinc Total	mg/L	0.0026	<0.0026	0%	91 - 105%	92 - 103%	8%
Zirconio Total	mg/L	0.00045	<0.00045	2%	93 - 96%	91 - 98%	7%



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2411640 Rev. 0**

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_EPA200_8	Callao	Metales Totales	EPA- Method 200.8 Rev. 5.4, 1994. Determination of trace elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass spectrometry. 2015 (VALIDADO – Aplicado fuera del alcance)



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2411640 Rev. 0**

NOTAS

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

Este documento es emitido bajo las Condiciones Generales de Servicio de SGS del Perú S.A.C, las cuales se encuentran descritas en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia; queda prohibida la reproducción total o parcial, salvo autorización escrita de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas; no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas y de la información proporcionada por el cliente.

Última Revisión Enero 2022



**INFORME DE ENSAYO
MA2414316 Rev. 0**

MEJIA PASCUAL NADYA IRAIDA

AV. CAQUETÁ 1300 - LIMA - LIMA - RIMAC

ENV / LB-354945-002

PROCEDENCIA : CITECCAL

Fecha de Recepción SGS : 07-05-2024

Fecha de Ejecución : Del 07-05-2024 al 15-05-2024

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
BC-IC-13A
BC-IC-14A
BC-IC-23

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 15/05/2024

Frank M. Julcamoro Quispe

C.Q.P. 1033

Supervisor de Laboratorio

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



Registro N° LE - 002

**INFORME DE ENSAYO
MA2414316 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					BC-IC-13A	BC-IC-14A
FECHA DE MUESTREO					03/05/2024	03/05/2024
HORA DE MUESTREO					13:00:00	13:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	<0.006	<0.006
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	<0.009	<0.009
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	468.4411 ± 117.11	914.3056 ± 228.58
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047	<0.047
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	<0.13	<0.13
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	<0.0009	<0.0009
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	<0.27 *	<0.27 *
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	<0.128	<0.128
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	207.330 ± 22.81	465.510 ± 51.21
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	<0.0026	<0.0026
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					BC-IC-23
FECHA DE MUESTREO					06/05/2024
HORA DE MUESTREO					11:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales					
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO
MA2414316 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					BC-IC-23
FECHA DE MUESTREO					06/05/2024
HORA DE MUESTREO					11:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales					
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	<0.006
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	<0.009
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	839.4434 ± 209.86
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	<0.13
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	<0.0009
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	<0.27 *
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	<0.128
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	573.492 ± 63.084
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	<0.0026
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045

**INFORME DE ENSAYO
MA2414316 Rev. 0**

CONTROL DE CALIDAD

LC: Límite de cuantificación
MB: Blanco del proceso.
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parámetro	Unidad	LC	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Aluminio Total	mg/L	0.003	<0.003	0%	91 - 100%	100 - 102%	0%
Antimonio Total	mg/L	0.00013	<0.00013	0%	97 - 109%	95%	0%
Arsénico Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0%	95 - 96%	101 - 103%	0%
Bario Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	98 - 102%	101 - 103%	0%
Berilio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	94 - 102%	102%	0%
Bismuto Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	97 - 100%	100%	0%
Boro Total	mg/L	0.006	<0.006	0%	95 - 100%	100 - 102%	0%
Cadmio Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	97 - 102%	97%	0%
Calcio Total	mg/L	0.009	<0.009	0%	99 - 100%	100%	0%
Cerio Total	mg/L	0.00024	<0.00024	0%	99 - 104%	102%	0%
Cesio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	100 - 102%	102%	0%
Cobalto Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	95 - 108%	95%	0%
Cobre Total	mg/L	0.00009	<0.00009	0%	96 - 98%	98 - 100%	0%
Cromo Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	95 - 100%	95%	0%
Estaño Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0%	95 - 97%	103%	0%
Estroncio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	99 - 109%	99%	0%
Fósforo Total	mg/L	0.047	<0.047	0%	93 - 101%	99%	0%
Galio Total	mg/L	0.00012	<0.00012	0%	102 - 105%	101%	0%
Germanio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	99 - 102%	99%	0%
Hafnio Total	mg/L	0.00015	<0.00015	0%	100 - 103%	103%	0%
Hierro Total	mg/L	0.0013	<0.0013	0%	99%	98 - 100%	0%
Lantano Total	mg/L	0.0015	<0.0015	0%	99 - 101%	99%	0%
Litio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	100 - 109%	94%	0%
Lutecio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	98 - 109%	107%	0%
Magnesio Total	mg/L	0.003	<0.003	0%	101%	99%	0%
Manganeso Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0%	101 - 103%	100 - 101%	0%
Mercurio Total	mg/L	0.00009	<0.00009	0%	100 - 105%	100%	0%
Molibdeno Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	104%	95%	0%
Niobio Total	mg/L	0.0015	<0.0015	0%	100 - 106%	100%	0%
Niquel Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	94 - 100%	100%	0%
Plata Total	mg/L	0.000010	<0.000010	0%	96 - 101%	100 - 104%	0%
Plomo Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	102%	101%	0%
Potasio Total	mg/L	0.13	<0.13	0%	100 - 102%	98%	0%
Rubidio Total	mg/L	0.0009	<0.0009	0%	105 - 108%	103%	0%
Selenio Total	mg/L	0.0013	<0.0013	0%	101 - 102%	99%	0%
Silice Total	mg/L	0.27	<0.27	0%	94 - 101%	92%	0%
Silicio Total	mg/L	0.128	<0.128	0%	94 - 99%	92%	0%
Sodio Total	mg/L	0.019	<0.019	2%	102%	101%	0%
Talio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	102%	101%	0%
Tantalio Total	mg/L	0.0021	<0.0021	0%	100 - 102%	101%	0%
Teluro Total	mg/L	0.003	<0.003	0%	92 - 102%	102%	0%
Thorio Total	mg/L	0.00019	<0.00019	0%	97 - 100%	97%	0%
Titanio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	102 - 103%	97%	0%
Uranio Total	mg/L	0.000010	<0.000010	0%	100 - 108%	100%	0%
Vanadio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	97 - 98%	96%	0%
Wolframio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	100%	99%	0%
Yterbio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	96 - 97%	101%	0%
Zinc Total	mg/L	0.0026	<0.0026	0%	99%	99%	0%
Zirconio Total	mg/L	0.00045	<0.00045	0%	100 - 104%	102%	0%



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2414316 Rev. 0**

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_EPA200_8	Callao	Metales Totales	EPA- Method 200.8 Rev. 5.4, 1994. Determination of trace elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass spectrometry. 2015 (VALIDADO – Aplicado fuera del alcance)



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2414316 Rev. 0**

NOTAS

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

Este documento es emitido bajo las Condiciones Generales de Servicio de SGS del Perú S.A.C, las cuales se encuentran descritas en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia; queda prohibida la reproducción total o parcial, salvo autorización escrita de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas; no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas y de la información proporcionada por el cliente.

Última Revisión Enero 2022

**INFORME DE ENSAYO
MA2414317 Rev. 0**

MEJIA PASCUAL NADYA IRAIDA

AV. CAQUETÁ 1300 - LIMA - LIMA - RIMAC

ENV / LB-354945-004

PROCEDENCIA : CITECCLA LIMA

Fecha de Recepción SGS : 07-05-2024

Fecha de Ejecución : Del 07-05-2024 al 14-05-2024

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
BC-IA-03
BC-IA-04
BC-IA-05
BC-IA-06
BC-IA-07
BC-IA-08
BC-IA-09
BC-IA-10

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 14/05/2024



Frank M. Julcamoro Quispe

C.Q.P. 1033

Supervisor de Laboratorio

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2414317 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					BC-IA-03	BC-IA-04
FECHA DE MUESTREO					02/05/2024	02/05/2024
HORA DE MUESTREO					11:00:00	11:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.076 ± 0.0070	0.095 ± 0.0090
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0365 ± 0.0033	0.0491 ± 0.0044
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	<0.006	<0.006
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00011 ± 0.000030	0.00007 ± 0.000020
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	20.130 ± 2.013	23.607 ± 2.36
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00006 ± 0.000010	0.00008 ± 0.000010
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00747 ± 0.0019	0.00946 ± 0.0024
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	34.5229 ± 8.63	16.3457 ± 4.086
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00026 ± 0.000050	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0612 ± 0.0055	0.0690 ± 0.0062
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047	<0.047
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0626 ± 0.0050	0.0398 ± 0.0032
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.983 ± 0.12	1.258 ± 0.15
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.01630 ± 0.0011	0.01683 ± 0.0012
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0024 ± 0.00060	0.0017 ± 0.00040
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	4.34 ± 0.35	4.59 ± 0.37
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0044 ± 0.00040	0.0047 ± 0.00050
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	0.41 * ± 0.050	0.63 * ± 0.080
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	0.190 ± 0.023	0.293 ± 0.035
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	83.306 ± 9.16	97.860 ± 10.77
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0143 ± 0.0021	0.0102 ± 0.0015
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0200 ± 0.0020	0.0181 ± 0.0018
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					BC-IA-05	BC-IA-06
FECHA DE MUESTREO					02/05/2024	02/05/2024
HORA DE MUESTREO					11:00:00	11:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.156 ± 0.014	0.062 ± 0.0060
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0401 ± 0.0036	0.0337 ± 0.0030
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO
MA2414317 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					BC-IA-05	BC-IA-06
FECHA DE MUESTREO					02/05/2024	02/05/2024
HORA DE MUESTREO					11:00:00	11:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	<0.006	<0.006
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00010 ± 0.000020	<0.00003
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	21.760 ± 2.18	16.827 ± 1.68
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00007 ± 0.000010	0.00005
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00471 ± 0.0012	0.00293 ± 0.00073
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	5.3976 ± 1.35	4.7683 ± 1.19
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0632 ± 0.0057	0.0511 ± 0.0046
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047	<0.047
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0126 ± 0.0010	0.0036 ± 0.00030
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	1.673 ± 0.20	1.475 ± 0.18
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.01476 ± 0.0010	0.00996 ± 0.00070
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0012 ± 0.00030	0.0010 ± 0.00020
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	4.49 ± 0.36	4.76 ± 0.38
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0051 ± 0.00050	0.0057 ± 0.00060
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	0.51 * ± 0.060	0.57 * ± 0.070
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	0.241 ± 0.029	0.267 ± 0.032
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	112.385 ± 12.36	128.812 ± 14.17
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0031 ± 0.00050	0.0018 ± 0.00030
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0128 ± 0.0013	0.0102 ± 0.0010
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					BC-IA-07	BC-IA-08
FECHA DE MUESTREO					02/05/2024	02/05/2024
HORA DE MUESTREO					11:00:00	11:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.025 ± 0.0020	0.020 ± 0.0020
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0199 ± 0.0018	0.0111 ± 0.0010
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	<0.006	<0.006
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00006 ± 0.000010	0.00006 ± 0.000010
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	10.866 ± 1.087	6.723 ± 0.67
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003

**INFORME DE ENSAYO
MA2414317 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					BC-IA-07	BC-IA-08
FECHA DE MUESTREO					02/05/2024	02/05/2024
HORA DE MUESTREO					11:00:00	11:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00174 ± 0.00044	0.00163 ± 0.00041
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	2.3795 ± 0.59	1.0645 ± 0.27
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0331 ± 0.0030	0.0196 ± 0.0018
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047	<0.047
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0037 ± 0.00030	0.0030 ± 0.00020
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	1.171 ± 0.14	1.070 ± 0.13
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00511 ± 0.00036	0.00340 ± 0.00024
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	4.56 ± 0.36	4.47 ± 0.36
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0052 ± 0.00050	0.0052 ± 0.00050
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	0.48 * ± 0.060	0.64 * ± 0.080
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	0.222 ± 0.027	0.300 ± 0.036
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	136.928 ± 15.062	143.631 ± 15.80
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0010 ± 0.00020	<0.0003
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0056 ± 0.00060	0.0031 ± 0.00030
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					BC-IA-09	BC-IA-10
FECHA DE MUESTREO					02/05/2024	02/05/2024
HORA DE MUESTREO					11:00:00	11:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.008 ± 0.0010	0.018 ± 0.0020
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0097 ± 0.00090	0.0066 ± 0.00060
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	<0.006	<0.006
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00008 ± 0.000020	0.00006 ± 0.000010
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	5.420 ± 0.54	3.852 ± 0.39
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00225 ± 0.00056	0.00212 ± 0.00053
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	1.2959 ± 0.32	1.6059 ± 0.40
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0152 ± 0.0014	0.0103 ± 0.00090
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047	0.071 ± 0.020
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012	<0.00012



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO
MA2414317 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					BC-IA-09	BC-IA-10
FECHA DE MUESTREO					02/05/2024	02/05/2024
HORA DE MUESTREO					11:00:00	11:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0085 ± 0.00070	0.0088 ± 0.00070
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0010 ± 0.00010	0.0018 ± 0.00020
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	1.002 ± 0.12	0.764 ± 0.092
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00308 ± 0.00022	0.00237 ± 0.00017
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	0.0011 ± 0.00030
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	4.90 ± 0.39	4.31 ± 0.34
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0054 ± 0.00050	0.0052 ± 0.00050
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	0.74 * ± 0.090	0.30 * ± 0.040
Siicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	0.347 ± 0.042	0.140 ± 0.017
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	155.264 ± 17.079	155.275 ± 17.080
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0010 ± 0.00010	<0.0006
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0024 ± 0.00040	<0.0003
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0088 ± 0.00090	0.0068 ± 0.00070
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

**INFORME DE ENSAYO
MA2414317 Rev. 0**

CONTROL DE CALIDAD

LC: Límite de cuantificación
MB: Blanco del proceso.
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parámetro	Unidad	LC	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Aluminio Total	mg/L	0.003	<0.003	0%	100 - 107%	97%	5%
Antimonio Total	mg/L	0.00013	<0.00013	8%	98 - 105%	95%	3%
Arsénico Total	mg/L	0.00010	<0.00010	5%	92 - 96%	104%	6%
Bario Total	mg/L	0.0003	<0.0003	2%	94 - 102%	99%	1%
Berilio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	95 - 97%	94%	0%
Bismuto Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	98 - 104%	98%	0%
Boro Total	mg/L	0.006	<0.006	6%	96 - 105%	97%	8%
Cadmio Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	101 - 105%	107%	8%
Calcio Total	mg/L	0.009	<0.009	0%	91 - 102%	93%	2%
Cerio Total	mg/L	0.00024	<0.00024	1%	107 - 110%	108%	0%
Cesio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	3%	97 - 104%	104%	0%
Cobalto Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	96 - 101%	97%	2%
Cobre Total	mg/L	0.00009	<0.00009	2%	96 - 99%	94%	0%
Cromo Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	93 - 95%	106%	5%
Estaño Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0%	97 - 103%	108%	0%
Estroncio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	94 - 102%	97%	3%
Fósforo Total	mg/L	0.047	<0.047	0%	92 - 108%	100%	5%
Galio Total	mg/L	0.00012	<0.00012	0%	102 - 105%	102%	1%
Germanio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	94 - 97%	92%	1%
Hafnio Total	mg/L	0.00015	<0.00015	0%	94 - 109%	107%	0%
Hierro Total	mg/L	0.0013	<0.0013	8%	97 - 99%	91%	0%
Lantano Total	mg/L	0.0015	<0.0015	0%	103 - 106%	99%	1%
Litio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	1%	94 - 95%	97%	2%
Lutecio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	97 - 107%	105%	1%
Magnesio Total	mg/L	0.003	<0.003	7%	96 - 101%	96%	1%
Manganeso Total	mg/L	0.00010	<0.00010	7%	101 - 109%	107%	0%
Mercurio Total	mg/L	0.00009	<0.00009	0%	98 - 108%	99%	3%
Molibdeno Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	102 - 103%	99%	0%
Niobio Total	mg/L	0.0015	<0.0015	0%	99 - 100%	95%	2%
Niquel Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	105 - 108%	99%	1%
Plata Total	mg/L	0.000010	<0.000010	0%	92 - 94%	95%	5%
Plomo Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	91 - 92%	91%	3%
Potasio Total	mg/L	0.13	<0.13	3%	98 - 103%	93%	4%
Rubidio Total	mg/L	0.0009	<0.0009	2%	106 - 109%	104%	1%
Selenio Total	mg/L	0.0013	<0.0013	0%	93 - 94%	96%	0%
Silice Total	mg/L	0.27	<0.27	0%	91 - 107%	93%	0%
Silicio Total	mg/L	0.128	<0.128	0%	91 - 106%	93%	0%
Sodio Total	mg/L	0.019	<0.019	7%	101 - 102%	95%	7%
Talio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	100 - 105%	99%	1%
Tantalio Total	mg/L	0.0021	<0.0021	0%	93 - 103%	109%	2%
Teluro Total	mg/L	0.003	<0.003	0%	99 - 108%	95%	0%
Thorio Total	mg/L	0.00019	<0.00019	0%	98 - 99%	91%	0%
Titanio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	94 - 97%	93%	0%
Uranio Total	mg/L	0.000010	<0.000010	0%	105 - 107%	103%	1%
Vanadio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	93 - 96%	94%	0%
Wolframio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	97 - 107%	98%	1%
Yterbio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	99 - 100%	98%	1%
Zinc Total	mg/L	0.0026	<0.0026	0%	98 - 109%	94%	5%
Zirconio Total	mg/L	0.00045	<0.00045	0%	100 - 106%	93%	0%



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2414317 Rev. 0**

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_EPA200_8	Callao	Metales Totales	EPA- Method 200.8 Rev. 5.4, 1994. Determination of trace elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass spectrometry. 2015 (VALIDADO – Aplicado fuera del alcance)



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2414317 Rev. 0**

NOTAS

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

Este documento es emitido bajo las Condiciones Generales de Servicio de SGS del Perú S.A.C, las cuales se encuentran descritas en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia; queda prohibida la reproducción total o parcial, salvo autorización escrita de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas; no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas y de la información proporcionada por el cliente.

Última Revisión Enero 2022

**INFORME DE ENSAYO
MA2415310 Rev. 1**

INSTITUTO TECNOLOGICO DE LA PRODUCCION

CARRETERA VENTANILLA KM, 5200 CALLAO SIN DISTRITO

ENV / LB-354981-003

PROCEDENCIA : CITECCAL

Fecha de Recepción SGS : 15-05-2024

Fecha de Ejecución : Del 15-05-2024 al 04-06-2024

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Observación : Rev. 1: Se corrigen los resultados de los metales totales.

"Este informe cancela y reemplaza al Informe No. MA2415310 con fecha 23-05-24 emitida por SGS del Perú"

Estación de Muestreo
Efluente Real
Efluente Tratado

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 04/06/2024



Frank M. Julcamoro Quispe

C.Q.P. 1033

Supervisor de Laboratorio

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



Registro N° LE - 002

**INFORME DE ENSAYO
MA2415310 Rev. 1**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					Efluente Real	Efluente Tratado
FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					13/05/2024 12:00:00 AGUA RESIDUAL AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	13/05/2024 12:00:00 AGUA RESIDUAL AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	605.449 ± 54.49	437.651 ± 39.39
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	0.16103 ± 0.045	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.38676 ± 0.043	0.39566 ± 0.044
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.4162 ± 0.038	0.4785 ± 0.043
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	0.01022 ± 0.0022
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	<0.006	<0.006
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.04840 ± 0.011	0.01718 ± 0.0040
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	959.395 ± 95.94	1,142.144 ± 114.21
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	0.00636 ± 0.00052	0.03358 ± 0.0027
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0078 ± 0.0013	0.0090 ± 0.0015
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.06098 ± 0.0055	<0.00003
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.26866 ± 0.067	0.30895 ± 0.077
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	945.0596 ± 236.26	482.9626 ± 120.74
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.69361 ± 0.13	0.55864 ± 0.11
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	3.0623 ± 0.27	3.4763 ± 0.31
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	7.910 ± 2.21	6.970 ± 1.95
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	0.11194 ± 0.0091	0.10046 ± 0.0081
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0009 ± 0.00030	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	0.24098 ± 0.020	0.21415 ± 0.018
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	7.0727 ± 0.57	2.3496 ± 0.19
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	0.0025 ± 0.00070	0.0221 ± 0.0060
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0983 ± 0.0088	0.1121 ± 0.010
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	86.391 ± 10.37	103.190 ± 12.38
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.47817 ± 0.033	0.51808 ± 0.036
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.18149 ± 0.051	0.25268 ± 0.071
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.20087 ± 0.046	0.11307 ± 0.026
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0868 ± 0.020	<0.0006
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0997 ± 0.0090	0.0421 ± 0.0038
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	189.86 ± 15.19	187.31 ± 14.98
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.1798 ± 0.018	0.2059 ± 0.021
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0248 ± 0.0057	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	160.22 * ± 19.23	87.46 * ± 10.50
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	74.889 ± 8.99	40.881 ± 4.91
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	21,311.240 ± 2,344.24	23,145.651 ± 2,546.022
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.01124 ± 0.0026	0.00921 ± 0.0021
Tantalo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.020 ± 0.0040	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.2675 ± 0.035	0.1137 ± 0.015
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	0.003627 ± 0.00076	0.004777 ± 0.0010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0019 ± 0.00030	0.0248 ± 0.0037
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00264 ± 0.00055	0.00351 ± 0.00074
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	1.6687 ± 0.17	1.4472 ± 0.14
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	0.17231 ± 0.040	0.15831 ± 0.036

**INFORME DE ENSAYO
MA2415310 Rev. 1**

CONTROL DE CALIDAD

LC: Límite de cuantificación
MB: Blanco del proceso.
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parámetro	Unidad	LC	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Aluminio Total	mg/L	0.003	<0.003	3%	100%	100 - 103%	0%
Antimonio Total	mg/L	0.00013	<0.00013	0%	96 - 99%	95%	0%
Arsénico Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0%	99 - 102%	101 - 102%	0%
Bario Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	96 - 103%	103%	0%
Berilio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	96 - 106%	102 - 103%	0%
Bismuto Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	96 - 105%	99 - 100%	1%
Boro Total	mg/L	0.006	<0.006	0%	96 - 102%	100 - 102%	0%
Cadmio Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	103 - 108%	97 - 108%	0%
Calcio Total	mg/L	0.009	<0.009	0%	100%	100 - 101%	0%
Cerio Total	mg/L	0.00024	<0.00024	0%	97 - 108%	102%	0%
Cesio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	100 - 104%	102 - 105%	0%
Cobalto Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	95 - 105%	95 - 96%	0%
Cobre Total	mg/L	0.00009	<0.00009	0%	91 - 97%	98%	0%
Cromo Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	91 - 93%	94%	0%
Estaño Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0%	91 - 97%	103 - 104%	0%
Estroncio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	92 - 97%	97%	0%
Fósforo Total	mg/L	0.047	<0.047	0%	98 - 100%	99 - 100%	0%
Galio Total	mg/L	0.00012	<0.00012	0%	99 - 109%	100 - 101%	0%
Germanio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	101 - 106%	98 - 99%	1%
Hafnio Total	mg/L	0.00015	<0.00015	0%	100 - 103%	102 - 103%	0%
Hierro Total	mg/L	0.0013	<0.0013	0%	92 - 98%	98 - 99%	0%
Lantano Total	mg/L	0.0015	<0.0015	0%	97 - 104%	99 - 100%	0%
Litio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	94 - 100%	94%	0%
Lutecio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	95 - 98%	107 - 108%	0%
Magnesio Total	mg/L	0.003	<0.003	7%	98 - 107%	107%	0%
Manganeso Total	mg/L	0.00010	<0.00010	3%	95 - 99%	98 - 101%	0%
Mercurio Total	mg/L	0.00009	<0.00009	0%	98 - 103%	98 - 100%	0%
Molibdeno Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	96 - 102%	95%	1%
Niobio Total	mg/L	0.0015	<0.0015	0%	101 - 106%	100%	1%
Niquel Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	95 - 108%	99 - 100%	0%
Plata Total	mg/L	0.000010	<0.000010	0%	91 - 100%	99 - 100%	1%
Plomo Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	99 - 103%	103%	0%
Potasio Total	mg/L	0.13	<0.13	1%	99%	99%	0%
Rubidio Total	mg/L	0.0009	<0.0009	0%	102 - 105%	105%	0%
Selenio Total	mg/L	0.0013	<0.0013	0%	98 - 101%	98 - 100%	0%
Silice Total	mg/L	0.27	<0.27	0%	92 - 99%	92 - 93%	0%
Silicio Total	mg/L	0.128	<0.128	0%	92 - 98%	92 - 93%	0%
Sodio Total	mg/L	0.019	<0.019	0%	103 - 105%	101 - 103%	0%
Talio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	101 - 105%	101%	1%
Tantalio Total	mg/L	0.0021	<0.0021	0%	97 - 98%	100 - 101%	0%
Teluro Total	mg/L	0.003	<0.003	0%	96 - 103%	94 - 102%	0%
Thorio Total	mg/L	0.00019	<0.00019	0%	95 - 103%	97%	0%
Titanio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	96 - 100%	97 - 107%	0%
Uranio Total	mg/L	0.000010	<0.000010	0%	98 - 107%	99 - 100%	1%
Vanadio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	1%	93 - 100%	100%	0%
Wolframio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	97%	98 - 99%	0%
Yterbio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	99 - 105%	100 - 101%	0%
Zinc Total	mg/L	0.0026	<0.0026	0%	91 - 94%	91 - 98%	0%
Zirconio Total	mg/L	0.00045	<0.00045	0%	101 - 102%	102 - 104%	0%



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2415310 Rev. 1**

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_EPA200_8	Callao	Metales Totales	EPA- Method 200.8 Rev. 5.4, 1994. Determination of trace elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass spectrometry. 2015 (VALIDADO – Aplicado fuera del alcance)



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2415310 Rev. 1**

NOTAS

Notas:

- El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
- Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.
- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

Este documento es emitido bajo las Condiciones Generales de Servicio de SGS del Perú S.A.C, las cuales se encuentran descritas en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia; queda prohibida la reproducción total o parcial, salvo autorización escrita de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas; no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas y de la información proporcionada por el cliente.

Última Revisión Enero 2022



**INFORME DE ENSAYO
MA2415333 Rev. 1**

INSTITUTO TECNOLOGICO DE LA PRODUCCION

CARRETERA VENTANILLA KM, 5200 CALLAO SIN DISTRITO

ENV / LB-354981-006

PROCEDENCIA : CITECCAL

Fecha de Recepción SGS : 15-05-2024

Fecha de Ejecución : Del 15-05-2024 al 04-06-2024

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Observación : Rev. 1: Se corrigen los resultados de los metales totales.

"Este informe cancela y reemplaza al Informe No. MA2415333 con fecha 23-05-24 emitida por SGS del Perú"

Estación de Muestreo
BC-IC-05
BC-IC-06
BC-IC-08
BC-IC-09
BC-IC-10
BC-IC-21
BC-IC-22

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 04/06/2024

Frank M. Julcamoro Quispe

C.Q.P. 1033

Supervisor de Laboratorio

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



Registro N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2415333 Rev. 1

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					BC-IC-05	BC-IC-06
FECHA DE MUESTREO					13/05/2024	13/05/2024
HORA DE MUESTREO					12:00:00	12:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.030 ± 0.0030	0.337 ± 0.030
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00028 ± 0.000030	0.00018 ± 0.000020
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0058 ± 0.00050	0.0116 ± 0.0010
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.041 ± 0.0050	0.055 ± 0.0070
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	0.00018 ± 0.000040
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	4.279 ± 0.43	8.896 ± 0.89
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0003 ± 0.00010	0.0004 ± 0.00010
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	0.00026 ± 0.000020
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00201 ± 0.00050	0.00189 ± 0.00047
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.4709 ± 0.12	0.8247 ± 0.21
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0069 ± 0.00060	0.0154 ± 0.0014
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	0.063 ± 0.018	0.088 ± 0.025
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	0.00094 ± 0.000080	0.00025 ± 0.000020
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	0.0305 ± 0.0024
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0022 ± 0.00020	0.0024 ± 0.00020
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.909 ± 0.11	1.291 ± 0.15
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00169 ± 0.00012	0.00618 ± 0.00043
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	0.0103 ± 0.0024
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0008 ± 0.00010	0.0021 ± 0.00020
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	1.31 ± 0.10	1.90 ± 0.15
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0019 ± 0.00020	0.0027 ± 0.00030
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	<0.27 *	<0.27 *
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	<0.128	<0.128
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	81.522 ± 8.97	143.150 ± 15.75
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0011 ± 0.00010	0.0009 ± 0.00010
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0005 ± 0.00010	0.0005 ± 0.00010
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0110 ± 0.0011	0.0149 ± 0.0015
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	0.00089 ± 0.00020	<0.00045

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					BC-IC-08	BC-IC-09
FECHA DE MUESTREO					13/05/2024	13/05/2024
HORA DE MUESTREO					12:00:00	12:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.015 ± 0.0010	0.036 ± 0.0030
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	0.00022 ± 0.000020
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0064 ± 0.00060	0.0179 ± 0.0016
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



Registro N° LE - 002

**INFORME DE ENSAYO
MA2415333 Rev. 1**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					BC-IC-08	BC-IC-09
FECHA DE MUESTREO					13/05/2024	13/05/2024
HORA DE MUESTREO					12:00:00	12:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.034 ± 0.0040	0.053 ± 0.0060
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	0.00009 ± 0.000020
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	6.045 ± 0.61	19.127 ± 1.91
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	0.0005 ± 0.00010
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00003 ± 0.00000	0.00019 ± 0.000020
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00130 ± 0.00033	0.00561 ± 0.0014
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.9229 ± 0.23	1.9308 ± 0.48
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0102 ± 0.00090	0.0463 ± 0.0042
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047	0.184 ± 0.052
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0119 ± 0.0010	0.1553 ± 0.012
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0024 ± 0.00020	0.0136 ± 0.0012
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	1.054 ± 0.13	2.073 ± 0.25
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00385 ± 0.00027	0.01375 ± 0.00096
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	0.0023 ± 0.00050
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	0.0033 ± 0.00030
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	2.26 ± 0.18	4.48 ± 0.36
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0029 ± 0.00030	0.0060 ± 0.00060
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	<0.27 *	<0.27 *
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	<0.128	<0.128
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	95.074 ± 10.46	121.627 ± 13.38
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0009 ± 0.00010	<0.0006
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	0.000037 ± 0.0000080
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0021 ± 0.00030	0.0004 ± 0.00010
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0116 ± 0.0012	0.0479 ± 0.0048
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					BC-IC-10	BC-IC-21
FECHA DE MUESTREO					13/05/2024	13/05/2024
HORA DE MUESTREO					12:00:00	12:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.065 ± 0.0060	0.639 ± 0.058
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	0.08958 ± 0.0099
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0322 ± 0.0029	0.1408 ± 0.013
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	0.00195 ± 0.00041
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.036 ± 0.0040	<0.006
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00157 ± 0.00036	<0.00003
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	28.242 ± 2.82	91.134 ± 9.11
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0004 ± 0.00010	0.0013 ± 0.00020
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00021 ± 0.000020	0.00196 ± 0.00018



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO
MA2415333 Rev. 1**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					BC-IC-10	BC-IC-21
FECHA DE MUESTREO					13/05/2024	13/05/2024
HORA DE MUESTREO					12:00:00	12:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00147 ± 0.00037	2.26829 ± 0.57
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	3.5528 ± 0.89	101.6477 ± 25.41
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	0.05424 ± 0.010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0503 ± 0.0045	0.1359 ± 0.012
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	0.160 ± 0.045	<0.047
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	0.9947 ± 0.080
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0080 ± 0.00070	0.0096 ± 0.00090
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	0.00007 ± 0.000020
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	2.535 ± 0.30	3.598 ± 0.43
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.01464 ± 0.0010	0.07211 ± 0.0051
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	0.01551 ± 0.0043
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	0.00896 ± 0.0021
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0007 ± 0.00020	1.2438 ± 0.29
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0099 ± 0.00090	0.0076 ± 0.00070
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	4.53 ± 0.36	8.45 ± 0.68
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0053 ± 0.00050	0.0151 ± 0.0015
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0027 ± 0.00060	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	<0.27 *	14.47 * ± 1.74
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	<0.128	6.764 ± 0.81
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	132.494 ± 14.57	202.488 ± 22.27
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0027 ± 0.00040	0.0130 ± 0.0017
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	0.000187 ± 0.000039
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0030 ± 0.00050	0.0617 ± 0.0093
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0372 ± 0.0037	0.3081 ± 0.031
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					BC-IC-22
FECHA DE MUESTREO					13/05/2024
HORA DE MUESTREO					12:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales					
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	1.251 ± 0.11
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0834 ± 0.0075
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00262 ± 0.00055
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	<0.006
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	79.942 ± 7.99
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.08382 ± 0.021
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	305.5235 ± 76.38
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.1561 ± 0.014
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012

**INFORME DE ENSAYO
MA2415333 Rev. 1**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					BC-IC-22
FECHA DE MUESTREO					13/05/2024
HORA DE MUESTREO					12:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales					
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.8882 ± 0.071
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	5.213 ± 0.63
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.11839 ± 0.0083
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.04883 ± 0.014
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0496 ± 0.0045
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	21.34 ± 1.71
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0269 ± 0.0027
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	94.73 * ± 11.37
Siicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	44.278 ± 5.31
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	349.564 ± 38.45
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0175 ± 0.0023
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.1029 ± 0.015
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00087 ± 0.00018
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.2280 ± 0.023
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045

**INFORME DE ENSAYO
MA2415333 Rev. 1**

CONTROL DE CALIDAD

LC: Límite de cuantificación
MB: Blanco del proceso.
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parámetro	Unidad	LC	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Aluminio Total	mg/L	0.003	<0.003	3%	100%	100 - 103%	0%
Antimonio Total	mg/L	0.00013	<0.00013	0%	96 - 99%	95%	0%
Arsénico Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0%	99 - 102%	101 - 102%	0%
Bario Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	96 - 103%	103%	0%
Berilio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	96 - 106%	102 - 103%	0%
Bismuto Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	96 - 105%	99 - 100%	1%
Boro Total	mg/L	0.006	<0.006	0%	96 - 102%	100 - 102%	0%
Cadmio Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	103 - 108%	97 - 108%	0%
Calcio Total	mg/L	0.009	<0.009	0%	100%	100 - 101%	0%
Cerio Total	mg/L	0.00024	<0.00024	0%	97 - 108%	102%	0%
Cesio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	100 - 104%	102 - 105%	0%
Cobalto Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	95 - 105%	95 - 96%	0%
Cobre Total	mg/L	0.00009	<0.00009	0%	91 - 97%	98%	0%
Cromo Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	91 - 93%	94%	0%
Estaño Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0%	91 - 97%	103 - 104%	0%
Estroncio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	92 - 97%	97%	0%
Fósforo Total	mg/L	0.047	<0.047	0%	98 - 100%	99 - 100%	0%
Galio Total	mg/L	0.00012	<0.00012	0%	99 - 109%	100 - 101%	0%
Germanio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	101 - 106%	98 - 99%	1%
Hafnio Total	mg/L	0.00015	<0.00015	0%	100 - 103%	102 - 103%	0%
Hierro Total	mg/L	0.0013	<0.0013	0%	92 - 98%	98 - 99%	0%
Lantano Total	mg/L	0.0015	<0.0015	0%	97 - 104%	99 - 100%	0%
Litio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	94 - 100%	94%	0%
Lutecio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	95 - 98%	107 - 108%	0%
Magnesio Total	mg/L	0.003	<0.003	7%	98 - 107%	107%	0%
Manganeso Total	mg/L	0.00010	<0.00010	3%	95 - 99%	98 - 101%	0%
Mercurio Total	mg/L	0.00009	<0.00009	0%	98 - 103%	98 - 100%	0%
Molibdeno Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	96 - 102%	95%	1%
Niobio Total	mg/L	0.0015	<0.0015	0%	101 - 106%	100%	1%
Niquel Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	95 - 108%	99 - 100%	0%
Plata Total	mg/L	0.000010	<0.000010	0%	91 - 100%	99 - 100%	1%
Plomo Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	99 - 103%	103%	0%
Potasio Total	mg/L	0.13	<0.13	1%	99%	99%	0%
Rubidio Total	mg/L	0.0009	<0.0009	0%	102 - 105%	105%	0%
Selenio Total	mg/L	0.0013	<0.0013	0%	98 - 101%	98 - 100%	0%
Silice Total	mg/L	0.27	<0.27	0%	92 - 99%	92 - 93%	0%
Silicio Total	mg/L	0.128	<0.128	0%	92 - 98%	92 - 93%	0%
Sodio Total	mg/L	0.019	<0.019	0%	103 - 105%	101 - 103%	0%
Talio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	101 - 105%	101%	1%
Tantalio Total	mg/L	0.0021	<0.0021	0%	97 - 98%	100 - 101%	0%
Teluro Total	mg/L	0.003	<0.003	0%	96 - 103%	94 - 102%	0%
Thorio Total	mg/L	0.00019	<0.00019	0%	95 - 103%	97%	0%
Titanio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	96 - 100%	97 - 107%	0%
Uranio Total	mg/L	0.000010	<0.000010	0%	98 - 107%	99 - 100%	1%
Vanadio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	1%	93 - 100%	100%	0%
Wolframio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	97%	98 - 99%	0%
Yterbio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	99 - 105%	100 - 101%	0%
Zinc Total	mg/L	0.0026	<0.0026	0%	91 - 94%	91 - 98%	0%
Zirconio Total	mg/L	0.00045	<0.00045	0%	101 - 102%	102 - 104%	0%



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2415333 Rev. 1**

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_EPA200_8	Callao	Metales Totales	EPA- Method 200.8 Rev. 5.4, 1994. Determination of trace elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass spectrometry. 2015 (VALIDADO – Aplicado fuera del alcance)



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2415333 Rev. 1**

NOTAS

Notas:

- El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
- Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.
- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

Este documento es emitido bajo las Condiciones Generales de Servicio de SGS del Perú S.A.C, las cuales se encuentran descritas en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia; queda prohibida la reproducción total o parcial, salvo autorización escrita de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas; no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas y de la información proporcionada por el cliente.

Última Revisión Enero 2022

**INFORME DE ENSAYO
MA2415334 Rev. 1**

INSTITUTO TECNOLOGICO DE LA PRODUCCION

CARRETERA VENTANILLA KM, 5200 CALLAO SIN DISTRITO

ENV / LB-354981-007

PROCEDENCIA : CITECCAL

Fecha de Recepción SGS : 15-05-2024

Fecha de Ejecución : Del 15-05-2024 al 04-06-2024

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Observación : Rev. 1: Se corrigen los resultados de los metales totales.

"Este informe cancela y reemplaza al Informe No. MA2415334 con fecha 23-05-24 emitida por SGS del Perú"

Estación de Muestreo
BC-IC-04A
BC-IC-05A
BC-IC-07A
BC-IC-08A
BC-IC-09A
BC-IC-12A

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 04/06/2024



Frank M. Julcamoro Quispe

C.Q.P. 1033

Supervisor de Laboratorio

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



Registro N° LE - 002

**INFORME DE ENSAYO
MA2415334 Rev. 1**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					BC-IC-04A	BC-IC-05A
FECHA DE MUESTREO					13/05/2024	13/05/2024
HORA DE MUESTREO					12:00:00	12:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.016 ± 0.0010	1.913 ± 0.17
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	0.00617 ± 0.00068
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	0.0286 ± 0.0026
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	<0.006	0.065 ± 0.0080
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	0.00057 ± 0.00013
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	1.139 ± 0.11	26.246 ± 2.63
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	0.0047 ± 0.00080
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00075 ± 0.000070	<0.00003
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	16.4070 ± 4.10	24.1380 ± 6.035
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0029 ± 0.00030	0.0305 ± 0.0027
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047	<0.047
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	0.2123 ± 0.017
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	0.187 ± 0.022
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.04541 ± 0.0032	0.00747 ± 0.00052
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	1.85 ± 0.15	2.86 ± 0.23
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0028 ± 0.00030	0.0103 ± 0.0010
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	8.46 * ± 1.020	17.77 * ± 2.13
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	3.956 ± 0.47	8.305 ± 1.00
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	10.489 ± 1.15	56.060 ± 6.17
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	0.0037 ± 0.00050
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0135 ± 0.0020	0.0121 ± 0.0018
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0493 ± 0.0049	0.5180 ± 0.052
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					BC-IC-07A	BC-IC-08A
FECHA DE MUESTREO					13/05/2024	13/05/2024
HORA DE MUESTREO					12:00:00	12:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.192 ± 0.017	<0.003
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	0.00183 ± 0.00020
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0677 ± 0.0061	<0.0003
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	0.00170 ± 0.00036
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003

**INFORME DE ENSAYO
MA2415334 Rev. 1**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					BC-IC-07A	BC-IC-08A
FECHA DE MUESTREO					13/05/2024	13/05/2024
HORA DE MUESTREO					12:00:00	12:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.131 ± 0.016	<0.006
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00042 ± 0.00010	0.00012 ± 0.000030
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	24.562 ± 2.46	4.292 ± 0.43
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0113 ± 0.0019	0.0047 ± 0.00080
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	0.00103 ± 0.000090
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.01885 ± 0.0047	<0.00009
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	48.4982 ± 12.12	72.5665 ± 18.14
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0969 ± 0.0087	0.0108 ± 0.0010
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047	<0.047
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.1479 ± 0.012	<0.0013
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0831 ± 0.0075	<0.0003
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.711 ± 0.085	<0.003
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.03827 ± 0.0027	<0.00010
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00642 ± 0.0018	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0161 ± 0.0014	0.0137 ± 0.0012
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	4.71 ± 0.38	3.67 ± 0.29
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0161 ± 0.0016	0.0125 ± 0.0013
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	23.32 * ± 2.80	26.09 * ± 3.13
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	10.900 ± 1.31	12.195 ± 1.46
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	36.027 ± 3.96	42.887 ± 4.72
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.005 ± 0.0010	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0406 ± 0.0061	0.0405 ± 0.0061
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.5160 ± 0.052	0.2282 ± 0.023
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					BC-IC-09A	BC-IC-12A
FECHA DE MUESTREO					13/05/2024	13/05/2024
HORA DE MUESTREO					12:00:00	12:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	2.928 ± 0.26	0.359 ± 0.032
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0426 ± 0.0038	0.0096 ± 0.00090
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	<0.006	<0.006
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00192 ± 0.00044	<0.00003
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	20.269 ± 2.027	10.380 ± 1.038
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0032 ± 0.00050	<0.0003
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO
MA2415334 Rev. 1**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					BC-IC-09A	BC-IC-12A
FECHA DE MUESTREO					13/05/2024	13/05/2024
HORA DE MUESTREO					12:00:00	12:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00020 ± 0.000050	<0.00009
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	92.8806 ± 23.22	221.8003 ± 55.45
Estañio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0288 ± 0.0026	0.0179 ± 0.0016
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047	<0.047
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012	<0.00012
Arsenico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.166 ± 0.020	0.480 ± 0.058
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	0.03783 ± 0.0027
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	0.02131 ± 0.0060
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0106 ± 0.0010	<0.0006
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	5.22 ± 0.42	11.45 ± 0.92
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0093 ± 0.00090	0.0115 ± 0.0012
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0039 ± 0.00090	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	21.54 * ± 2.58	51.09 * ± 6.13
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	10.070 ± 1.21	23.882 ± 2.87
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	55.962 ± 6.16	120.441 ± 13.25
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	0.0115 ± 0.0015
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0336 ± 0.0050	0.0906 ± 0.014
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	0.00009 ± 0.000020
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.2218 ± 0.022	0.4997 ± 0.050
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

**INFORME DE ENSAYO
MA2415334 Rev. 1**

CONTROL DE CALIDAD

LC: Límite de cuantificación
MB: Blanco del proceso.
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parámetro	Unidad	LC	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Aluminio Total	mg/L	0.003	<0.003	3%	100%	100 - 103%	0%
Antimonio Total	mg/L	0.00013	<0.00013	0%	96 - 99%	95%	0%
Arsénico Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0%	99 - 102%	101 - 102%	0%
Bario Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	96 - 103%	103%	0%
Berilio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	96 - 106%	102 - 103%	0%
Bismuto Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	96 - 105%	99 - 100%	1%
Boro Total	mg/L	0.006	<0.006	0%	96 - 102%	100 - 102%	0%
Cadmio Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	103 - 108%	97 - 108%	0%
Calcio Total	mg/L	0.009	<0.009	0%	100%	100 - 101%	0%
Cerio Total	mg/L	0.00024	<0.00024	0%	97 - 108%	102%	0%
Cesio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	100 - 104%	102 - 105%	0%
Cobalto Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	95 - 105%	95 - 96%	0%
Cobre Total	mg/L	0.00009	<0.00009	0%	91 - 97%	98%	0%
Cromo Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	91 - 93%	94%	0%
Estaño Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0%	91 - 97%	103 - 104%	0%
Estroncio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	92 - 97%	97%	0%
Fósforo Total	mg/L	0.047	<0.047	0%	98 - 100%	99 - 100%	0%
Galio Total	mg/L	0.00012	<0.00012	0%	99 - 109%	100 - 101%	0%
Germanio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	101 - 106%	98 - 99%	1%
Hafnio Total	mg/L	0.00015	<0.00015	0%	100 - 103%	102 - 103%	0%
Hierro Total	mg/L	0.0013	<0.0013	0%	92 - 98%	98 - 99%	0%
Lantano Total	mg/L	0.0015	<0.0015	0%	97 - 104%	99 - 100%	0%
Litio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	94 - 100%	94%	0%
Lutecio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	95 - 98%	107 - 108%	0%
Magnesio Total	mg/L	0.003	<0.003	7%	98 - 107%	107%	0%
Manganeso Total	mg/L	0.00010	<0.00010	3%	95 - 99%	98 - 101%	0%
Mercurio Total	mg/L	0.00009	<0.00009	0%	98 - 103%	98 - 100%	0%
Molibdeno Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	96 - 102%	95%	1%
Niobio Total	mg/L	0.0015	<0.0015	0%	101 - 106%	100%	1%
Niquel Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	95 - 108%	99 - 100%	0%
Plata Total	mg/L	0.000010	<0.000010	0%	91 - 100%	99 - 100%	1%
Plomo Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	99 - 103%	103%	0%
Potasio Total	mg/L	0.13	<0.13	1%	99%	99%	0%
Rubidio Total	mg/L	0.0009	<0.0009	0%	102 - 105%	105%	0%
Selenio Total	mg/L	0.0013	<0.0013	0%	98 - 101%	98 - 100%	0%
Silice Total	mg/L	0.27	<0.27	0%	92 - 99%	92 - 93%	0%
Silicio Total	mg/L	0.128	<0.128	0%	92 - 98%	92 - 93%	0%
Sodio Total	mg/L	0.019	<0.019	0%	103 - 105%	101 - 103%	0%
Talio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	101 - 105%	101%	1%
Tantalio Total	mg/L	0.0021	<0.0021	0%	97 - 98%	100 - 101%	0%
Teluro Total	mg/L	0.003	<0.003	0%	96 - 103%	94 - 102%	0%
Thorio Total	mg/L	0.00019	<0.00019	0%	95 - 103%	97%	0%
Titanio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	96 - 100%	97 - 107%	0%
Uranio Total	mg/L	0.000010	<0.000010	0%	98 - 107%	99 - 100%	1%
Vanadio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	1%	93 - 100%	100%	0%
Wolframio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	97%	98 - 99%	0%
Yterbio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	99 - 105%	100 - 101%	0%
Zinc Total	mg/L	0.0026	<0.0026	0%	91 - 94%	91 - 98%	0%
Zirconio Total	mg/L	0.00045	<0.00045	0%	101 - 102%	102 - 104%	0%



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2415334 Rev. 1**

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_EPA200_8	Callao	Metales Totales	EPA- Method 200.8 Rev. 5.4, 1994. Determination of trace elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass spectrometry. 2015 (VALIDADO – Aplicado fuera del alcance)



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2415334 Rev. 1**

NOTAS

Notas:

- El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
- Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.
- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

Este documento es emitido bajo las Condiciones Generales de Servicio de SGS del Perú S.A.C, las cuales se encuentran descritas en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia; queda prohibida la reproducción total o parcial, salvo autorización escrita de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas; no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas y de la información proporcionada por el cliente.

Última Revisión Enero 2022