



Universidad César Vallejo

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Tratamiento de extracción ácida para la recuperación de metales pesados (Hg, Pb y Cd) proveniente de pasivos mineros, 2023

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Vito Huamani, Kevin Lars (orcid.org/0009-0007-4617-9631)

Yarcuri Huayanay, Simion Wilder (orcid.org/0009-0006-3682-5612)

ASESOR:

Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio (orcid.org/0000-0003-1485-5854)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2024

Dedicatoria

A Dios, fuente de sabiduría y guía, dedicamos este logro. En cada paso, sentimos Su presencia, guiándonos a través de desafíos y bendiciéndonos con la fortaleza para perseverar. Que este proyecto sea una manifestación de nuestra gratitud por la gracia divina que ha iluminado nuestro camino.

A nuestros padres, quienes con amor infinito y apoyo incondicional han sido la fuerza impulsora detrás de cada logro y el faro que ilumina nuestro camino. Este proyecto de tesis lleva impreso el reflejo de su dedicación y confianza en nosotros. Gracias por ser el fundamento de nuestros éxitos y la inspiración que nos impulsa a alcanzar nuevas alturas.

A nuestros profesores, cuya sabiduría, orientación y apoyo han sido fundamentales en este viaje académico. Sus enseñanzas han sido faro y brújula, guiándonos con conocimiento y alentándonos a superar los límites de nuestro entendimiento.

A todos aquellos que, de una forma u otra, han contribuido a este proyecto, les expresamos nuestro agradecimiento. Que este esfuerzo conjunto sea un testimonio de la importancia de la colaboración y el apoyo mutuo.

Con gratitud y amor.

Agradecimiento

En el trayecto de realizar este proyecto de tesis, no podemos pasar por alto expresar nuestro profundo agradecimiento a aquellos que han sido pilares fundamentales en este viaje.

En primer lugar, queremos expresar nuestro agradecimiento hacia Dios. En cada paso de este proceso, Su guía ha sido nuestra fortaleza. En los momentos desafiantes, encontramos consuelo en la fe y confianza en que todo tiene un propósito divino. Reconocemos que este logro no solo es el resultado de nuestro esfuerzo, sino también de la gracia divina que ha iluminado nuestro camino y ha hecho posible superar obstáculos.

Además, queremos dedicar unas palabras de gratitud a nuestros padres. Su apoyo incondicional, amor y confianza han sido la luz que ilumina nuestro camino. A lo largo de los años, han sido nuestra fuente de inspiración constante, alentándonos a perseguir nuestros sueños con determinación. Cada logro en este proyecto es también un reflejo de su sacrificio y dedicación. Agradecemos infinitamente su presencia constante y su fe inquebrantable en nuestra capacidad para alcanzar metas significativas.

Agradecemos a nuestros padres por ser nuestra ancla terrenal y a Dios por ser nuestra guía celestial. Sin su amor, apoyo y dirección divina, este proyecto no habría alcanzado su plenitud. Este logro es, en última instancia, un testimonio de la influencia positiva y la bendición que han traído a nuestras vidas.

Con gratitud sincera.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, SERNAQUE AUCCAHUASI FERNANDO ANTONIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Tratamiento de Extracción Ácida para la Recuperación de Metales Pesados (Hg, Pb y Cd) Proveniente de Pasivos Mineros, 2023", cuyos autores son VITO HUAMANI KEVIN LARS, YARCURI HUAYANAY SIMION WILDER, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 10.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 27 de Marzo del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
FERNANDO ANTONIO SERNAQUE AUCCAHUASI DNI: 07234567 ORCID: 0000-0003-1485-5854	Firmado electrónicamente por: FSERNAQUEA el 12- 04-2024 15:50:00

Código documento Trilce: TRI - 0741244





Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, VITO HUAMANI KEVIN LARS, YARCURI HUAYANAY SIMION WILDER estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Tratamiento de Extracción Ácida para la Recuperación de Metales Pesados (Hg, Pb y Cd) Proveniente de Pasivos Mineros, 2023", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
KEVIN LARS VITO HUAMANI DNI: 72521106 ORCID: 0009-0007-4617-9631	Firmado electrónicamente por: KEVITOHU el 27-03-2024 22:33:35
SIMION WILDER YARCURI HUAYANAY DNI: 70374585 ORCID: 0009-0006-3682-5612	Firmado electrónicamente por: SIYARCURIHU el 27-03-2024 21:33:16

Código documento Trilce: TRI - 0741243

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Declaratoria de Autenticidad del Asesor.....	iv
Declaratoria de Originalidad de los Autores.....	v
Índice de contenidos.....	vi
Índice de tablas.....	vii
Índice de gráficos y figuras.....	ix
Resumen.....	x
Abstract.....	xi
I.INTRODUCCIÓN.....	1
II.MARCO TEÓRICO.....	8
III.METODOLOGÍA.....	14
3.1.Tipo y diseño de investigación.....	14
3.2. Variable y operacionalización.....	14
3.3.Población, muestra y muestreo.....	14
3.4.Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	15
3.5.Procedimiento.....	16
3.6.Método de análisis de datos.....	18
3.7.Aspectos éticos.....	18
IV. RESULTADOS.....	19
V. DISCUSIÓN.....	39
VI. CONCLUSIONES.....	42
VII. RECOMENDACIONES.....	43
REFERENCIAS.....	44
ANEXOS.....	52

Índice de tablas

Tabla 1. Caracterización fisicoquímica_____	19
Tabla 2. Ensayo 1 a una concentración del 20% de HCl_____	19
Tabla 3. Ensayo 2 a una concentración del 30% de HCl_____	20
Tabla 4. Ensayo 3 a una concentración del 40% de HCl_____	21
Tabla 5. Ensayo 4 a una concentración del 50% de HCl_____	21
Tabla 6. Ensayo 1 a una concentración del 20% de HCl_____	22
Tabla 7. Ensayo 2 a una concentración del 30% de HCl_____	23
Tabla 8. Ensayo 3 a una concentración del 40% de HCl_____	23
Tabla 9. Ensayo 4 a una concentración del 50% de HCl_____	24
Tabla 10. Ensayo 1 a una concentración del 20% de HCl_____	25
Tabla 11. Ensayo 2 a una concentración del 30% de HCl_____	25
Tabla 12. Ensayo 3 a una concentración del 40% de HCl_____	26
Tabla 13. Ensayo 4 a una concentración del 50% de HCl_____	26
Tabla 14. Prueba ANOVA para comparar concentración final y eficiencia de la extracción ácida de Hg para su recuperación según tratamiento_____	29
Tabla 15. Prueba de Tukey para comparar concentración final de la extracción ácida de Hg para su recuperación según tratamiento_____	29
Tabla 15. Prueba de Tukey para comparar eficiencia de la extracción ácida de Hg para su recuperación según tratamiento_____	30
Tabla 16. Prueba ANOVA para comparar concentración final y eficiencia de la extracción ácida de Hg para su recuperación según tratamiento_____	29
Tabla 17. Prueba ANOVA para comparar concentración final y eficiencia de la extracción ácida de Pb para su recuperación según tratamiento_____	31
Tabla 18. Prueba de Tukey para comparar concentración final de la extracción ácida de Pb para su recuperación según tratamiento_____	32
Tabla 19. Prueba de Tukey para comparar la eficiencia de la extracción ácida de Pb para su recuperación según tratamiento_____	32
Tabla 20. Prueba ANOVA para comparar concentración final y eficiencia de la extracción ácida de Cd para su recuperación según tratamiento_____	33
Tabla 21. Prueba de Tukey para comparar concentración final de la extracción ácida de Cd para su recuperación según tratamiento_____	34

Tabla 22. Prueba de Tukey eficiencias de la extracción ácida de Cd para su recuperación según tratamiento	34
Tabla 23. Prueba ANOVA para comparar concentración final y eficiencia de la extracción ácida de Hg para su recuperación según tiempo	35
Tabla 24. Prueba ANOVA para comparar concentración final y eficiencia de la extracción ácida de Pb para su recuperación según tiempo	36
Tabla 25. Prueba ANOVA para comparar concentración final y eficiencia de la extracción ácida de Cd para su recuperación según tiempo	36
Tabla 26. Prueba de Tukey para analizar el efecto del tiempo en la diferencia media de concentración final	37
Tabla 27. Prueba de Tukey para analizar el efecto del tiempo en la diferencia media de la eficiencia	37

Índice de gráficos y figuras

Gráfico 1. Comparación de concentración final e inicial para la extracción ácida de Hg para su recuperación según tratamiento_____	27
Gráfico 2. Comparación de concentración final e inicial para la extracción ácida de Pb para su recuperación según tratamiento_____	28
Gráfico 3. Comparación de concentración final e inicial para la extracción ácida de Cd para su recuperación según tratamiento_____	28
Gráfico 4. Comparación de concentración final media para la extracción ácida de Hg para su recuperación según tratamiento_____	30
Gráfico 5. Comparación de la eficiencia media para la extracción ácida de Hg para su recuperación según tratamiento_____	31
Gráfico 6. Comparación de concentración final media para la extracción ácida de Pb para su recuperación según tratamiento_____	32
Gráfico 7. Comparación de la eficiencia media para la extracción ácida de Pb para su recuperación según tratamiento_____	33
Gráfico 8. Comparación de concentración final media para la extracción ácida de Cd para su recuperación según tratamiento_____	34
Gráfico 9. Comparación de la eficiencia media para la extracción ácida de Cd para su recuperación según tratamiento_____	35
Gráfico 10. Comparación de concentración final media según tiempo_____	37
Gráfico 11. Comparación de la eficiencia media según tiempo_____	38
Figura 1. Estado actual de contaminación de las Áreas Mineras Críticas Abandonadas_____	14
Figura 2. Destrucción del ecosistema por desechos mineros_____	15

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo analizar de qué manera el tratamiento por extracción ácida tiene efecto en la recuperación de metales pesados provenientes de pasivos mineros; para lo cual se aplicó una metodología de tipo de tipo de investigación aplicada de diseño experimental puro.

Se obtuvo que el tratamiento por extracción ácida tiene efectos positivos en la recuperación de metales pesados; logrando reducir significativamente los valores iniciales del Mercurio, Plomo y Cadmio aplicando las condiciones óptimas de la concentración de cloruro de hidrógeno y el tiempo adecuado. Además, los parámetros fisicoquímicos del lodo proveniente de pasivos mineros demuestran que los valores del Mercurio, Plomo y Cadmio presentan valores de altos de 10135.75mg/kg, 18760mg/kg y 78.25mg/kg respectivamente. Se determinó que la concentración óptima de cloruro de hidrógeno al 50% en el tratamiento de extracción ácida permite mayor recuperación del mercurio, para el plomo y cadmio fue a una dosis del 40 y 50%. Se definió que el tiempo adecuado para que ocurra el mayor promedio de recuperación de metales pesados provenientes de pasivos mineros en los tres casos tanto de mercurio, plomo y cadmio es a mayor tiempo, ocurriendo incremento de remoción a medida que incrementa el tiempo.

Palabras clave: Extracción ácida, pasivos mineros, recuperación.

Abstract

The objective of this work was to analyze how the acid extraction treatment has an effect on the recovery of heavy metals from mining liabilities; for this purpose, a pure experimental design applied research methodology was applied.

It was obtained that the treatment by acid extraction has positive effects on the recovery of heavy metals, achieving a significant reduction in the initial values of Mercury, Lead and Cadmium by applying the optimum conditions of hydrogen chloride concentration and the appropriate time. In addition, the physicochemical parameters of the sludge from mining liabilities show that the values of Mercury, Lead and Cadmium have high values of 10135.75mg/kg, 18760mg/kg and 78.25mg/kg respectively. It was determined that the optimum concentration of hydrogen chloride at 50% in the acid extraction treatment allows greater recovery of mercury, for lead and cadmium it was at a dose of 40 and 50%. It was defined that the adequate time for the highest average recovery of heavy metals from mining liabilities to occur in the three cases for mercury, lead and cadmium is the longer the time, with an increase in removal occurring as time increases.

Keywords: Acid extraction, mining liabilities, recovery.

I. INTRODUCCIÓN

La industria minera es una de las más polémicas ya que, a pesar de ser ventajosa para la sociedad, también puede suponer una amenaza para ella (Yousefian M. et al., 2023, p.2). Existiendo a nivel mundial empresas mineras, y comunidades mineras artesanales y de pequeña escala y que en algunas partes del mundo estas han ido interactuando cada vez más (Sauerwein T., 2023, p.1).

Existiendo diversos aspectos negativos; razón por la cual la población se opone al verse afectado, siendo algunos ejemplos; la contaminación por el impacto ambiental, las filtraciones de relaves mineros, contaminación sonora, entre otros (Jae Hyuck L. et al., 2022, p.2). Además, es aún mayor los peligros asociados a las actividades mineras cerradas o inactivas, ya que, fueron identificados y examinados encontrándose riesgos asociados a dichos pasivos medioambientales (MINAM, 2016, p.551).

Pero la problemática es que, aunque existen iniciativas, estas parecen solo ser prometedoras, ya que, las partes interesadas, incluidos investigadores, mineros y miembros de la comunidad, a menudo no tienen en cuenta los efectos que estas acciones tienen sobre el medio ambiente, la sociedad y la salud (Velásquez J. et al., 2022, p.1).

Es así que mediante un estudio realizado en Perú se supo que numerosos conflictos relacionados con la minería afligieron a la nación; entre ellos el problema de la falta de gestión de los desechos de minas abandonadas (Salem J. et al., 2021, p.1). Además, los pasivos ambientales mineros (MEL) son el resultado de décadas de actividad minera que genera contaminación principalmente del suelo y agua (Fernández Macías J. et al., 2020, p.2).

Por ello la gestión de los residuos y estériles mineros se ha convertido en una acalorada preocupación para las autoridades, los ciudadanos y las organizaciones ecologistas (Owen y Kemp, 2019).

Como consecuencias se generan los riesgos para el medio ambiente, la salud humana y problemas sociales por aquellos emplazamientos, emisiones, estériles, residuos o efluentes generados por explotaciones mineras inactivas o abandonadas (Cruzado Rafur E. et al., 2021, p.2).

Entre los MEL los lixiviados en zonas aledañas a los distritos mineros estériles abandonados son aquellos que presentan altos niveles de metales pesados (MP) como el Ni, Hg, Zn, As, Cd y Pb, Cu, Cr (Wang P. et al., 2019, p.1).

Debido a que la preocupación por los procesos a largo plazo como el cierre y la recuperación de las minas es escasa o nula en la mayoría de los casos es que se deben estudiar técnicas ambientales para recuperar los metales pesados (Espinoza R. et al., 2017, p.2).

Ante ello, la extracción química es un método bien establecido y a menudo utilizado que recupera importantes metales de forma económica y sostenible (Wu Ping et al., 2020, p.1).

La eficacia de la extracción de metales pesados de los lodos mediante extracción ácida depende del tipo de ácido utilizado y de otras circunstancias operativas; como los parámetros de concentración y tiempo (Wang Z. et al., 2022, p.2).

Ante lo mencionado, se planteó el problema de estudio: ¿De qué manera el tratamiento por extracción ácida tiene efecto en la recuperación de metales pesados provenientes de pasivos mineros?

Los problemas específicos son los siguientes:

1. ¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos del lodo proveniente de pasivos mineros?
2. ¿Cuál es la concentración óptima de cloruro de hidrógeno en el tratamiento de extracción ácida para la recuperación de metales pesados proveniente de pasivos mineros?

3. ¿Cuál es el tiempo adecuado para que ocurra el mayor promedio de recuperación de metales pesados provenientes de pasivos mineros?

Es así como se planteó también el objetivo de estudio: Analizar de qué manera el tratamiento por extracción ácida tiene efecto en la recuperación de metales pesados provenientes de pasivos mineros

Mientras que los objetivos específicos son:

1. Identificar los parámetros fisicoquímicos del lodo proveniente de pasivos mineros
2. Determinar la concentración óptima de cloruro de hidrógeno en el tratamiento de extracción ácida para la recuperación de metales pesados proveniente de pasivos mineros
3. Determinar el tiempo adecuado para que ocurra el mayor promedio de recuperación de metales pesados provenientes de pasivos mineros

Como hipótesis general se tiene: El tratamiento por extracción ácida es un 90% eficiente para la recuperación de metales pesados provenientes de pasivos mineros.

Mientras que, las hipótesis específicas son:

1. Las concentraciones de metales pesados de los lodos provenientes de pasivos mineros presentan el 90% de recuperación por extracción ácida
2. Existe diferencia significativa en la concentración óptima de cloruro de hidrógeno en el tratamiento de extracción ácida para la recuperación de metales pesados proveniente de pasivos mineros
3. Existe diferencia significativa en el tiempo adecuado para que ocurra el mayor promedio de recuperación de metales pesados provenientes de pasivos mineros

La justificación teórica se dará mediante los trabajos previos presentados, exponiendo los conceptos que impulsan la investigación y que servirán en la discusión de resultados.

La justificación metodológica se cumplirá, debido a que como nueva estrategia de recuperación de los metales Hg, Pb y Cd la extracción ácida empleando ácido sulfúrico (H_2SO_4).

La justificación técnica, permitirá conseguir un tratamiento para la recuperación de los metales Hg, Pb y Cd por extracción ácida.

La justificación social, se dará, ya que, mediante la aplicación de extracción ácida para su recuperación se podrá reducir el nivel de contaminación en los recursos aledaños a los pasivos mineros y evitar la contaminación del suelo, agua, lago o ríos cercanos y disminuir los efectos negativos en los pobladores.

Justificación económica; este procedimiento ofrece una forma menos costosa de remediar las aguas residuales. proceso de tratamiento de aguas residuales asequible.

II. MARCO TEÓRICO

Hakeem Ibrahim G. et al., (2023, p.1), en su trabajo tuvo como objetivo idear un tratamiento hidrometalúrgico en circuito cerrado para la extracción y recuperación de metales a partir de biosólidos. Como metodología, en primer lugar, se sometió un reactor continuo de tanque agitado de 1 L a un tratamiento ácido moderado utilizando H_2SO_4 al 3% v/v a 25 °C, 600 rpm durante 30 min con el fin de extraer los HM populares (como As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn) en la fase acuosa. En los resultados, la solubilización de los HM de los biosólidos se vio favorecida por el bajo contenido en sólidos (5% p/v), el uso de ácidos minerales con pH 2 y potencial de oxidación-reducción (ORP) 500 mV (frente a SHE), y una eficiencia de extracción del 70% de media. La producción in situ de sulfato férrico y la posterior disolución del hierro férrico (Fe^{3+}) mediante H_2SO_4 aumentaron la capacidad del flujo de lixiviado desperdiciado para recuperar metal durante el reciclado. La oxidación con H_2O_2 seguida de precipitación con NaOH en dos etapas mostró la mejor eficacia de las técnicas de recuperación de metales ensayadas, recuperando entre el 75 y el 95% de los HM.

Mei Kang et al., (2022, p.1), en su estudio, tuvieron como objetivo investigar la dinámica rizosférica del metal(loide) examinando los ácidos orgánicos de bajo peso molecular (LMWOA). En la metodología, se utilizaron sedimentos esterilizados y no esterilizados para evaluar los componentes de los sedimentos y los extractos de LMWOA. Según los resultados, tras la esterilización, el As disminuyó por término medio un 68,3% y un 42,1% en los tratamientos con ácido cítrico y málico, respectivamente. En cambio, tras el tratamiento con ácido oxálico, la concentración de As aumentó un 29,6%. Es muy probable que los microorganismos promuevan la liberación de As de los sedimentos cuando están presentes los ácidos málico y cítrico, pero disminuyen la movilización de As cuando está presente el ácido oxálico. Se observaron correlaciones significativamente positivas ($p < 0,05$) entre Fe, Mn y Al y los metales traza Zn, Pb, Ni, Cu, Cr, Co, Ba, Cd y As. La relación entre el As de la solución y el pH fue adversa.

Wang Yiwen et al., (2023, p.1), en su estudio el objetivo fue crear una columna de adsorción que puede utilizarse para la recuperación de tierras raras en el drenaje ácido de minas (DAM). En la metodología el ligando funcional 2-[2-oxo-2-(1-pirrolidinil) etoxi] ácido acético se injertó en gel de sílice amino para crear un adsorbente selectivo para elementos de tierras raras. Utilizando esta sílice funcional, se han creado columnas de adsorción para el enriquecimiento de elementos de tierras raras. Los resultados mostraron que, los parámetros de trabajo ideales eran un caudal de 500 L min⁻¹ y un eluyente con un pH de 2 0,013 mol L⁻¹ DTPA. Er, Gd, Nd, y La recuperados utilizando la columna de adsorción SiO₂@PYRDGA alcanzaron 82,29%, 75,66%, 85,10%, y 78,43% respectivamente, y la pureza de las tierras raras en el AMD recuperado puede mejorarse en casi diez veces.

Yang Xiong et al., (2020, p.1), tuvieron como objetivo, analizar el efecto de la extracción ácido de metales pesados (Cu y Zn), de los suelos contaminados utilizando ácidos orgánicos de bajo peso molecular. En la metodología, el impacto de la remediación del suelo se evaluó mediante el cultivo de colza, junto con el proceso de adsorción electroquímica y los efectos del pH, el tipo de ácido orgánico y el voltaje. En los resultados, las cantidades de Cu total y biodisponible en los suelos disminuyeron de 1090 a 281 a 391 y 52 mg kg⁻¹, mientras que las de Zn disminuyeron de 262 a 39 a 208 y 30 mg kg⁻¹, respectivamente, tras la extracción por citrato a un pH inicial de 8,3 y la adsorción electroquímica a 0,9 V durante 7 días. El pH original de la solución de citrato se redujo, lo que aceleró la eliminación de Zn sin tener un impacto aparente en la eliminación de Cu. Al disminuir el voltaje de la célula de 0,9 a 0,3 V, también disminuyó la capacidad de eliminación de metales pesados. Las concentraciones de Cu y Zn en el brote y la raíz se redujeron en más de un 50% en el experimento de cultivo de colza.

Zhou Xiangyang et al., (2023, p.1), en su estudio, el objetivo fue separar y recuperar metales pesados mediante extracción ácida. Como metodología se utilizó bajo las condiciones óptimas de 0,88 M H₃PO₄, una relación de masa de LFP/NCM de 2:1, una relación L/S de 33:1, y 80 °C durante 120 min sin el uso de reactivos auxiliares adicionales, la recuperación de los metales

valiosos (Ni, Co, Mn, y Li) y los productos FePO_4 de manera simultánea a $\text{LiNi}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z\text{O}_2$ y LiFePO_4 gastados mezclados en un solo paso. Como resultados se tuvo que, no es necesario cambiar el pH y se reduce en más de un 60% el uso de ácido. La eficacia de lixiviación de los elementos preciosos puede alcanzar el 99,1% para el Ni, el 98,9% para el Co, el 99,6% para el Li y el 97,3% para el Mn. El Fe se precipita como $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ en casi todos los casos. Además, se ha investigado el mecanismo de la reacción redox entre los LiB utilizados. Y se ha descubierto el poder impulsor subyacente del sistema del ácido fosfórico.

Chan Cong et al., (2023, p.1), esta investigación tuvo como objetivo describir un método novedoso y eficaz para la recuperación hidrometalúrgica de la pasta de plomo. En la metodología, el PbSO_4 de la pasta de plomo se convirtió primero en $\text{Pb}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ soluble en ácido o $\text{NaPb}_2(\text{CO}_3)_2\text{OH}$ en solución de Na_2CO_3 para aumentar enormemente la eficacia de la lixiviación del plomo. También se añadió Na_2SO_3 al mismo tiempo para convertir el PbO_2 insoluble en PbO . Después de lixiviar el producto pretratado en solución de MSA (ácido metanosulfónico) para extraer el lixiviado que contenía plomo, se crearon depósitos de plomo y se renovó el MSA electrodepositando el lixiviado. Los resultados mostraron que, en circunstancias ideales, se puede producir una placa de plomo gruesa y plana con una pureza superior al 99,99%, y el ratio global de recuperación de plomo puede alcanzar el 95,28%. En el proceso de electrodeposición del plomo, la eficiencia de la corriente catódica y el consumo específico de energía fueron del 99,31% y 598,91 kWh/t Pb, respectivamente. Es posible volver a utilizar el electrolito usado como agente de lixiviación.

Yan Peng et al., (2023, p.1), en su estudio el objetivo fue, analizar el lavado del escandio a partir de un mineral de silicato que incluía escandio. En la metodología, con preenriquecimiento por beneficio, se extrajo 1,03 104 wt% Sc y 14,66 wt% Fe del concentrado de Sc. Los principales minerales isomórficos que incluyen Sc son limonita, clorita, sericita y hornblenda. En los resultados se obtuvo que, las muestras se eliminaron mediante tratamiento ácido con lixiviación a alta presión (HPL) con ácido sulfúrico (98 % en peso)

y NaF. Las circunstancias ideales fueron presión de 5,0 10⁵ Pa, valor A/O de 1,1, valor L/S de 1,8, dosis de NaF de 2 wt%, a 130 °C durante 6 h, obteniéndose una eficiencia de lixiviación Sc de 91,82%. La lixiviación a alta presión para silicato proporciona una serie de beneficios sobre la lixiviación convencional, incluyendo un considerable ahorro de ácido y de costes energéticos.

Zhou X. et al., (2023, p.1), en su estudio el objetivo que se persigue es la recuperación eficiente de componentes importantes de las LIBs usadas con un menor consumo y un procedimiento más rápido. En este estudio la metodología, bajo las condiciones óptimas de 0,88 M H₃PO₄, una relación másica de LFP/NCM de 2:1, una relación L/S de 33:1, y 80 °C durante 120 min sin el uso de reactivos auxiliares adicionales, se recuperan simultáneamente los metales valiosos (Ni, Co, Mn, y Li) y los productos FePO₄ a partir de LiNi_xCo_yMn_zO₂ y LiFePO₄ usados mezclados en un solo paso. En los resultados, no es necesario cambiar el pH y se reduce el uso de ácido en más de un 60%. La eficacia de lixiviación de los elementos preciosos puede alcanzar el 99,1% para el Ni, el 98,9% para el Co, el 99,6% para el Li y el 97,3% para el Mn. El Fe se precipita como FePO₄·2H₂O en casi todos los casos. El estudio de la cinética de lixiviación muestra que el proceso de lixiviación está controlado por difusión interna y que la energía de activación aparente de los metales preciosos es inferior a 30 kJ/mol mediante el uso del modelo empírico.

Fan Xiaoping et al., (2021, p.1), en su investigación el objetivo fue recuperar las láminas de Al y los materiales catódicos de las LIB. Para ello, en la metodología emplea una solución de ácido sulfúrico concentrado (18,4 M H) como agente de lixiviación y separación. Tras 1 hora de lixiviación a 80 °C con una relación sólido/líquido de 800 g/L, los materiales catódicos se separan completamente de las láminas de aluminio. En los resultados, el aglutinante de fluoruro de polivinilideno (PVDF) se descompone parcialmente y las eficiencias de lixiviación de Ni, Co y Mn alcanzan el 25,6%, 23,2% y 18,3%, respectivamente, en estas circunstancias. Todo el Ni, Co y Mn de los materiales catódicos se lixivian completamente en la solución después de

retirar las láminas de Al y añadir la solución de H₂O₂ al 4,5% vol. para lixiviar aún más la suspensión restante durante 70 min. a 70 °C. En la lixiviación de 1 kg de piezas de cátodo se utilizaron 23 mol de H₂SO₄, cantidad inferior a la necesaria para el procedimiento estándar de lixiviación ácida.

Li Zicheng et al., (2023, p.1), presentó como objetivo de estudio un plan para la separación y purificación de Ga e In utilizando resina de lixiviación ácida. En la metodología, en primer lugar, se utilizó HNO₃ 3 M para lixiviar los residuos de G-LM durante dos horas a 40 °C. Como resultado; se lixivió más del 99,99% de Ga, In y Zn en circunstancias ideales, y tras haber sido absorbidos y eluidos de la solución acuosa por una resina impregnada de disolvente CL-P204. La mayor parte del Sn entró en la fase de escoria como -H₂SnO₃. La recuperación y la pureza del Ga fueron respectivamente del 96,01% y del 99,49%, mientras que las del In fueron respectivamente del 99,83% y del 98,23%.

Después de exponer estudios donde se aplica la extracción ácida para la recuperación de metales, se detallarán los siguientes conceptos que engloban al trabajo de investigación.

La minería tiene una función incierta; actualmente es esencial para las naciones industrializadas que dependen de los minerales para su prosperidad económica; sin embargo, también es una de las actividades más arriesgadas para el medio ambiente y la sociedad (Luckeneder S. et al., 2021, p.1). Aunque es una de las principales fuentes de empleo para los pobladores de las comunidades aledañas (Marais L. et al., 2022, p.1).

Presenta etapas en el proceso extractivo como la remoción de la capa superficial del suelo, transformación física del material extraído mediante trituración, molienda, separación, flotación, lixiviación, adsorción, elución, electrodeposición; y la fundición (Velasquez H. et al., 2020, p.1). Donde los subproductos generados, conocidos como residuos mineros, en muchos de los casos suelen tener una mala disposición convirtiéndose en nocivos para el medio ambiente (Islam K. y Murakami S., 2021, p.1).

Debido a la falta de tratamiento de la elevada concentración de metales en el suelo y en las masas de agua subterráneas y superficiales, la acumulación de residuos mineros líquidos y sólidos tras el cierre de las explotaciones ha provocado un problema medioambiental (Medina-Díaz H. et al., 2022, p.3).

En España existen más de 80 estructuras de residuos minerales que quedaron de las explotaciones mineras de hace un siglo que viene afectando a los recursos hídricos aledaños a la zona (Martin-Crespo T. et al., 2018, p.4).

Según el Observatorio Latinoamericano de Conflictos Mineros, el malestar social y las externalidades negativas de la actividad minera afectan ya a cerca del 90% de las naciones de la región; donde Chile, Perú y México son los países con más conflictos relacionados con la minería (OCMAL, 2017 citado en Salem J. et al., 2021, p.2).

En el caso de Perú, de acuerdo con Chang Kee J. et al., (2018, p.2), los peores pasivos medioambientales se encuentran en Ancash, donde enormes cantidades de metales y drenaje ácido se movilizan hacia los suelos y las fuentes de agua dulce, creando un peligro a largo plazo para la salud humana y medioambiental y la contaminación por relaves de minas inactivas ya no es un problema nuevo.

Y es que, a excepción de las minas activas que presentan supervisión, y su política de vertido es cero, ocurre lo contrario en las abandonadas sin un propietario legalmente responsable, donde, el drenaje de las minas con frecuencia fluye río abajo con poco o ningún tratamiento (Tomiyama S. y Igarashi T., 2022, p.3):

Así el sector minero mundial genera miles de millones de toneladas de residuos mineros al año, y se calcula que sólo en 2010 se generaron 14.000 millones de toneladas (Owen John R. et al., 2020, p.1).

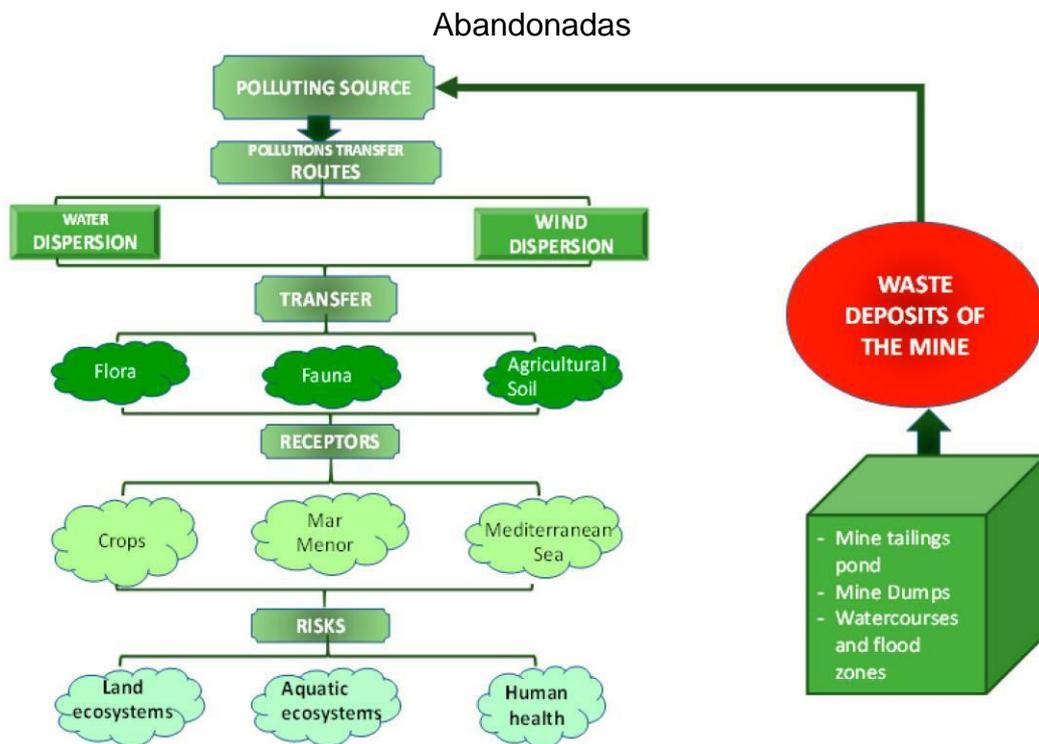
Siendo que el efecto desfavorable de las operaciones mineras del que se informa con más frecuencia es el drenaje ácido de minas (DAM) y la oxidación de minerales que contienen azufre, como la pirita, durante la excavación es el

principal factor que contribuye a la formación de AMD (Han Young-Soo et al., 2017, p.2).

Algunas de las características típicas de la DMA es la acidez elevada (inferior a pH 3), mayores cantidades de sulfato y metales (sobre todo hierro, aluminio, zinc y otros metales pesados) (Bortnikova S. et al., 2020, p.1).

Las minas abandonadas suelen presentar rasgos que indican que el entorno original se ha deteriorado; presentando efectos sobre el relieve, las modificaciones de la red fluvial, la fauna y la flora, y los cambios en las características fisicoquímicas y químicas del suelo (Martínez-López S. et al., 2021, p.2).

Figura 1. estado actual de contaminación de las Áreas Mineras Críticas



Fuente: Martínez-López S. et al., (2021, p.4)

Debido a su pH extremadamente bajo y a sus grandes niveles de metales peligrosos, los residuos mineros representan un grave peligro para el suelo y los recursos hídricos, así como para la salud pública (Sheoran V. y Choudhary R., 2021, p.3).

En el caso del agua, el drenaje de minas abandonadas es uno de los peligros potenciales para su calidad (Kefeni K. et al., 2017, p.2). Alterando los ecosistemas, el agua de los arroyos, las aguas subterráneas las especies de la zona (Rezaie B. y Anderson A., 2020, p.1).

Figura 2. Destrucción del ecosistema por desechos mineros



Fuente: Trilokesh C. y Uppuluri K., (2021, p.2)

Para obtener un tratamiento sostenible de la DMA, es esencial recuperar y reutilizar recursos preciosos (como el ácido sulfúrico, los metales y los elementos de tierras raras) a lo largo del proceso de tratamiento (Chen Guan et al., 2021, p.1).

La técnica más popular y eficaz es el pretratamiento con ácido diluido (DAP); donde se disuelve la hemicelulosa de la biomasa en materias primas lignocelulósicas (Liu Chen-Guang et al., 2019, p.5). Este pretratamiento con ácido es un procedimiento útil para convertir los componentes de la biomasa en productos con valor añadido (Halder D. et al., 2021, p.1).

Este cambia la estructura del material lignocelulósico rompiendo los enlaces covalentes de los enlaces compuestos (Mielenz Jonathan R., 2020, p.545).

Para obtener un bajo contenido en glucosa de la celulosa, la biomasa se pretrata con ácido diluido a una baja concentración de ácido (5% p/v) entre 120 y 210 °C y 10 atm (Sathendra E. et al., 2022, p.87).

El pretratamiento ácido se puede aplicar usando soluciones concentradas (10%–70%) o diluidas (0.1%–10%) de ácido sulfúrico (H_2SO_4), ácido nítrico (HNO_3), ácido clorhídrico (HCl), ácido fosfórico (H_3PO_4), o ácido acético (CH_3COOH) (Edwiges T. et al., 2022, p.6)

El elegir el ácido adecuado en el pre tratamiento de la biomasa lignocelulósica es esencial para acelerar la hidrólisis enzimática (Shah Ayaz A. et al., 2022, p.203).

Siendo así que, los ácidos más utilizados son el ácido clorhídrico, el ácido nítrico y el ácido sulfúrico diluido (Moodley P. y kana G., 2018, p.1). Pero el ácido sulfúrico diluido es el más popular entre ellos debido a su asequibilidad y a su capacidad superior para eliminar la lignina (Niju S. et al., 2020, p.301).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación: La información científica se obtiene a través de la investigación aplicada, siendo este un método científico para descubrir la verdad a partir de una cuestión que el investigador ha identificado, además, para contar con una línea de apoyo adicional al abordar la cuestión, la investigación aplicada tiene en cuenta todas las leyes, costumbres y demás normas que rigen el comportamiento social. (Castro M. et al., 2023, p.7).

Por ello se aplicó el tipo de investigación aplicada, buscando resolver el problema de los peligros asociados a las actividades mineras cerradas o inactivas con los lixiviados, buscando analizar de qué manera el tratamiento por extracción ácida tiene efecto en la recuperación de metales pesados provenientes de pasivos mineros.

2.1.2. Diseño de investigación: El presente trabajo sigue la categoría de diseño experimental puro, ya que se empleó un procedimiento de asignación aleatoria (Sung Yao-Ting et al., 2019, p.28). Además, se manipuló la variable independiente para analizar de qué manera influía en la variable dependiente; siendo esta característica permitida por un diseño experimental.

3.2. Variable y operacionalización

La tabla de operacionalización se encuentra en el Anexo 1, en el cual la variable dependiente (recuperación de metales pesados (Hg, Pb y Cd) proveniente de pasivos) y la variable independiente (tratamiento de extracción ácida) se encuentran descritas de forma conceptual y operacional y cada variable presenta como dimensiones:

VD: dimensiones: Características fisicoquímicas, Eficiencia

VI: Dimensiones: Tratamiento1, Tratamiento2, Tratamiento3

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población: Las muestras de lodos de actividades mineras

- **Criterio de inclusión:** lodos recolectados en los alrededores de minera abandonada, pasivos mineros.
- **Criterio de exclusión:** Lodos de mineras activas.

3.3.2. Muestra: 1200gramos (1k 200 gramos) de la muestra de lodos de actividades mineras

3.3.3. Muestreo: Se utilizó el muestreo probabilístico, siendo la muestra tomada y recogida al azar, incluyendo la aleatoriedad en el proceso; para ello se cumplió con 3 pasos a considerar, en primer lugar, el tener determinado una población fija, siendo en este caso los pasivos mineros, en segundo lugar, tener definido las características de la muestra a tomar y en tercer lugar tener una cantidad fija de la muestra a recolectar.

3.3.4. Unidad de análisis: Lodo de pasivos mineros.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica recolección de datos: La técnica usada fue la observación experimental y el análisis documental, que consiste en recopilar información de fuentes secundarias; esto incluye la recopilación de información de fuentes secundarias y la realización de experimentos, donde se anotaron y detallaron los valores obtenidos por los procesos de extracción ácida para el Hg, Pb y Cd.

Instrumento de recolección de datos: El instrumento fue la cadena de custodia, este se utilizó para describir las propiedades fisicoquímicas de los lodos de residuos mineros analizados, así como los resultados de cada variación de tratamiento. Además, se detallaron los instrumentos en anexos con sus respectivas solicitudes para obtenerla validación y confiabilidad de los instrumentos de recolección de la muestra, caracterización fisicoquímica del lodo de pasivos mineros y proceso de extracción ácida con ácido sulfúrico.

Además, se utilizó la validación de equipos a utilizar en laboratorio como se muestra en la figura 3.

Figura 3. Validación de equipos de laboratorio

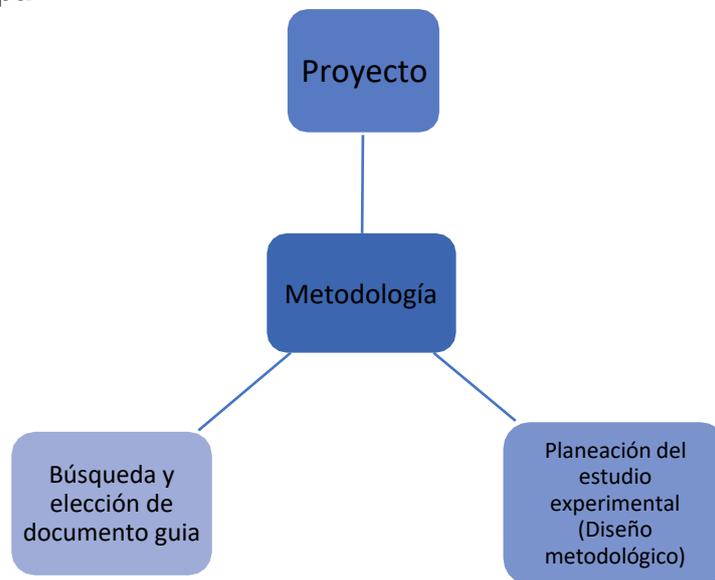
Equipos	Modelo	Definición	Aplicación
pH metro	HANNA 8424 Serie : S/N	El pH metro cumple la función de brindar la medición de la acidez o basicidad de una solución y por lo general este equipo para mediar el pH se calibra a 25°C (Vitthal S. et al., 2016, p.193).	Se utilizó en la caracterización fisicoquímica de la muestra del lodo de actividades mineras.
Conductímetro	EC HM Digital –E1	Un conductímetro de corriente eléctrica se utiliza para medir el parámetro de conductividad eléctrica (ce) sobre el contenido de sal de una muestra sobre el terreno (Benaabidate L. et al., 2021, p.261).	Se utilizó para mediar y determinar la Ce de las muestras de lodos de actividades mineras.
Termómetro digital	DO Meter Portable HANNA HI 9146, Dissolved Oxygen Meter	Los datos se convierten en señales digitales, que luego se utilizan para leer con gran precisión y un coste mínimo (Prasannakumaran K. et al., 2021, p.663).	Se utilizó para determinar la temperatura del lodo de actividades mineras en la caracterización fisicoquímica.

3.5. Procedimiento

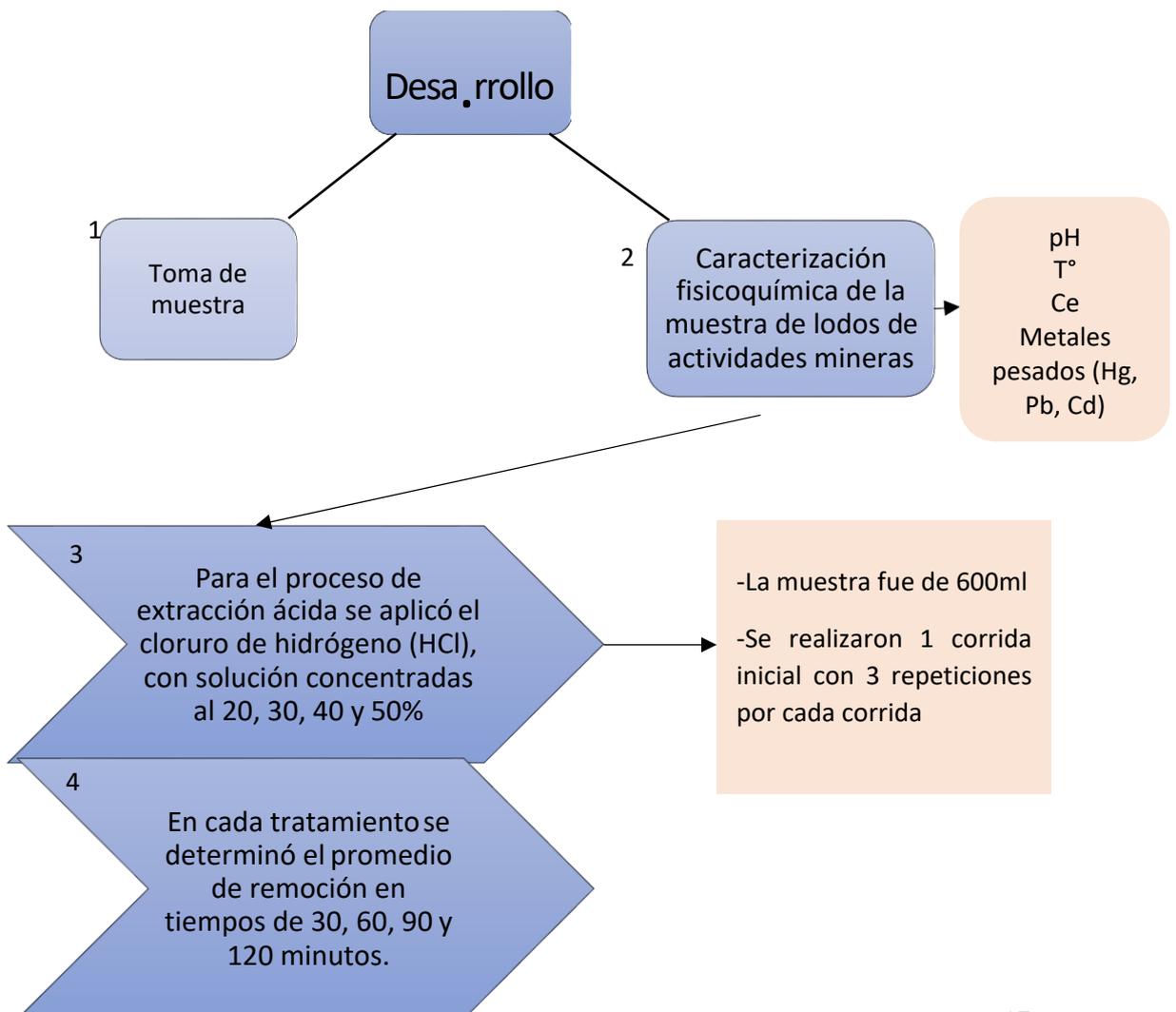
La realización del estudio consta de las siguientes etapas: 1ra y 2da etapa; siendo en la 1ra etapa; para la toma de muestra tomando lo señalado en la RM 093-2018-VIVIENDA: Protocolo de monitoreo de biosólidos; los lodos de pasivos mineros fueron tomados en dos bolsas de plástico de 20 L después de la homogeneización manual (mientras se usaban los guantes adecuados); además, cabe señalar que las muestras se obtuvieron con la ayuda de una pala

manual cerca de la zona de descarga. Por último, el muestreo mencionado se registró utilizando el formulario de registro de campo.

1ra etapa



2da etapa



3.6. Método de análisis de datos

Los datos obtenidos en cada corrida fueron plasmados mediante tablas y gráficos con el uso de Excel 2016, y los datos estadísticos mediante el programa MINITAB; adjuntando al documento las informaciones dadas a continuación:

Se utilizó Excel 2016 para proporcionar los valores de caracterización fisicoquímica en detalle cómo proceso inicial.

Para detallar la concentración óptima de cloruro de hidrógeno en el tratamiento de extracción ácida, así como el tiempo adecuado para que ocurra el mayor promedio de recuperación de los metales pesados se requirió del uso también del programa Excel.

En el programa MINITAB se realizó la prueba ANOVA para comparar concentración final y eficiencia de la extracción ácida de los metales para su recuperación según tratamiento, aplicando el 95% de confianza.

3.7. Aspectos éticos

Son respetados con la debida cita de los estudios mencionados en el presente trabajo, siguiendo la debida citación mediante la norma ISO 690, así mismo, los resultados son totalmente transparentes pudiendo demostrarlo en la metodología descrita de manera detallada y pudiendo ser comprobados mediante el programa turnitin.

IV. RESULTADOS

4.1. Caracterización del lodo de pasivos mineros

En la tabla 1 se muestra los valores de la pre caracterización del pH, Ce, metales y temperatura que presenta el lodo de pasivos mineros:

Tabla 1. Caracterización fisicoquímica

Parámetros		Unidad de análisis	Valores
Potencial de hidrógeno	pH	-	16.4
Temperatura	T	°C	5.87
Conductividad eléctrica	Ce	uS/cm	2840
Mercurio	Hg	mg/kg	10135.75
Plomo	Pb	mg/kg	18760
Cadmio	Cd	mg/kg	78.25

Elaboración propia

4.2. Extracción ácida de Hg para su recuperación

En las tablas 2, 3, 4 y 5 se aplica 4 tratamientos con las concentraciones diferentes de HCl en solución de 20, 30, 40 y 50% de concentración para los tratamientos aplicados al mercurio, siendo los valores que se mantienen constantes; el volumen de la muestra en 600 ml, los tiempos en 30, 60, 90 y 120min.

Tabla 2. Ensayo 1 a una concentración del 20% de HCl

Concentración inicial	Tiempo s	Concentración final después del primer tratamiento	1ra replica	2da replica	3ra replica	Promedio de remoción
10135.75	30	3539.62	3540.9 5	3539.0 7	3540. 1	3539.93 5
10135.75	60	3497.06	3497.0 6	3498.2 1	3497. 0	3497.33

10135.75	90	3473.17	3473.8 1	3475.2 5	3473. 2	3473.85
10135.75	120	3361.95	3353.5 1	3363.3 1	3363. 0	3360.44

Elaboración propia

A una concentración del 20% de HCl el promedio de remoción disminuyó de una concentración inicial de 10135.75 a 3539.935 en un tiempo de 30 minutos, disminuyó un poco más en un tiempo de 60 minutos, 90 minutos y en 120 minutos hasta llegar a alcanzar una concentración de 3360.44 mg/kg de Hg.

Tabla 3. Ensayo 2 a una concentración del 30% de HCl

Concentración inicial	Tiempo s	Concentración final después del primer tratamiento	1ra replic a	2da replic a	3ra replic a	Promedio de remoción
10135.75	30	3604.62	3606.1 4	3607.7 8	3606.1	3606.16
10135.75	60	3733.25	3733.8 8	3735.1 4	3733.1 2	3733.84 7
10135.75	90	3662.17	3662.8 5	3661.4 1	3662.0	3662.10 7
10135.75	120	3549.93	3550.6 7	3551.8 2	3551.2	3550.90

Elaboración propia

En la tabla 2 con una concentración del 30% de HCl la concentración del Hg disminuyó ligeramente con forme incrementaba el tiempo; aunque la disminución de la concentración inicial a la concentración final en el tiempo de 30 minutos es considerable no se aprecia una disminución mayor en el tiempo de 30 minutos en comparación con el tiempo de 120 minutos.

Tabla 4. Ensayo 3 a una concentración del 40% de HCl

Concentración inicial	Tiempo s	Concentración final después del primer tratamiento	1ra replic a	2da replic a	3ra replic a	Promedio de remoción
10135.75	30	3793.04	3793.8 7	3794.9 2	3793. 2	3793.75 7
10135.75	60	3740.15	3738.7 8	3741.0 4	3740. 8	3740.19
10135.75	90	3673.05	3670.8 6	3671.6 6	3740. 1	3688.91 75
10135.75	120	3649.37	3650.7 7	3649.9 8	3650. 1	3650.05

Elaboración propia

En la tabla 3 la concentración del 40% de HCl permitió la disminución progresiva en el tiempo de 30 minutos hasta los 120 minutos.

Tabla 5. Ensayo 4 a una concentración del 50% de HCl

Concentración inicial	Tiempo s	Concentración final después del primer tratamiento	1ra replic a	2da replic a	3ra replic a	Promedio de remoción
10135.75	30	1232.04	1232.8 7	1233.6 7	1232. 1	1232.67
10135.75	60	1203.73	1204.9 5	1202.8 1	1203. 1	1203.64 7
10135.75	90	1121.73	1123.3 4	1123.8 1	1123. 0	1122.97

10135.75	120	1102.93	1101.7 7	1100.7 5	1101. 2	1101.66 2
-----------------	-----	---------	-------------	-------------	------------	--------------

Elaboración propia

En la tabla 4, se aprecia una mayor remoción considerando la comparación de la concentración inicial de 10135.75 a la concentración final en cualquiera de los tiempos; lo que permite definir que la concentración de HCl al 50% genera un mayor promedio de remoción del Hg.

Lo que supone en los ensayos para el 20%, 30%, 40% y 50% de HCl, es que el promedio de remoción va incrementando a medida que se aplica un mayor tiempo y se incrementa la concentración de HCl.

4.3. Extracción ácida de Pb para su recuperación

En las tablas 6, 7, 8 y 9 se aplica 4 tratamientos con las concentraciones diferentes de HCl en solución de 20, 30, 40 y 50% de concentración para los tratamientos aplicados al mercurio, siendo los valores que se mantienen constantes; el volumen de la muestra en 600 ml, los tiempos en 30, 60, 90 y 120min.

Tabla 6. Ensayo 1 a una concentración del 20% de HCl

Concentrac ión inicial	Tiemp os	Concentrac ión final después del primer tratamiento	1ra replica	2da replica	3ra replica	Promedi o de remoció n
18760	30	15374.36	15373. 31	15375. 46	15375. 41	15374.63 5
18760	60	15245.29	15246. 71	15247. 05	15245. 32	15246.09 25
18760	90	15164.6	15165	15163. 58	15165. 03	15164.55 25
18760	120	15034.18	15035. 16	15035. 98	15035. 78	15035.27 5

Elaboración propia

Para la remoción de Pb, en la tabla 6 con una concentración del 20% de HCl se obtuvo una ligera remoción en los tiempos de 30, 60, 90 y 120 minutos, considerando una concentración inicial de 18760 y a la mayor remoción en el tiempo de 120 minutos a una concentración final de 15035.275.

Tabla 7. Ensayo 2 a una concentración del 30% de HCl

Concentración inicial	Tiempos	Concentración final después del primer tratamiento	1ra replica	2da replica	3ra replica	Promedio de remoción
18760	30	12934.38	12933. 3	12935	12934. 9	12934.39 5
18760	60	12695.27	12696. 06	12697. 07	12696. 97	12696.34 25
18760	90	12663.45	12664. 1	12665. 02	12664. 92	12664.37 25
18760	120	12544.15	12543. 32	12545. 19	12545. 09	12544.43 75

Elaboración propia

En la tabla 7, se presentó una mayor remoción para los 4 diferentes tiempos con una concentración del 30% de HCl, demostrando también que a mayor tiempo la remoción va incrementándose ligeramente.

Tabla 8. Ensayo 3 a una concentración del 40% de HCl

Concentración inicial	Tiempos	Concentración final después del primer tratamiento	1ra replica	2da replica	3ra replica	Promedio de remoción
18760	30	6695.18	6694.1 6	6696.6 9	6696.5 9	6695.65 5

18760	60	6634.19	6635.9 8	6635.3 1	6635.2 1	6635.17 25
18760	90	6599.4	6600.1 6	6598.0 2	6597.9 2	6598.87 5
18760	120	6563.96	6563.4 1	6565.1 5	6565.0 5	6564.39 25

Elaboración propia

En la tabla 8, con la concentración del 40% de HCl la disminución del Pb fue mayor, comparando la concentración inicial de 18760 y las concentraciones finales para los tiempos de 30, 60, 90 y 120 minutos con concentraciones finales de 6695.655, 6635.1725, 6598.875 y 6564.3925 mg/kg; incrementando ligeramente con forme se aplica un mayor tiempo.

Tabla 9. Ensayo 4 a una concentración del 50% de HCl

Concentración inicial	Tiempo s	Concentración final después del primer tratamiento	1ra replic a	2da replic a	3ra replic a	Promedio de remoción
18760	30	744.95	744.4 3	746.6 1	746.5 1	745.625
18760	60	734.1	735.1 4	736.2 7	736.0 8	735.397 5
18760	90	694.11	693.1 4	696.2 5	696.1 5	694.912 5
18760	120	663.33	662.2 5	664.2 8	664.1 8	663.51

Elaboración propia

En la tabla 9 con una concentración del 50% de HCl la remoción del Pb fue considerablemente mayor tanto en el tiempo menor de 30 minutos como en el tiempo mayor de 120 minutos con una concentración final de 663.51 mg/kg.

Mediante las tablas 6, 7, 8 y 9 las concentraciones finales para la remoción del Pb se pudieron apreciar más cuando la concentración del HCl fue del 40% y 50%; presentándose las mayores reducciones, además la concentración de Pb disminuye en todos los casos conforme se incrementa el tiempo.

4.4. Extracción ácida de Cd para su recuperación

En las tablas 10, 11, 12 y 13 se aplica 4 tratamientos con las concentraciones diferentes de HCl en solución de 20, 30, 40 y 50% de concentración para los tratamientos aplicados al mercurio, siendo los valores que se mantienen constantes; el volumen de la muestra en 600 ml, los tiempos en 30, 60, 90 y 120min.

Tabla 10. Ensayo 1 a una concentración del 20% de HCl

Concentración inicial	Tiempo s	Concentración final después del primer tratamiento	1ra replic a	2da replic a	3ra replic a	Promedio de remoción
78.25	30	70.46	69.29	71.26	71.24	70.5625
78.25	60	68.86	69.41	67.73	67.72	68.43
78.25	90	62.83	64.42	63.75	63.9	63.725
78.25	120	57.69	58.52	59.2	58.81	58.555

Elaboración propia

En la tabla 10 con una concentración del 20% de HCl el Cd disminuye ligeramente en todos los casos desde el tiempo de 30 min. hasta el tiempo de 120 min.

Tabla 11. Ensayo 2 a una concentración del 30% de HCl

Concentración inicial	Tiempo s	Concentración final después del primer tratamiento	1ra replic a	2da replic a	3ra replic a	Promedio de remoción
78.25	30	68.46	69.79	70.46	70.13	52.2625

78.25	60	63.42	62.35	61.28	61.97	62.255
78.25	90	58.6	57.56	59.21	58.9	58.5675
78.25	120	56.16	57.41	55.29	56.85	56.4275

Elaboración propia

En la tabla 11, con una concentración del 30% de HCl la remoción del Cd aun es ligera en todos los tiempos.

Tabla 12. Ensayo 3 a una concentración del 40% de HCl

Concentración inicial	Tiempos	Concentración final después del primer tratamiento	1ra replicación	2da replicación	3ra replicación	Promedio de remoción
78.25	30	62.46	63.16	61.52	62.76	62.475
78.25	60	61.42	60.32	59.49	61.13	60.59
78.25	90	55.6	56.42	57.23	55.91	56.29
78.25	120	53.16	54.27	54.82	55.43	54.42

Elaboración propia

En la tabla 12 se aprecia una remoción ascendente para el Cd desde el tiempo de 30 min, hasta el tiempo de 120 min. siendo en el tiempo de 30 min. la disminución de 78.25 a 62.475 mg/kg, en el tiempo de 60 min. disminuyo a 60.59 mg/kg, en el tiempo de 90 minutos disminuyo a 56.29 mg/kg y en el tiempo de 120 minutos la concentración disminuyo hasta un valor de 54.42 mg/kg.

Tabla 13. Ensayo 4 a una concentración del 50% de HCl

Concentración inicial	Tiempos	Concentración final después del primer tratamiento	1ra replicación	2da replicación	3ra replicación	Promedio de remoción
78.25	30	59.19	58.51	57.32	57.96	58.245

78.25	60	58.47	59.63	57.27	59.71	58.77
78.25	90	57.3	56.53	56.9	58.4	57.2825
78.25	120	56.39	55.28	57.46	56.58	56.4275

Elaboración propia

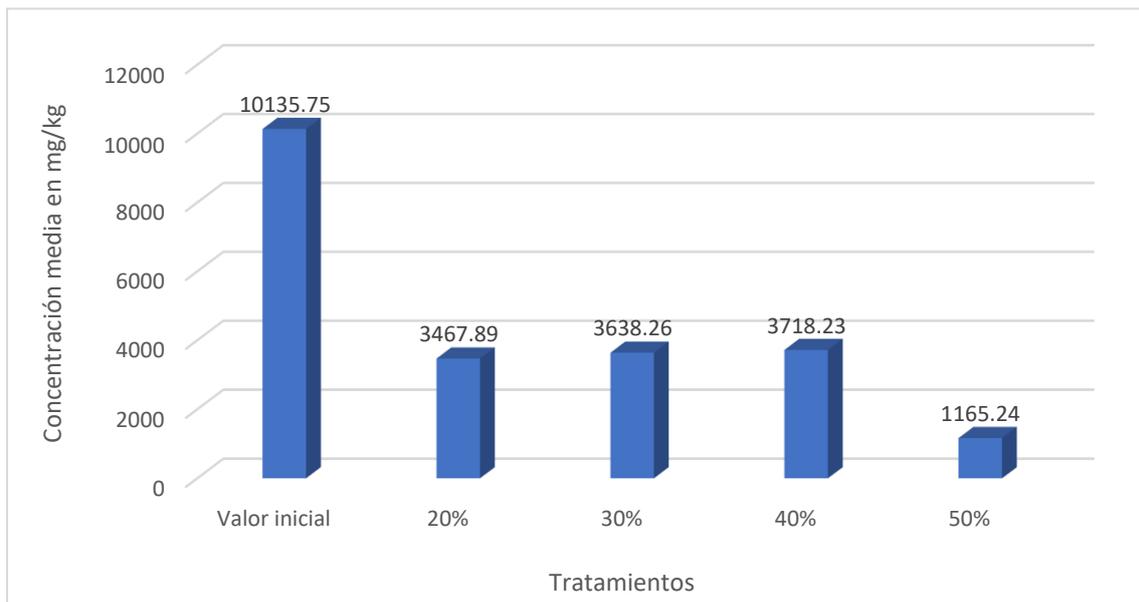
En la tabla 13 se aprecia una remoción considerablemente mayor en todos los tiempos.

Se puede apreciar con las tablas 10, 11, 12 y 13 que la mayor remoción para el Cd se da con una concentración del HCl del 40 y 50%.

Resultados estadísticos:

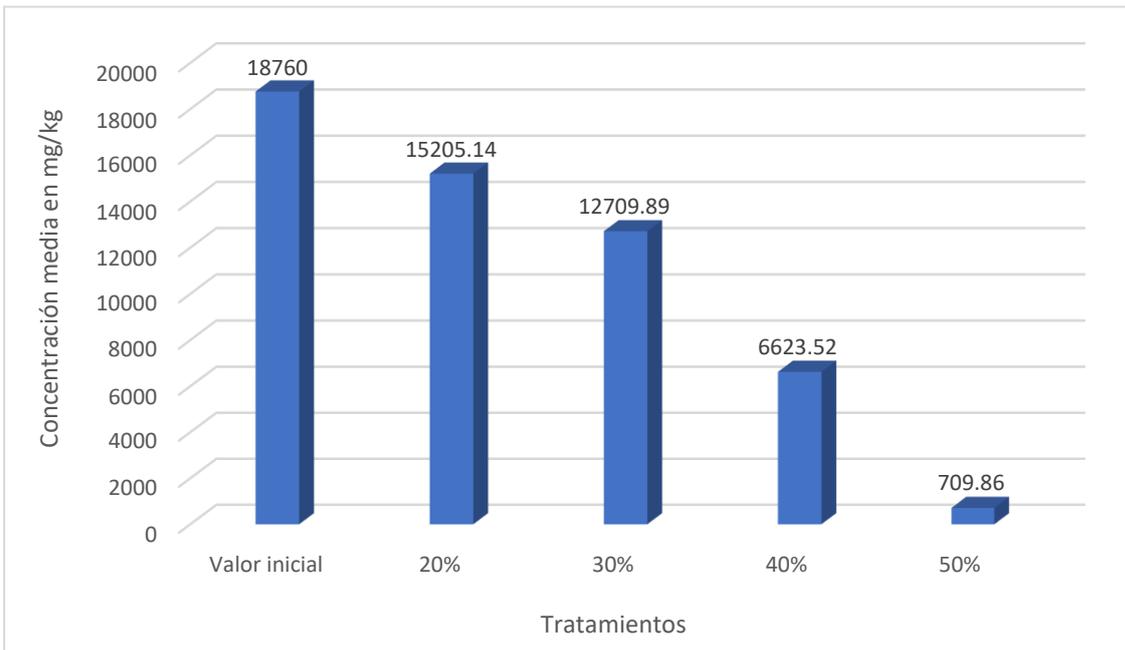
Objetivo específico 1.- Identificar los parámetros fisicoquímicos del lodo proveniente de pasivos mineros

Gráfico 1. Comparación de concentración final e inicial para la extracción ácida de Hg para su recuperación según tratamiento



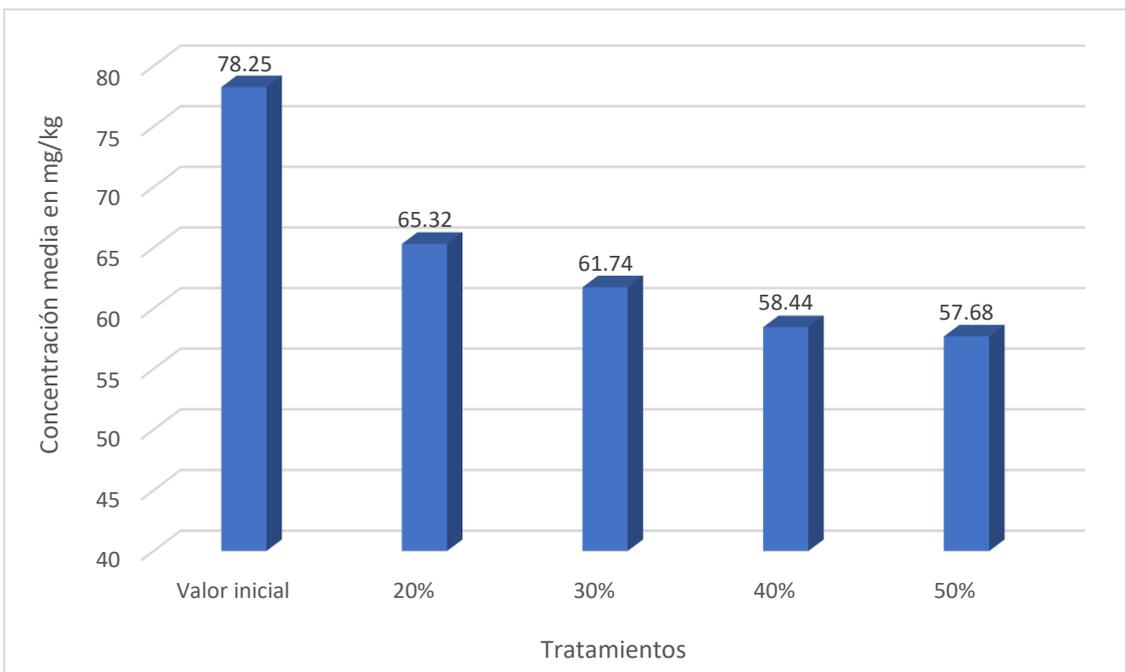
Interpretación: Se aplicó 4 tratamientos con las concentraciones diferentes de HCl en solución de 20, 30, 40 y 50% de concentración para los tratamientos aplicados al mercurio, identificándose que al 50% de concentración se encontró los mejores resultados.

Gráfico 2. Comparación de concentración final e inicial para la extracción ácida de Pb para su recuperación según tratamiento



Interpretación: Se aplicó 4 tratamientos con las concentraciones diferentes de HCl en solución de 20, 30, 40 y 50% de concentración para los tratamientos aplicados al plomo, identificándose que al 50% de concentración se encontró los mejores resultados.

Gráfico 3. Comparación de concentración final e inicial para la extracción ácida de Cd para su recuperación según tratamiento



Interpretación: Se aplicó 4 tratamientos con las concentraciones diferentes de HCl en solución de 20, 30, 40 y 50% de concentración para los tratamientos aplicados al cadmio, identificándose que al 50% de concentración se encontró los mejores resultados.

Objetivo específico 2.- Determinar la concentración óptima de cloruro de hidrógeno en el tratamiento de extracción ácida para la recuperación de metales pesados proveniente de pasivos mineros.

Tabla 14. Prueba ANOVA para comparar concentración final y eficiencia de la extracción ácida de Hg para su recuperación según tratamiento

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Concentración final	Entre grupos	72135583,23	3	24045194,41	5966,784	,000
	Dentro de grupos	241790,51	60	4029,84		
	Total	72377373,73	63			
Eficiencia	Entre grupos	7021,07	3	2340,36	5960,894	,000
	Dentro de grupos	23,56	60	,39		
	Total	7044,63	63			

Interpretación: Al 95% de confianza la prueba ANOVA demostró diferencia significativa en el efecto medio de los niveles de tratamiento (20%, 30%, 40% y 50%) sobre los valores de concentración final y la eficiencia analizados en la presente investigación (Sig=0.000 menor que 0.05).

Tabla 15. Prueba de Tukey para comparar concentración final de la extracción ácida de Hg para su recuperación según tratamiento

Concentración HCl (%)	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
50	16	1165,24			
20	16		3467,89		
30	16			3638,26	

40	16				3718,23
----	----	--	--	--	---------

Interpretación: Mediante la prueba de Tukey se concluye que la concentración final resulto significativamente menor al 50%.

Gráfico 4. Comparación de concentración final media para la extracción ácida de Hg para su recuperación según tratamiento

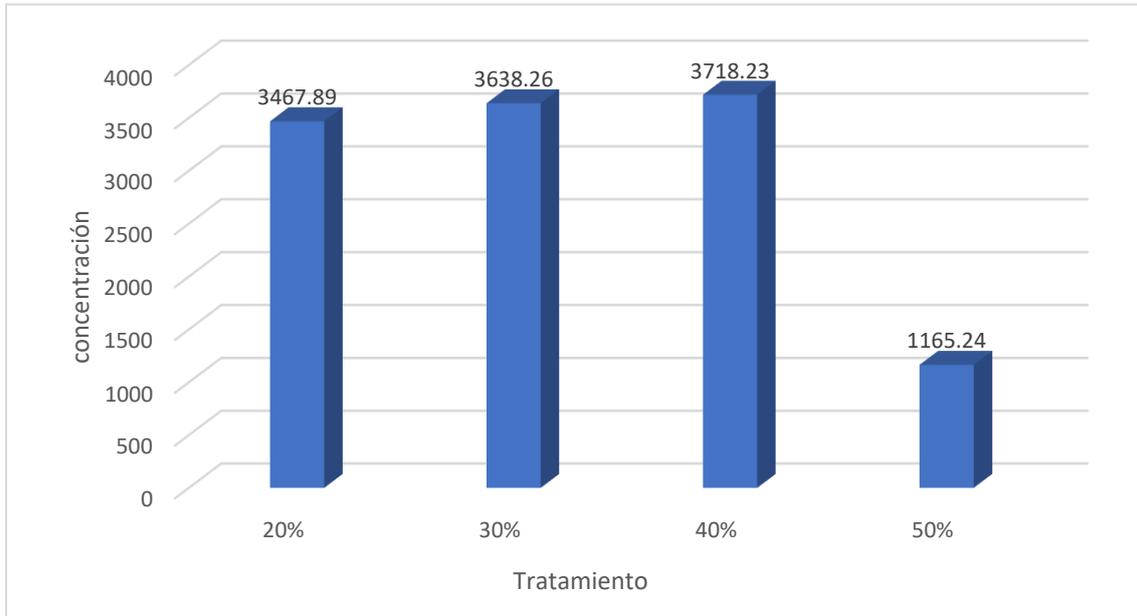


Tabla 16. Prueba de Tukey para comparar eficiencia de la extracción ácida de Hg para su recuperación según tratamiento

Concentración HCl (%)	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
40	16	63,32			
30	16		64,11		
20	16			65,79	
50	16				88,50

Interpretación: Mediante la prueba de Tukey se concluye que la eficiencia media resulto significativamente mayor al 50%.

Gráfico 5. Comparación de la eficiencia media para la extracción ácida de Hg para su recuperación según tratamiento

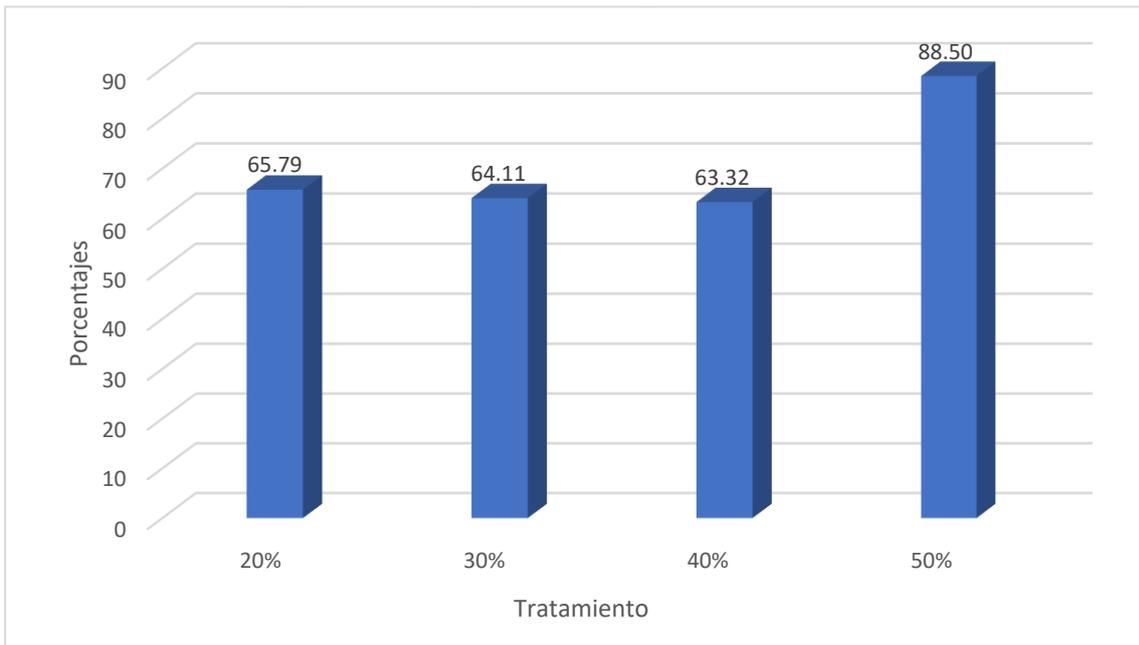


Tabla 17. Prueba ANOVA para comparar concentración final y eficiencia de la extracción ácida de **Pb** para su recuperación según tratamiento

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Concentración final	Entre grupos	2023997211,94	3	674665737,31	65418,315	,000
	Dentro de grupos	618786,10	60	10313,10		
	Total	2024615998,04	63			
Eficiencia	Entre grupos	57510,91	3	19170,30	65365,264	,000
	Dentro de grupos	17,60	60	,29		
	Total	57528,51	63			

Interpretación: Al 95% de confianza la prueba ANOVA se demostró diferencia significativa en el efecto medio de los niveles de tratamiento (20%, 30%, 40% y 50%) sobre los valores de concentración final y la eficiencia analizados en la presente investigación (Sig=0.000 menor que 0.05).

Tabla 18. Prueba de Tukey para comparar concentración final de la extracción ácida de Pb para su recuperación según tratamiento

Concentración HCl (%)	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
50	16	709,86			
40	16		6623,52		
30	16			12709,89	
20	16				15205,14

Interpretación: Mediante la prueba de Tukey se concluye que la concentración final resulto significativamente menor al 50%.

Gráfico 6. Comparación de concentración final media para la extracción ácida de Pb para su recuperación según tratamiento

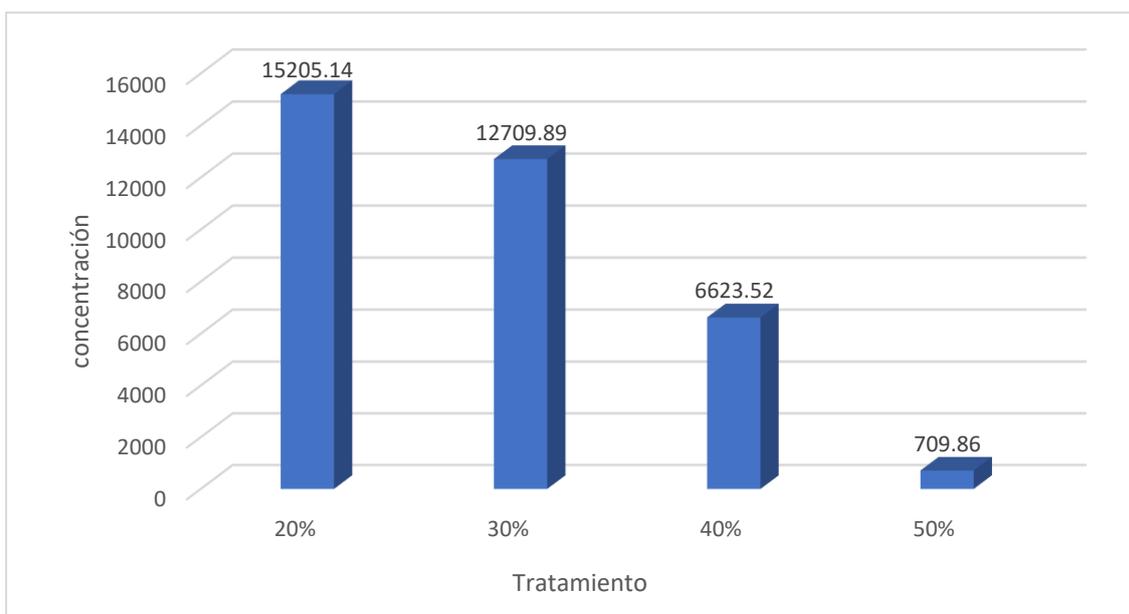


Tabla 19. Prueba de Tukey para comparar la eficiencia de la extracción ácida de Pb para su recuperación según tratamiento

Concentración HCl (%)	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
20	16	18,95			
30	16		32,25		
40	16			64,69	

50	16				96,22
----	----	--	--	--	-------

Interpretación: Mediante la prueba de Tukey se concluye que la eficiencia resulto significativamente mayor al 50%.

Gráfico 7. Comparación de la eficiencia media para la extracción ácida de Pb para su recuperación según tratamiento

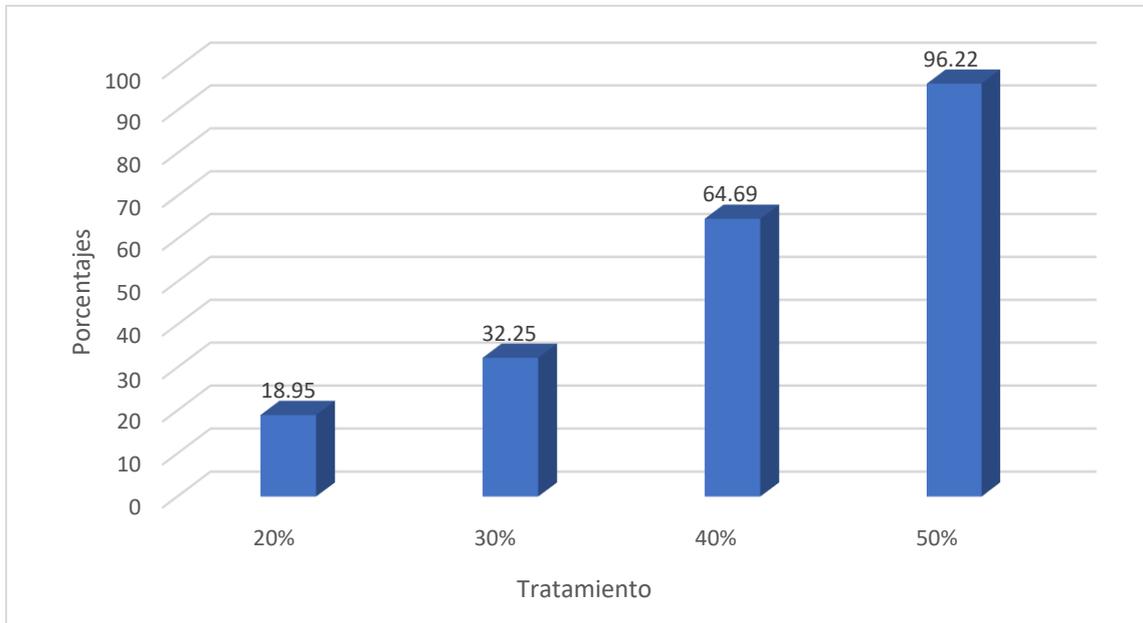


Tabla 20. Prueba ANOVA para comparar concentración final y eficiencia de la extracción ácida de **Cd** para su recuperación según tratamiento

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Concentración final	Entre grupos	585,208	3	195,07	12,140	,000
	Dentro de grupos	964,122	60	16,07		
	Total	1549,330	63			
Eficiencia	Entre grupos	955,766	3	318,59	12,143	,000
	Dentro de grupos	1574,147	60	26,24		
	Total	2529,913	63			

Interpretación: Al 95% de confianza la prueba ANOVA se demostró diferencia significativa en el efecto medio de los niveles de tratamiento (20%, 30%, 40% y 50%) sobre los valores de concentración final y la eficiencia analizada en la presente investigación (Sig=0.000 menor que 0.05).

Tabla 21. Prueba de Tukey para comparar concentración final de la extracción ácida de **Cd** para su recuperación según tratamiento

Concentración HCl (%)	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
50	16	57,68		
40	16		58,44	
30	16		61,74	
20	16			65,32

Interpretación: Mediante la prueba de Tukey se concluye que la concentración final resulto significativamente menor al 50%.

Gráfico 8. Comparación de concentración final media para la extracción ácida de **Cd** para su recuperación según tratamiento

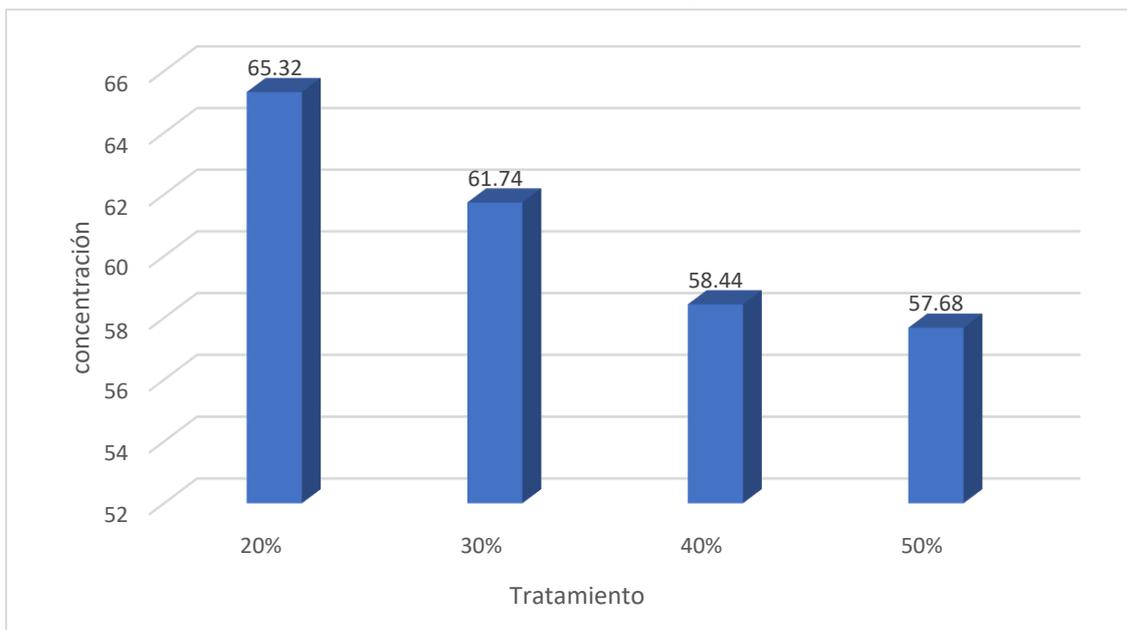


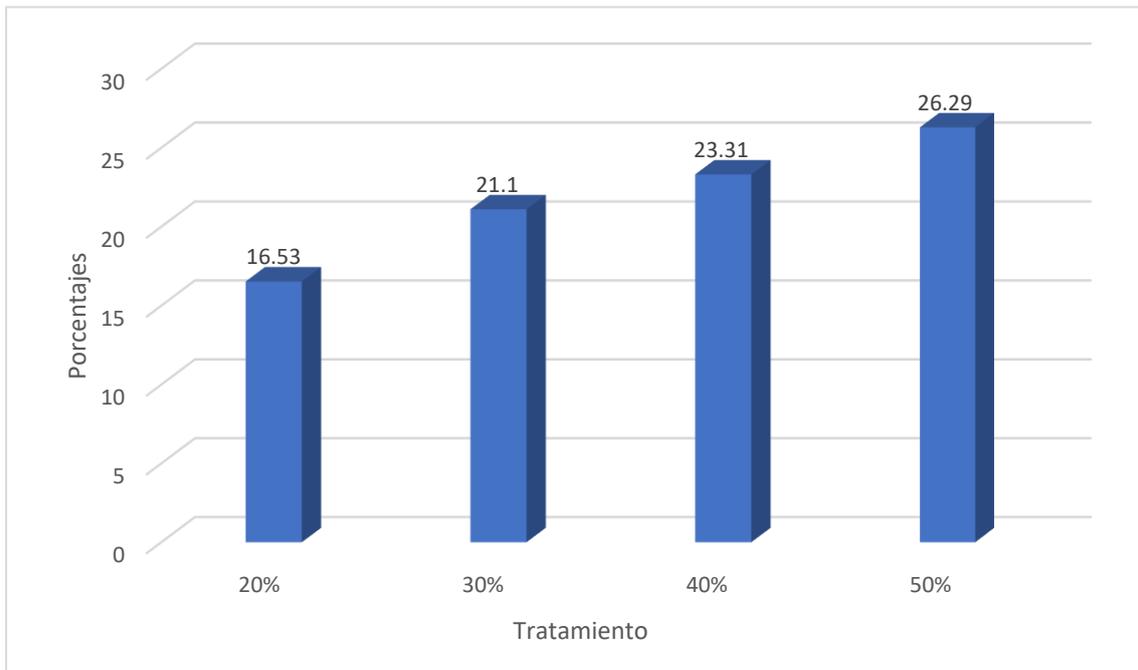
Tabla 22. Prueba de Tukey eficiencias de la extracción ácida de **Cd** para su recuperación según tratamiento

Concentración HCl (%)	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
20	16	16,53		
30	16	21,10	21,10	

40	16		23,31	
50	16			26,29

Interpretación: Mediante la prueba de Tukey se concluye que la eficiencia resulto significativamente mayor al 50%.

Gráfico 9. Comparación de la eficiencia media para la extracción ácida de Cd para su recuperación según tratamiento



Objetivo específico 3.- Definir el tiempo adecuado para que ocurra el mayor promedio de recuperación de metales pesados provenientes de pasivos mineros

Tabla 23. Prueba ANOVA para comparar concentración final y eficiencia de la extracción ácida de Hg para su recuperación según tiempo

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Concentración final	Entre grupos	176209,18	3	58736,39	,049	,986
	Dentro de grupos	72201164,56	60	1203352,74		
	Total	72377373,74	63			
Eficiencia	Entre grupos	17,18	3	5,73	,049	,986

	Dentro de grupos	7027,45	60	117,12		
	Total	7044,63	63			

Interpretación: Al 95% de confianza la prueba ANOVA no demostró diferencia significativa en el efecto medio de los niveles de tiempo (30, 60, 90 y 120 minutos) sobre los valores de concentración final y la eficiencia analizados en la presente investigación (Sig=0.986 mayor que 0.05).

Tabla 24. Prueba ANOVA para comparar concentración final y eficiencia de la extracción ácida de Pb para su recuperación según tiempo

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Concentración final	Entre grupos	466176,22	3	155392,07	,005	1,000
	Dentro de grupos	2024149821,82	60	33735830,36		
	Total	2024615998,04	63			
Eficiencia	Entre grupos	13,26	3	4,42	,005	1,000
	Dentro de grupos	57515,25	60	958,59		
	Total	57528,51	63			

Interpretación: Al 95% de confianza la prueba ANOVA no demostró diferencia significativa en el efecto medio de los niveles de tiempo (30, 60, 90 y 120 minutos) sobre los valores de concentración final y la eficiencia analizados en la presente investigación (Sig=1.000 mayor que 0.05).

Tabla 25. Prueba ANOVA para comparar concentración final y eficiencia de la extracción ácida de Cd para su recuperación según tiempo

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Concentración final	Entre grupos	718,95	3	239,65	17,316	,000
	Dentro de grupos	830,39	60	13,84		
	Total	1549,33	63			

Eficiencia	Entre grupos	1173,75	3	391,25	17,310	,000
	Dentro de grupos	1356,17	60	22,60		
	Total	2529,91	63			

Interpretación: Al 95% de confianza la prueba ANOVA demostró diferencia significativa en el efecto medio de los niveles de tiempo (30, 60, 90 y 120 minutos) sobre los valores de concentración final y la eficiencia analizados en la presente investigación (Sig=0.000 menor que 0.05).

Tabla 26. Prueba de Tukey para analizar el efecto del tiempo en la diferencia media de concentración final

Tiempo (min)	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
120	16	56,46	
90	16	58,97	
60	16		62,51
30	16		65,25

Interpretación: Mediante la prueba de Tukey se concluye que la concentración final resulto significativamente menor a los 90 y 120 minutos.

Gráfico 10. Comparación de concentración final media según tiempo

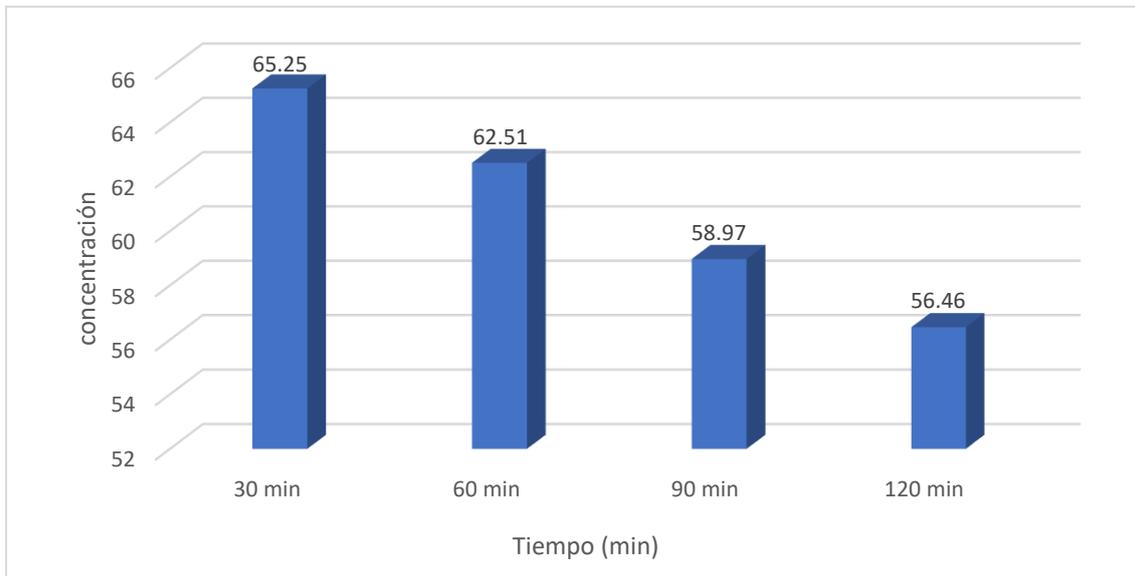


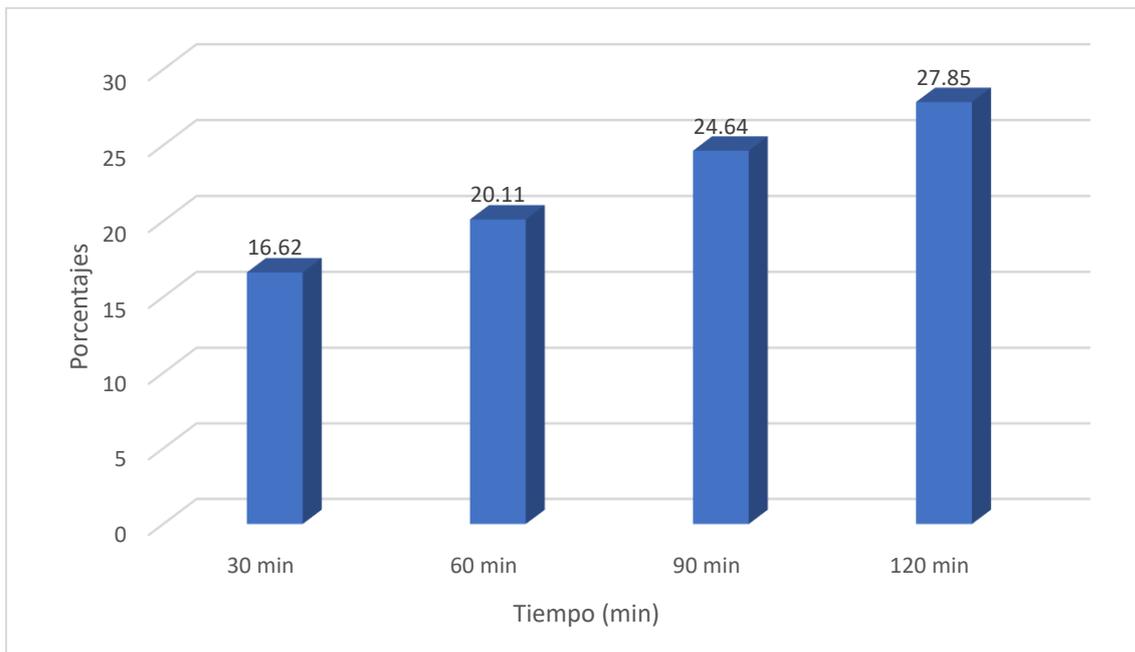
Tabla 27. Prueba de Tukey para analizar el efecto del tiempo en la diferencia media de la eficiencia

Tiempo (min)	N	Subconjunto para alfa = 0.05
--------------	---	------------------------------

		1	2
30	16	16,62	
60	16	20,11	
90	16		24,64
120	16		27,85

Interpretación: Mediante la prueba de Tukey se concluye que la eficiencia media es mayor a los 90 y 120 minutos.

Gráfico 11. Comparación de la eficiencia media según tiempo



V. DISCUSIÓN

Respecto al objetivo general; analizar de qué manera el tratamiento por extracción ácida tiene efecto en la recuperación de metales pesados provenientes de pasivos mineros; se obtuvo que se logra reducir significativamente los valores iniciales del Mercurio, Plomo y Cadmio aplicando las condiciones óptimas de la concentración de cloruro de hidrógeno y el tiempo adecuado.

Con respecto al tratamiento por extracción ácida la investigación de Hakeem Ibrahim G. et al., (2023, p.1), también apoya la afirmación realizada, mencionando que la oxidación con H₂O₂ seguida de precipitación con NaOH en dos etapas mostró la mejor eficacia de las técnicas de recuperación de metales ensayadas, recuperando entre el 75 y el 95% de los HM. Así también lo mencionan Mei Kang et al., (2022, p.1) y Wang Yiwen et al., (2023, p.1).

Del objetivo específico 1, los parámetros fisicoquímicos del lodo proveniente de pasivos mineros demuestran cómo se sobrepasan los valores de los metales pesados provenientes de pasivos mineros, y la cantidad de contaminación que presentan este tipo de zonas con presencia de residuos de lodos en los alrededores de minera abandonada.

Es así como con la tabla 1 mediante la caracterización fisicoquímica los valores del Mercurio, Plomo y Cadmio presentan valores de 10135.75mg/kg, 18760mg/kg y 78.25mg/kg respectivamente.

Del objetivo específico 2, sobre determinar la concentración óptima de cloruro de hidrógeno en el tratamiento de extracción ácida para la recuperación de metales pesados proveniente de pasivos mineros; los resultados demostraron que para algunos casos a una concentración del 40 y 50% de HCl se obtiene el mayor promedio de remoción para el mercurio y para otro al 50%.

Lo que supone en los ensayos para el 20%, 30%, 40% y 50% de HCl, es que el promedio de remoción va incrementando a medida que se aplica un mayor tiempo y se incrementa la concentración de HCl.

De acuerdo a lo mencionado respecto a la concentración óptima de cloruro de hidrógeno, el estudio de Yan Peng et al., (2023, p.1), lo corrobora; haciendo referencia que aplicando la mayor concentración de ácido al 98% en un tiempo de 6 horas se logra conseguir las condiciones ideales, obteniendo la recuperación de metales pesados en un 91,82%; además ello permite que se logre un ahorro de ácido y de costes energéticos.

Apreciándose como para el mercurio ocurre una mayor remoción considerando la comparación de la concentración inicial de 10135.75 a la concentración final en cualquiera de los tiempos; lo que permite definir que la concentración de HCl al 50% genera un mayor promedio de remoción del Hg.

Para el plomo, con una concentración del 50% de HCl la remoción del Pb fue considerablemente mayor; así mediante las tablas 6, 7, 8 y 9 las concentraciones finales para la remoción del Pb se pudieron apreciar más cuando la concentración del HCl fue del 40% y 50%.

Para el cadmio, se obtuvo una remoción mayor con una concentración del HCl del 40 y 50%.

Por otro lado, para el tercer objetivo específico; el tiempo adecuado para que ocurra el mayor promedio de recuperación de metales pesados provenientes de pasivos mineros se da con forme incrementa el tiempo, aplicando la misma idea para todos los casos de metales (Mg, Pb y Cd).

De acuerdo con Yang Xiong et al., (2020, p.1), al aplicar un mayor tiempo la capacidad de eliminación es mayor, pero, además el tipo de ácido aplicado también influye en la extracción de los metales. Siendo así que, aunque para el mercurio el mayor promedio de remoción se da con una dosis del 50% los promedios van incrementando gradualmente a medida que se aplica u mayor tiempo.

Dicha afirmación es aseverada por Fan Xiaoping et al., (2021, p.1), quien a un tiempo menor de 1 hora la eficiencia de recuperación de metales Ni, Co y Mn alcanzan el 25,6%, 23,2% y 18,3%, respectivamente, pero para incrementar la eficiencia se debe incrementar 70 minutos adicionales. Siendo ello también

apoyado por Li Zicheng et al., (2023, p.1), consiguiendo con un incremento de 2 horas la recuperación del 99.99%.

Así también, para el plomo, en la tabla 9, la remoción del Pb fue considerablemente mayor tanto en el tiempo menor de 30 minutos como en el tiempo mayor de 120 minutos con una concentración final de 663.51 mg/kg. Es así como para Chan Cong et al., (2023, p.1), los resultados mostraron que, en circunstancias ideales, se puede producir una placa de plomo gruesa y plana con una pureza superior al 99,99%, y el ratio global de recuperación de plomo puede alcanzar el 95,28%; considerando ideal al tiempo mayor aplicado.

La investigación de Zhou Xiangyang et al., (2023, p.1), también presentó los mismos resultados finales a un tiempo de 120 minutos en el proceso de extracción ácida; afirmando que no es necesario ni influyente el valor del pH, tomando en cuenta el tiempo ideal se logra conseguir más del 60% de la recuperación de 4 tipos de metales (99,1% para el Ni, el 98,9% para el Co, el 99,6% para el Li y el 97,3% para el Mn).

Mientras que, para el cadmio, se apreció una remoción considerablemente mayor en todos los tiempos.

Ello se demuestra también, en los resultados, donde, a una concentración del 20% de HCl el promedio de remoción disminuyó de una concentración inicial de 10135.75 a 3539.935 en un tiempo de 30 minutos, disminuyó un poco más en un tiempo de 60 minutos, 90 minutos y en 120 minutos hasta llegar a alcanzar una concentración de 3360.44 mg/kg de Hg.

VI. CONCLUSIONES

Mediante los resultados procesados se puede concluir que el tratamiento por extracción ácida tiene efectos positivos en la recuperación de metales pesados provenientes de pasivos mineros; logrando reducir significativamente los valores iniciales del Mercurio, Plomo y Cadmio aplicando las condiciones óptimas de la concentración de cloruro de hidrógeno y el tiempo adecuado.

1) Los parámetros fisicoquímicos del lodo proveniente de pasivos mineros mediante la caracterización fisicoquímica demuestra que los valores del Mercurio, Plomo y Cadmio presentan valores elevados de 10135.75mg/kg, 18760mg/kg y 78.25mg/kg respectivamente.

2) Se determinó que la concentración óptima de cloruro de hidrógeno al 50% en el tratamiento de extracción ácida permite mayor recuperación del mercurio, para el plomo fue a una dosis del 40 y 50% y para el cadmio también se presentan las mayores remociones al 40 y 50%.

3) Se determinó que el tiempo adecuado para que ocurra el mayor promedio de recuperación de metales pesados provenientes de pasivos mineros en los tres casos tanto de mercurio, plomo y cadmio es directamente proporcional al tiempo; es decir, cuanto mayor es el tiempo aplicado es mayor la remoción; siendo los mejores tiempos los de 90 y 120 minutos.

VII. RECOMENDACIONES

De acuerdo a lo observado en el presente estudio, se recomienda realizar mayores investigaciones en función de ácidos orgánicos para la recuperación de metales pesados provenientes de pasivos mineros por extracción ácida; además se sugieren las siguientes recomendaciones a los futuros investigadores:

- 1) Aunque la recuperación del mercurio, plomo y cadmio por extracción ácida tiene efectos positivos puede resultar aún más prometedor si se aplican sorbentes como los adsorbentes orgánicos naturales, o inorgánicos naturales, adicional al tipo de ácido utilizado, ya que, puede elevar su eficiencia; por lo que se recomienda su investigación y aplicación a nivel de laboratorio.
- 2) Se recomienda investigar en nuevas metodologías de extracción ácida en el cual se pueda reducir costos, energía y la tasa de recuperar de los metales pueda superar el 90%.
- 3) Se recomienda hacer mayores estudios que brinden métodos simples y limpios para la recuperación de metales pesados, ya sea por pasivos mineros u otros que causen la contaminación del suelo; además de enfocarse en reducir costos en cada tratamiento.

REFERENCIAS

1. BENAABIDATE, Lahcen; ZIAN, Ahmed; SADKI, Othman. Hydrochemical characteristics and quality assessment of water from different sources in Northern Morocco. En *Global Groundwater*. Elsevier, 2021. p. 261-274.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818172-0.00019-0>
2. BORTNIKOVA, Svetlana, et al. Chemical treatment of highly toxic acid mine drainage at a gold mining site in Southwestern Siberia, Russia. *Minerals*, 2020, vol. 10, no 10, p. 867.
Disponible en: <https://doi.org/10.3390/min10100867>
3. CASTRO MALDONADO, John Jairo; GÓMEZ MACHO, Leidy Katherine; CAMARGO CASALLAS, Esperanza. La investigación aplicada y el desarrollo experimental en el fortalecimiento de las competencias de la sociedad del siglo XXI. *Tecnura*, 2023, vol. 27, no 75, p. 140-174.
Disponible en: <https://doi.org/10.14483/22487638.19171>
4. CHANG, Cong, et al. Green hydrometallurgical extraction of metallic lead from spent lead paste in the methanesulfonic acid system. *Separation and Purification Technology*, 2023, vol. 306, p. 122592.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2022.122592>
5. CHANG KEE, José, et al. Accumulation of heavy metals in native Andean plants: potential tools for soil phytoremediation in Ancash (Peru). *Environmental Science and Pollution Research*, 2018, vol. 25, p. 33957-33966.
Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3325-z>
6. CHEN, Guan, et al. A critical review of prevention, treatment, reuse, and resource recovery from acid mine drainage. *Journal of cleaner production*, 2021, vol. 329, p. 129666.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129666>
7. CRUZADO-TAFUR, Edith, et al. Heavy metal contents in soils and native flora inventory at mining environmental liabilities in the Peruvian Andes. *Journal of South American Earth Sciences*, 2021, vol. 106, p. 103107.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.103107>

8. EDWIGES, Thiago, et al. Sustainable bioalcohol production: Pretreatment, separation, and control strategies leading to sustainable processes. En *Biofuels and Biorefining*. Elsevier, 2022. p. 41-85.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824117-2.00004-1>

9. ESPINOZA, R. David; MORRIS, Jeremy WF. Towards sustainable mining (part II): Accounting for mine reclamation and post reclamation care liabilities. *Resources Policy*, 2017, vol. 52, p. 29-38.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2017.01.010>

10. FAN, Xiaoping, et al. Separation and recovery of valuable metals from spent lithium-ion batteries via concentrated sulfuric acid leaching and regeneration of $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$. *Journal of Alloys and Compounds*, 2021, vol. 863, p. 158775.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2021.158775>

11. FERNÁNDEZ-MACÍAS, Juan C., et al. Integrated probabilistic risk assessment in sites contaminated with arsenic and lead by long-term mining liabilities in San Luis Potosi, Mexico. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2020, vol. 197, p. 110568.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110568>

12. GOODMAN, Aaron J.; BEDNAR, Anthony J.; RANVILLE, James F. Rare earth element recovery in hard-rock acid mine drainage and mine waste: A case study in Idaho Springs, Colorado. *Applied Geochemistry*, 2023, vol. 150, p. 105584.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2023.105584>

13. HAKEEM, Ibrahim Gbolahan, et al. Investigations into the closed-loop hydrometallurgical process for heavy metals removal and recovery from biosolids via mild acid pre-treatment. *Hydrometallurgy*, 2023, vol. 218, p. 106044.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2023.106044>

14. HALDAR, Dibyajyoti; PURKAIT, Mihir Kumar. A review on the environment-friendly emerging techniques for pretreatment of lignocellulosic biomass: Mechanistic insight and advancements. *Chemosphere*, 2021, vol. 264, p. 128523.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823534-8.00009-0>
15. HAN, Young-Soo, et al. Geochemical and eco-toxicological characteristics of stream water and its sediments affected by acid mine drainage. *Catena*, 2017, vol. 148, p. 52-59.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.11.015>
16. ISLAM, Kamrul; MURAKAMI, Shinsuke. Global-scale impact analysis of mine tailings dam failures: 1915–2020. *Global environmental change*, 2021, vol. 70, p. 102361.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102361>
17. JAE-HYUCK, Lee, et al. Communication problems and alternatives in the process of collecting resident opinions for environmental impact assessment through text mining: A case study of the Dangjin landfill in Korea. *Environmental Impact Assessment Review*, 2022, vol. 95, p. 106781.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2022.106781>
18. KEFENI, Kebede K.; MSAGATI, Titus AM; MAMBA, Bhekie B. Acid mine drainage: Prevention, treatment options, and resource recovery: A review. *Journal of Cleaner Production*, 2017, vol. 151, p. 475-493.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.082>
19. LI, Zicheng, et al. Efficient separation and recovery of valuable gallium and indium from gallium-based liquid metal waste. *Journal of Cleaner Production*, 2023, p. 137053.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137053>
20. LIU, Chen-Guang, et al. Bioethanol: New opportunities for an ancient product. En *Advances in bioenergy*. Elsevier, 2019. p. 1-34.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/bs.aibe.2018.12.002>

21. LUCKENEDER, Sebastian, et al. Surge in global metal mining threatens vulnerable ecosystems. *Global Environmental Change*, 2021, vol. 69, p. 102303.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102303>
22. MARAIS, Lochner; CLOETE, Jan; LENKA, Molefi. The plight of mining cities in South Africa: Planning for growth and closure. *Cities*, 2022, vol. 130, p. 103965.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.103965>
23. MARTIN-CRESPO, Tomas, et al. Geoenvironmental characterization of unstable abandoned mine tailings combining geophysical and geochemical methods (Cartagena-La Union district, Spain). *Engineering Geology*, 2018, vol. 232, p. 135-146.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2017.11.018>
24. MARTÍNEZ-LÓPEZ, Salvadora; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, María José; PÉREZ-SIRVENT, Carmen. Do old mining areas represent an environmental problem and health risk? A critical discussion through a particular case. *Minerals*, 2021, vol. 11, no 6, p. 594.
Disponible en: <https://doi.org/10.3390/min11060594>
25. MEDINA-DÍAZ, Hassay Lizeth, et al. A classical modelling of abandoned mine tailings' bioleaching by an autochthonous microbial culture. *Journal of Environmental Management*, 2022, vol. 323, p. 116251.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116251>
26. MEI, Kang, et al. Dynamics of low-molecular-weight organic acids for the extraction and sequestration of arsenic species and heavy metals using mangrove sediments. *Chemosphere*, 2022, vol. 286, p. 131820.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131820>
27. MIELENZ, Jonathan R. Small-scale approaches for evaluating biomass bioconversion for fuels and chemicals. En *Bioenergy*. Academic Press, 2015. p. 385-406.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815497-7.00027-0>
28. MINAM, ESDA estudio de desempeño ambiental 2003-2013, Perú, 2016.

Disponibile en: https://www.minam.gob.pe/esda/wp-content/uploads/2016/09/estudio_de-desempeno_ambiental_esda_2016.pdf

29. MOODLEY, Preshanthan; KANA, EB Gueguim. Comparative study of three optimized acid-based pretreatments for sugar recovery from sugarcane leaf waste: a sustainable feedstock for biohydrogen production. *Engineering science and technology, an international journal*, 2018, vol. 21, no 1, p. 107-116.

Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2017.11.010>

30. NIJU, S.; SWATHIKA, M.; BALAJI, M. Pretreatment of lignocellulosic sugarcane leaves and tops for bioethanol production. En *Lignocellulosic biomass to liquid biofuels*. Academic Press, 2020. p. 301-324.

Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815936-1.00010-1>

31. OWEN, John R., et al. Catastrophic tailings dam failures and disaster risk disclosure. *International journal of disaster risk reduction*, 2020, vol. 42, p. 101361.

Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101361>

32. PRASANNAKUMARAN, K. M., et al. Nanopowdered biochar materials as a selective coating in solar flat plate collectors. En *Nanomaterials*. Academic Press, 2021. p. 663-676.

Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822401-4.00016-7>

33. REZAIE, Behnaz; ANDERSON, Austin. Sustainable resolutions for environmental threat of the acid mine drainage. *Science of the Total Environment*, 2020, vol. 717, p. 137211.

Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137211>

34. Ruby Gilmor, Hashir Qamar, Nicholas Huerta. Chapter 4 - Basic Research. Translational Surgery. Handbook for Designing and Conducting Clinical and Translational Research. 2023, Pages 15-19.

Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90300-4.00002-1>

35. SALEM, Jorge, et al. An analysis of Peru: Is water driving mining conflicts?. *Resources Policy*, 2021, vol. 74, p. 101270.

Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.09.010>

36. SATHENDRA, E. Raja, et al. Refining lignocellulose of second-generation biomass waste for bioethanol production. En *Biofuels and Bioenergy*. Elsevier, 2022. p. 87-110.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85269-2.00016-2>
37. SAUERWEIN, Titus. Should mining companies partner with artisanal miners? Why only time will tell. *Journal of Rural Studies*, 2023, vol. 100, p. 103006.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2023.103006>
38. SHAH, Ayaz Ali, et al. Biomass pretreatment technologies. En *Hydrocarbon Biorefinery*. Elsevier, 2022. p. 203-228.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823306-1.00014-5>
39. SHEORAN, V.; CHOUDHARY, R. P. Phytostabilization of mine tailings. En *Phytorestoration of Abandoned Mining and Oil Drilling Sites*. Elsevier, 2021. p. 307-324.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821200-4.00016-9>
40. SUNG, Yao-Ting, et al. The quality of experimental designs in mobile learning research: A systemic review and self-improvement tool. *Educational Research Review*, 2019, vol. 28, p. 100279.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.05.001>
41. TOMIYAMA, Shingo; IGARASHI, Toshifumi. The potential threat of mine drainage to groundwater resources. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 2022, p. 100347.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2022.100347>
42. TRILOKESH, C.; UPPULURI, Kiran Babu. Biobutanol from lignocellulosic biomass and microalgae: scope, technology, and economics. En *Sustainable biofuels*. Academic Press, 2021. p. 163-223.
Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01986>
43. VELASQUEZ, Hector I., et al. Evaluation of the extractive gold process: open-pit mining through exergy analysis. *Journal of Sustainable Mining*, 2020, vol. 19, no 3, p. 166-181.

Disponible en: <https://doi.org/10.46873/2300-3960.1014>

44. VELÁSQUEZ, José R., et al. A review of the environmental and health implications of recycling mine tailings for construction purposes in artisanal and small-scale mining communities. *The Extractive Industries and Society*, 2022, vol. 9, p. 101019.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.exis.2021.101019>

45. Vitthal S. Kulkarni Ph.D., Charles Shaw Ph.D. Chapter 11 - Miscellaneous Physical, Chemical, and Microbiological Test Methods. *Essential Chemistry for Formulators of Semisolid and Liquid Dosages*. 2016, Pages 193-221.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801024-2.00011-X>

46. WANG, Ping, et al. Leaching of heavy metals from abandoned mine tailings brought by precipitation and the associated environmental impact. *Science of the Total Environment*, 2019, vol. 695, p. 133893.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133893>

47. WANG, Yiwen, et al. Selective recovery of rare earth metals from acid mine drainage by pyrrolidinediglycolamide silica column. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2023, p. 110091.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.110091>

48. WANG, Zehao, et al. Dewatering municipal wastewater sludge using electro-coagulation combined with added free nitrous acid. *Chemosphere*, 2022, vol. 306, p. 135484.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.135484>

49. WU, Ping, et al. Extracting heavy metals from electroplating sludge by acid and bioelectrical leaching using *Acidithiobacillus ferrooxidans*. *Hydrometallurgy*, 2020, vol. 191, p. 105225.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2019.105225>

50. YANG, Liming, et al. Electrochemical recovery and high value-added reutilization of heavy metal ions from wastewater: Recent advances and future trends. *Environment International*, 2021, vol. 152, p. 106512.

Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106512>

51. YANG, Xiong, et al. Remediation of heavy metal contaminated soils by organic acid extraction and electrochemical adsorption. *Environmental Pollution*, 2020, vol. 264, p. 114745.

Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114745>

52. YAN, Peng, et al. Recovery of scandium from silicate minerals by high-pressure leaching in sulfuric acid. *Journal of Rare Earths*, 2023.

Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/j.jre.2023.02.021>

53. YOUSEFIAN, Mohammad, et al. Corporate social responsibility and economic growth in the mining industry. *The Extractive Industries and Society*, 2023, vol. 13, p. 101226.

Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/j.exis.2023.101226>

54. ZHOU, Xiangyang, et al. One-step selective separation and efficient recovery of valuable metals from mixed spent lithium batteries in the phosphoric acid system. *Waste Management*, 2023, vol. 155, p. 53-64.

Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.10.034>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

		Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
Variable dependiente	Recuperación de metales pesados (hg, pb y cd)	En un reactor electroquímico, el metal se recupera por deposición del metal en forma metálica en el cátodo, lo que da lugar al desarrollo de una nueva fase sólida y con ello ya se puede realizar la recuperación de los metales pesados (Yang Liming et al., 2021, p.1).	Se realizará la caracterización fisicoquímica inicial para determinar su variación en las diferentes corridas de los procesos de extracción para determinar su eficiencia.	Características fisicoquímicas	T°	C°
					Ce	uS/cm
					Hg	mg/kg
					Pb	mg/kg
					Cd	mg/kg
					pH	-
				Eficiencia	Hg	mg/kg
					Pb	
					Cd	
	Tratamiento de extracción ácida	Es un pretratamiento con ácido para convertir los	Se emplearán 4 diferentes porcentajes de concentraciones de cloruro	T1	Cloruro de hidrógeno	%

Variable independiente		componentes de la biomasa en productos con valor añadido (Haldar D. et al., 2021, p.1). Donde se cambia la estructura del material lignocelulósico rompiendo los enlaces covalentes de los enlaces compuestos (Mielenz Jonathan R., 2020, p.545).	de hidrógeno al 20%, 30%, 40% y 50% para la recuperación de cada metal (Hg, Pb y Cd) así como 4 diferentes periodos de tiempo de los tratamientos; consistiendo cada tratamiento en 2 repeticiones	T2		
				T3		
				T4	Tiempo	Min.

SOLICITUD: Validación de instrumento de recolección de datos.

EDUARDO RONALD ESPINOZA FARFAN

Nosotros Vito Huamani Kevin Lars con DNI N° 46870127 y Yarcuri Huayanay Simion Wilder con DNI N° 70374585 alumnos de la Universidad Cesar Vallejo de Ingeniería Ambiental, asesorados por el ingeniero LOZANO SULCA, YIMI TOM, nos dirigimos a usted con el debido respeto nos presentamos y le manifestamos:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que venimos elaborando titulada: **“Tratamiento de extracción ácida para la recuperación de metales pesados (Hg, Pb y Cd) proveniente de pasivos mineros, 2023”** solicitamos a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjuntamos bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjuntamos los siguientes documentos:

- Ficha de evaluación
- Instrumento
- Matriz de operacionalización de variables

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.



.....
TESISTA Vito Huamani Kevin Lars
DNI: 72521106



.....
TESISTA Yarcuri Huayanay Simion Wilder
DNI: 70374585

Lima, 23 de junio del 2023

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** EDUARDO RONALD ESPINOZA FARFAN
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente / UCV Lima Este
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Recolección de la muestra
- 1.5. **Autor(A) de Instrumento:** Vito Huamani Kevin Lars, Yarcuri Huayanay Simion Wilder

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMA-MENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

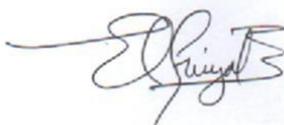
III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%



Lima, 23 de junio de 2023

EDUARDO RONALD ESPINOZA FARFAN
 CIP: 92135

Ficha 1: Recolección de la muestra						
Título de la tesis	Tratamiento de extracción ácida para la recuperación de metales pesados (Hg, Pb y Cd) proveniente de pasivos mineros, 2023					
Responsables	Vito Huamani Kevin Lars, Yarcuri Huayanay Simion Wilder					
Asesor	Dr. Sernaque Auccahuasi Fernando Antonio					
Línea de investigación	Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático					
Fecha	23/06/2023				Hora	
Muestras	Ubicación			Toma de muestras		Peso de muestra
Lodo de pasivos mineros						
Georreferenciación						
Protocolo de toma de muestra						
Materiales						

Ficha 2: Caracterización fisicoquímica del lodo de pasivos mineros

Título del proyecto	Tratamiento de extracción ácida para la recuperación de metales pesados (Hg, Pb y Cd) proveniente de pasivos mineros, 2023					
Responsables	Vito Huamani Kevin Lars, Yarcuri Huayanay Simion Wilder					
Asesor	Dr. Sernaque Auccahuasi Fernando Antonio					
Línea de investigación	Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático					
Fecha	23/06/2023				Hora	
Muestra	Características del suelo			indicadores		
pH					-	
T					°C	
Ce					uS/cm	
Hg					mg/kg	
Pb					mg/kg	
Cd					mg/kg	

Ficha 3: Proceso de extracción ácida con ácido sulfúrico							
Título del proyecto	Tratamiento de extracción ácida para la recuperación de metales pesados (Hg, Pb y Cd) proveniente de pasivos mineros, 2023						
Responsables	Vito Huamani Kevin Lars, Yarcuri Huayanay Simion Wilder						
Asesor	Dr. Sernaque Auccahuasi Fernando Antonio						
Línea de investigación	Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático						
Lugar	San Juan de Lurigancho – Mariscal Cáceres						
Fecha	23/06/2023				Hora		
Contaminante					Concentración inicial		
Características del tratamiento	Corridas				Promedio		Observaciones
Tiempo	30	60	90	120			
Volumen de muestra							
Dosis de H₂SO₄	20%	20%	20%	20%			
	30%	30%	30%	30%			
	40%	40%	40%	40%			
	50%	50%	50%	50%			

SOLICITUD: Validación de instrumento de recolección de datos.

MG. RITA JAQUELINE CABELLO TORRES

Nosotros Vito Huamani Kevin Lars con DNI N° 46870127 y Yarcuri Huayanay Simion Wilder con DNI N° 70374585 alumnos de la Universidad Cesar Vallejo de Ingeniería Ambiental, asesorados por el ingeniero LOZANO SULCA, YIMI TOM, nos dirigimos a usted con el debido respeto nos presentamos y le manifestamos:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que venimos elaborando titulada: **“Tratamiento de extracción ácida para la recuperación de metales pesados (Hg, Pb y Cd) proveniente de pasivos mineros, 2023”** solicitamos a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjuntamos bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjuntamos los siguientes documentos:

- Ficha de evaluación
- Instrumento
- Matriz de operacionalización de variables

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.



.....
TESISTA Vito Huamani Kevin Lars
DNI: 72521106



.....
TESISTA Yarcuri Huayanay Simion Wilder
DNI: 70374585

Lima, 23 de junio del 2023

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres:** MG. RITA JAQUELINE CABELLO TORRES
1.2. Cargo e institución donde labora: Docente / UCV Lima Este
1.3. Especialidad o línea de investigación: Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático
1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Caracterización fisicoquímica del lodo de pasivos mineros
1.5. Autor(A) de Instrumento: Vito Huamani Kevin Lars, Yarcuri Huayanay Simion Wilder

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMA-MENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%



Lima, 23 de junio de 2023

 MG. RITA JAQUELINE CABELLO TORRES
 CIP:145791

Ficha 1: Recolección de la muestra					
Título de la tesis	Tratamiento de extracción ácida para la recuperación de metales pesados (Hg, Pb y Cd) proveniente de pasivos mineros, 2023				
Responsables	Vito Huamani Kevin Lars, Yarcuri Huayanay Simion Wilder				
Asesor	Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio				
Línea de investigación	Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático				
Fecha	23/06/2023			Hora	
Muestras	Ubicación		Toma de muestras		Peso de muestra
Lodo de pasivos mineros					
Georreferenciación					
Protocolo de toma de muestra					
Materiales					

Ficha 2: Caracterización fisicoquímica del lodo de pasivos mineros

Título del proyecto	Tratamiento de extracción ácida para la recuperación de metales pesados (Hg, Pb y Cd) proveniente de pasivos mineros, 2023					
Responsables	Vito Huamani Kevin Lars, Yarcuri Huayanay Simion Wilder					
Asesor	Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio					
Línea de investigación	Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático					
Fecha	23/06/2023				Hora	
Muestra	Características del suelo			indicadores		
Ph					-	
T					°C	
Ce					uS/cm	
Hg					mg/kg	
Pb					mg/kg	
Cd					mg/kg	

Ficha 3: Proceso de extracción ácida con ácido sulfúrico							
Título del proyecto	Tratamiento de extracción ácida para la recuperación de metales pesados (Hg, Pb y Cd) proveniente de pasivos mineros, 2023						
Responsables	Vito Huamani Kevin Lars, Yarcuri Huayanay Simion Wilder						
Asesor	Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio						
Línea de investigación	Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático						
Lugar	San Juan de Lurigancho – Mariscal Cáceres						
Fecha	23/06/2023				Hora		
Contaminante					Concentración inicial		
Características del tratamiento	Corridas				Promedio		Observaciones
Tiempo	30	60	90	120			
Volumen de muestra							
Dosis de H₂SO₄	20%	20%	20%	20%			
	30%	30%	30%	30%			
	40%	40%	40%	40%			
	50%	50%	50%	50%			

SOLICITUD: Validación de instrumento de recolección de datos.

MG. ALCIDES GARZON FLORES

Nosotros Vito Huamani Kevin Lars con DNI N° 46870127 y Yarcuri Huayanay Simion Wilder con DNI N° 70374585 alumnos de la Universidad Cesar Vallejo de Ingeniería Ambiental, asesorados por el ingeniero LOZANO SULCA, YIMI TOM, nos dirigimos a usted con el debido respeto nos presentamos y le manifiestamos:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que venimos elaborando titulada: **“Tratamiento de extracción ácida para la recuperación de metales pesados (Hg, Pb y Cd) proveniente de pasivos mineros, 2023”** solicitamos a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjuntamos bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjuntamos los siguientes documentos:

- Ficha de evaluación
- Instrumento
- Matriz de operacionalización de variables

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.



.....
TESISTA Vito Huamani Kevin Lars
DNI: 72521106



.....
TESISTA Yarcuri Huayanay Simion Wilder
DNI: 70374585

Lima, 23 de junio del 2023

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** MG. ALCIDES GARZON FLORES
 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente / UCV Lima Este
 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático
 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Proceso de extracción ácida con ácido sulfúrico
 1.5. **Autor(A) de Instrumento:** Vito Huamani Kevin Lars, Yarcuri Huayanay Simion Wilder

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMA-MENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%



Lima, 23 de junio de 2023

 MG. ALCIDES GARZON FLORES
 CIP:212079

Ficha 1: Recolección de la muestra						
Título de la tesis	Tratamiento de extracción ácida para la recuperación de metales pesados (Hg, Pb y Cd) proveniente de pasivos mineros, 2023					
Responsables	Vito Huamani Kevin Lars, Yarcuri Huayanay Simion Wilder					
Asesor	Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio					
Línea de investigación	Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático					
Fecha	23/06/2023				Hora	
Muestras	Ubicación			Toma de muestras		Peso de muestra
Lodo de pasivos mineros						
Georreferenciación						
Protocolo de toma de muestra						
Materiales						

Ficha 2: Caracterización fisicoquímica del lodo de pasivos mineros

Título del proyecto	Tratamiento de extracción ácida para la recuperación de metales pesados (Hg, Pb y Cd) proveniente de pasivos mineros, 2023					
Responsables	Vito Huamani Kevin Lars, Yarcuri Huayanay Simion Wilder					
Asesor	Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio					
Línea de investigación	Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático					
Fecha	23/06/2023				Hora	
Muestra	Características del suelo			indicadores		
pH					-	
T					°C	
Ce					uS/cm	
Hg					mg/kg	
Pb					mg/kg	
Cd					mg/kg	

Ficha 3: Proceso de extracción ácida con ácido sulfúrico

Título del proyecto	Tratamiento de extracción ácida para la recuperación de metales pesados (Hg, Pb y Cd) proveniente de pasivos mineros, 2023						
Responsables	Vito Huamani Kevin Lars, Yarcuri Huayanay Simion Wilder						
Asesor	Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio						
Línea de investigación	Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático						
Lugar	San Juan de Lurigancho – Mariscal Cáceres						
Fecha	23/06/2023				Hora		
Contaminante					Concentración inicial		
Características del tratamiento	Corridas				Promedio		Observaciones
Tiempo	30	60	90	120			
Volumen de muestra							
Dosis de H₂SO₄	20%	20%	20%	20%			
	30%	30%	30%	30%			
	40%	40%	40%	40%			
	50%	50%	50%	50%			

Certificados de equipos calibrados


PRESITEC SAC
PRESISION Y TECNOLOGIA CONTINUA S.A.C.

CERTIFICADO DE CALIBRACION
PFQ-030-2022

Página 1 de 2

Expte : OTF22-002
Solicitante : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.
Dirección : AV. PARQUE N° 640 - SAN JUAN DE LURIGANCHO

Instrumento : MEDIDOR DE CONDUCTIVIDAD

Alcance de Indicación : 01 Us a 1280 Us 0
Div. Min. de Escala (d) (*) : 0.01 0
Clase de Exactitud : No Indica

Marca : CRISON
Modelo : BASIC 30 EC
Tipo de Indicación : Digital
Procedencia : España
Número de Serie : 223159
Código de Identificación : No Indica
Ubicación : Laboratorio de Biotecnología

Fecha de Calibración : 2022 - 11 - 30
Fecha de Emisión : 2022 - 12 - 01

Método de Calibración Empleado
Método de comparación directa entre las indicaciones de lectura del instrumento y disoluciones patrón. Tomando como referencias el procedimiento INDECOPVSNM PC-020: 2010 "Procedimiento de calibración de medidores de pH"

Observaciones
(*) Obtenida a partir de la División Mínima de Escala (d) del equipo.
Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe utilizarse como certificado de conformidad de producto.
PRESITEC no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.
El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.
El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.
(**) Se adhirió una etiqueta "Calibrado" al equipo indicando la fecha de realizado.


Edgar ~~Castro~~ ~~Castro~~
Jefe de Metrología

HCPFQ-05-Rev 00

AV. PERU NRO. 236 URB. HUAQUILLAY LIMA - LIMA - COMAS TELF.: 983466251 / WEB: www.precitecsac.com

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
PFQ-030-2022

Página 2 de 2

Trazabilidad

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales del National Institute of Standards and Technology (NIST) en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SULUMP).

Trazabilidad		Patrón de PRESITEC	
Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certif./Inf. Calibración	
Disolución Tampón 12.83 mS PH a 25°C NIST - USA	Ampolla de 20 ml LI 190265(A) U(k=2) ±0.14	SI Analytics GmbH DIN 55 350	
Disolución Tampón 12.83 mS PH a 25°C NIST - USA	Ampolla de 20 ml LI 1180115(A) U(k=2) ±0.13	SI Analytics GmbH DIN 55 350	
Disolución Tampón 12.83 mS PH a 25°C NIST - USA	Ampolla de 20 ml LI 170124(A) U(k=2) ±3	SI Analytics GmbH DIN 55 350	
Disolución Tampón 12.83 mS PH a 25°C NIST - USA	Ampolla de 20 ml LI 170124(A) U(k=2) ±3	SI Analytics GmbH DIN 55 350	

Condiciones Ambientales

Condiciones Ambientales	Mínima	Máxima
Temperatura	20.3 °C	20.8 °C
Humedad Relativa	68 %	69 %

Resultados de Calibración

Temperatura de Ensayo (°C)	Valor Certificado	Lectura de equipo	Error	Incertidumbre
	µS	µS	µS	µS (k=2)
25.0	12.80	12.83	0.03	0.14

Temperatura de Ensayo (°C)	Valor Certificado	Lectura de equipo	Error	Incertidumbre
	µS	µS	µS	µS (k=2)
25.0	12.80	12.81	0.01	0.15

Incertidumbre

La Incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con las Guías OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100: 2008) y OIML G1-104-en: 2009 (JCGM 104: 2009) "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en las Mediciones (GUM)", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores de influencia durante la calibración.

La Incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo.

La Incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la Incertidumbre Estándar Combinada (u) por el Factor de Cobertura (k). Generalmente se expresa un factor k=2 para un Nivel de Confianza de aproximadamente 95%.

Fin del Certificado de Calibración

HCFFQ-05-Rev 00

ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

Tipo de ensayos: Análisis físico - químico
 Tipo de muestra: Lodo minero
 Descripción de la muestra: Lodo
 Muestra tomada por: Estudiante
 Lugar que se realizó el ensayo: Laboratorio de Biotecnología – UCV Lima Este
 Fecha de realización de ensayos: 21 de agosto 2023

MATRIZ : Lodo minero	Parámetros					
Identificación de la Muestra	Tempera tura	pH	CE	Hg	Pb	Cd
	° C	unidad	uS/cm	mg/kg	mg/kg	mg/kg
M-1	16,4	5,87	2840	10135,75	18760	78,25

*Los resultados emitidos válidos para desarrollo académico

Método de Referencia:

APHA-AWWA-WEF (2005)método 4500 H B , APHA-AWWA-WEF (2005) método 2550 B; APHA-AWWA-WEF (2005)método 2510 B; APHA-AWWA-WEF (2012) método 2540 C; APHA-AWWA-WEF (2012) APHA 5210 B; APHA-AWWA-WEF (2012) 5220 B

USEPA Method Study 37 - SW-846 Method 3050 Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils. EPA Contract No. 68-03-3254, November 1988; Cadmio total: SMEWW-AWWA-WEF 3030 E ,3111 B DirectLair-acetylene flame


 Daniel Neciosup Gonzales
 Asistente Del Laboratorio
 De Biotecnología


 V.ºB.ºMg Sc. Fredy Cepeda Aliaga
 Jefe de escuela Ingeniería Ambiental

INFORME DE ENSAYO N° 08- 2023

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGIA – UCV

Lodo minero		Tiempo	Hg	Pb	Cd
		Minutos	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Ensayo 1 HCl 20%	Corrida Inicial	30	3540,9	15374,36	70,46
	R1		3539,0	15373,31	69,29
	R2		3540,1	15375,46	71,26
	R3		3539,93	15375,41	71,24
Ensayo 2 HCl 30%	Corrida Inicial		3604,62	12934,38	68,46
	R1		3604,14	12933,3	69,79
	R2		3607,78	12935	70,46
	R3		3606,1	12934,9	70,13
Ensayo 3 HCl 40%	Corrida Inicial		3793,04	6695,18	62,46
	R1		3793,87	6694,16	63,16
	R2		3794,92	6696,69	61,52
	R3		3793,2	6696,59	62,76
Ensayo 4 HCl 50%	Corrida Inicial		1232,04	744,95	59,19
	R1		1232,8	744,43	58,51
	R2		1233,67	746,61	57,32
	R3		1232,1	746,51	57,96

Lodo minero		Tiempo	Hg	Pb	Cd
		Minutos	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Ensayo 1 HCl 20%	Corrida Inicial	60	3497,0	15245,29	68,86
	R1		3497,06	15246,71	69,41
	R2		3497,0	15245,05	67,73
	R3		3497,0	15245,32	67,72
Ensayo 2 HCl 30%	Corrida Inicial		3733,25	12695,27	63,42
	R1		3733,88	12696,06	62,35
	R2		3735,12	12397,02	61,97
	R3		3733,12	12664,09	62,25
Ensayo 3 HCl 40%	Corrida Inicial		3740,15	6634,19	61,42
	R1		3738,78	6635,98	60,32
	R2		3741,04	6635,31	59,49
	R3		3740,8	6635,21	61,13
Ensayo 4 HCl 50%	Corrida Inicial		3733,25	734,1	58,47
	R1		3733,8	735,14	59,63
	R2		3735,14	736,2	57,27
	R3		3733,12	736,08	59,71

*Los resultados emitidos válidos para desarrollo académico

Método de Referencia: USEPA Method Study 37 - SW-846 Method 3050 Acid Digestion of Sediments, Sludges, and SOils. EPA Contract No. 68-CO-3254, November 1988. Cadmio total: SMWW-AWWA-WEF 3030 E. 3111 B Direct air-acetylene flame


Daniel Neciosup Gonzales
Asistente Del Laboratorio
De Biotecnología


V. B. Mg. Sr. Fátima María Altaga
Jefe de escuela de Biotecnología Ambiental



INFORME DE ENSAYO N° 08- 2023

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGIA – UCV

Lodo minero		Tiempo Minutos	Hg mg/kg	Pb mg/kg	Cd mg/kg
Ensayo 1 HCl 20%	Corrida Inicial	90	3473,17	15164,6	62,83
	R1		3473,8	15165	64,42
	R2		3473,5	15163,58	63,75
	R3		3473,2	15165,03	63,9
Ensayo 2 HCl 30%	Corrida Inicial		3604,62	12663,45	58,6
	R1		3662,17	12664,1	57,56
	R2		3662,85	12664,92	59,21
	R3		3661,41	12664,37	58,9
Ensayo 3 HCl 40%	Corrida Inicial		3673,05	6599,4	55,6
	R1		3670,86	6600,16	56,42
	R2		3671,66	6598,02	57,23
	R3		36740,1	6597,92	55,43
Ensayo 4 HCl 50%	Corrida Inicial		1121,73	694,11	57,3
	R1		1123,34	693,14	56,53
	R2		1123,81	696,25	56,9
	R3		1123,0	696,15	58,4

*Los resultados enviados válidos para desarrollo académico

Lodo minero		Tiempo Minutos	Hg mg/kg	Pb mg/kg	Cd mg/kg
Ensayo 1 HCl 20%	Corrida Inicial	120	3361,95	15034,18	57,69
	R1		3353,51	15035,16	58,52
	R2		3363,31	15035,98	59,2
	R3		3363,0	15035,78	58,81
Ensayo 2 HCl 30%	Corrida Inicial		3549,93	12544,15	56,16
	R1		3550,67	12543,32	57,41
	R2		3551,82	12545,19	55,29
	R3		3551,2	12545,09	56,85
Ensayo 3 HCl 40%	Corrida Inicial		3649,37	12544,43	53,16
	R1		3650,77	6563,96	54,27
	R2		3649,98	6563,41	54,82
	R3		3650,1	6565,05	55,43
Ensayo 4 HCl 50%	Corrida Inicial		1102,93	663,33	56,39
	R1		1101,77	662,25	55,28
	R2		1100,75	664,28	57,46
	R3		1101,2	664,51	56,58

*Los resultados enviados válidos para desarrollo académico

Método de Referencia: USEPA Method Study 37 - SW 846 Method 3050 Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils. EPA Contract No. 68-03-3254, November 1968. Cadmio total: SMEWW-AWWA-WEF 3030 E .3111 B Direct air-acetylene flame


Daniel Neciosup Gonzales
Asistente Del Laboratorio
De Biotecnología


V. "B" Mg. Soc. Freddy Riqui Aliaga
Jefe de escuela Ingeniería Ambiental

		"INFORME TÉCNICO"		<table border="1"> <tr><td>Código:</td><td>F-07-01</td></tr> <tr><td>Versión:</td><td>2</td></tr> <tr><td>Fecha de Aprob:</td><td>10/02/21</td></tr> </table>	Código:	F-07-01	Versión:	2	Fecha de Aprob:	10/02/21
Código:	F-07-01									
Versión:	2									
Fecha de Aprob:	10/02/21									
Nº Autogenerado	00200184-25	Nº de Proceso		Fecha de emisión	18-19/07/20					
Nro. OT	0020000273	Nº de Item		Fecha de intervención	18-19/07/20					
DATOS DEL CLIENTE										
Razón social		UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.								
RUC	20184113632	Teléfono:	Daniel Neolocup Gonzales							
Contacto	Daniel Neolocup Gonzales	Correo:	dneolocup@uov.edu.pe							
DATOS DEL EQUIPO										
Descripción	ESPECTROFOTOMETRO		Identificación interna	D07-006647						
Marca	PG-INSTRUMENT		Serie	15-0862-21-0024						
Modelo	AA600		Historial							
Familia	ESPECTROFOTOMETRO		Ubicación	LABORATORIO DE BIOTECNOLOGIA						
Estado	Con garantía <input type="checkbox"/>	Sin garantía <input type="checkbox"/>	Verificación Operacional <input type="checkbox"/>							
Tipo de servicio	Revisión y diagnóstico <input type="checkbox"/>	Mantenimiento preventivo <input type="checkbox"/>	Mantenimiento correctivo <input checked="" type="checkbox"/>	Inspección /Pre-instalación <input type="checkbox"/>						
REPORTE DE FALLA DEL CLIENTE										
El equipo no cumple con las características técnicas		<input checked="" type="checkbox"/>	El equipo muestra mensaje de error		<input checked="" type="checkbox"/>					
El equipo presenta problemas de lectura		<input type="checkbox"/>	El equipo no enciende		<input type="checkbox"/>					
El equipo no presenta problemas de funcionamiento		<input type="checkbox"/>	Otros:		<input checked="" type="checkbox"/>					
Detallar : MTTD. CORRECTIVO - CAMBIO DE REPUESTO										
TRABAJO REALIZADO			MEDICIONES							
Revisión de ambiente y condiciones de la instalación.			<input checked="" type="checkbox"/>	Voltaje: 220VAC						
Verificación de presiones de gases.			<input checked="" type="checkbox"/>							
Revisión de UPS del horno de grafito			<input checked="" type="checkbox"/>							
Reemplazo de la trampa de agua			<input checked="" type="checkbox"/>							
Encendido del equipo y pruebas de inicialización			<input checked="" type="checkbox"/>							
Verificación de funcionamiento de las lamparas			<input checked="" type="checkbox"/>							
Pruebas de funcionamiento con estándares de Cu y Cd			<input checked="" type="checkbox"/>							
INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN										
Multímetro Samwa										
CONCLUSIONES										
El equipo se encuentra operativo y cumple con las características técnicas ofrecidas por el fabricante.		<input type="checkbox"/>	El equipo debe ser revisado en el taller de Kossodo S.A.C.		<input type="checkbox"/>					
El servicio ha concluido sin observaciones técnicas.		<input type="checkbox"/>	Mantenimiento preventivo		<input type="checkbox"/>					
El problema reportado por el cliente ha sido solucionado		<input type="checkbox"/>	Cambio de repuestos		<input checked="" type="checkbox"/>					
El equipo se encuentra inoperativo y no puede ser reparado		<input type="checkbox"/>	Mantenimiento Preventivo realizado por Garantía		<input type="checkbox"/>					
Mantenimiento correctivo		<input checked="" type="checkbox"/>	Cambio de accesorios		<input type="checkbox"/>					
Otros		<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>					
Detallar:										
Después del reemplazo de la trampa de agua, se pudo inicializar el equipo sin errores. En las pruebas efectuadas con estándares de Cu y Cd se determino una muy baja absorbancia										
En la revisión del nebulizador se verifico que no tiene bastón de impacto y por ende la muy baja sensibilidad del equipo. Se debe cambiar el nebulizador, Oring y el tubo de aspiración de muestra.										
No se pudo probar el Horno de Grafito debido a que su equipo de protección eléctrica se encuentra dañado. El UPS tiene una falla en su tarjeta electrónica y debe ser reparado o sustituido.										
La presión del gas Acetileno está en 75psi, por lo que debe ser reemplazado. Su límite de presión primaria para el cambio del balón es 70psi.										
La sustitución de la trampa de agua fue muy complicada porque el meson donde se encuentra el equipo es fijo y es muy pequeño, no deja espacio para el mantenimiento y la manipulación adecuada del mismo. Tener en cuenta que la trampa de agua se encuentra en la parte posterior del equipo y esta debe ser revisada periódicamente para mantener el nivel de agua. Se recomienda cambiar por una meson mas adecuado para facilitar las labores de mantenimiento y uso del equipo.										
Se enviara un informe detallado.										
RECOMENDACIONES										
Se recomienda realizar mantenimiento preventivo y verificación operacional cada 6 meses.										
CONFORMIDAD										
Nombre:	EDGAR BRAVO GARCIA		Nombre:	DNI:						
			Firma y sello:							

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 205 - 2022***Área de Metrología
Laboratorio de Masas*

Página 1 de 4

1. Expediente	220298	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.</p> <p>METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
2. Solicitante	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.	
3. Dirección	Av. Larco Nro. 1770 Urb. San Andres 5ta etapa, Victor Larco Herrera - Trujillo - LA LIBERTAD	
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA	
Capacidad Máxima	210 g	
División de escala (d)	0,0001 g	
Div. de verificación (e)	0,0001 g	
Clase de exactitud	I	
Marca	ADAM	
Modelo	NBL 214I	
Número de Serie	AE9XC491 (*)	
Capacidad mínima	0,01 g	
Procedencia	NO INDICA	
Identificación	NO INDICA	
5. Fecha de Calibración	2022-06-24	

Fecha de Emisión
2022-06-25

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

Firmado digitalmente por
Williams Pérez
Fecha: 2022.07.01 09:00:11
-05'00'

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 205 - 2022***Área de Metrología
Laboratorio de Masas*

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación directa, según el PC-011: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II" del SNM-INDECOPI. Cuarta Edición.

7. Lugar de calibración

Las instalaciones de la empresa TÉCNICAS CP S.A.C.
Av. Santa Ana Mz H lote 2 Urb. San Diego, San Martín de Porres - Lima

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	20,4	20,3
Humedad Relativa (%HR)	70	70

9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESAS (Clase de exactitud E1) DM-INACAL: LM-075-2020	PESAS (Clase de Exactitud: E2)	LM-C-120-2022
PESAS (Clase de exactitud E1) DM-INACAL: LM-063-2018		

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (*) Serie indicado en una etiqueta adherido al equipo.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 205 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

11. Resultados de Medición

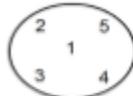
INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1 = 100,0000 g			Carga L2 = 200,0000 g			
	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	
1	100,0001	-	0,2	200,0017	-	1,7	
2	100,0001	-	0,2	200,0018	-	1,8	
3	100,0001	-	0,2	200,0018	-	1,8	
4	100,0002	-	0,3	200,0018	-	1,8	
5	100,0002	-	0,3	200,0020	-	2,0	
6	100,0001	-	0,2	200,0018	-	1,8	
7	100,0001	-	0,2	200,0020	-	2,0	
8	100,0001	-	0,2	200,0017	-	1,7	
9	100,0001	-	0,2	200,0017	-	1,7	
10	100,0001	-	0,2	200,0017	-	1,7	
Diferencia Máxima			0,1	Diferencia Máxima			0,3
Error Máximo Permisible			± 0,3	Error Máximo Permisible			± 0,3

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



Posición de las cargas

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec					
	Carga Mínima*	l (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
1	0,0000 g	0,0000	-	0,1	70,0000	69,9990	-	-1,0	-1,0	
2		0,0000	-	0,1		69,9988	-	-1,2	-1,2	
3		0,0000	-	0,1		69,9990	-	-1,0	-1,0	
4		0,0000	-	0,1		69,9990	-	-1,0	-1,0	
5		0,0000	-	0,1		69,9988	-	-1,2	-1,2	
* Valor entre 0 y 10e						Error máximo permisible				± 0,3

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 205 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	20,4	20,3

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p ** (± mg)
	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
0,0010	0,0009	-	0,0						
0,0100	0,0098	-	-0,1	-0,1	0,0098	-	-0,1	-0,1	0,1
0,1000	0,0999	-	0,0	0,0	0,0999	-	0,0	0,0	0,1
1,0000	0,9998	-	-0,2	-0,1	0,9998	-	-0,2	-0,1	0,1
5,0000	4,9998	-	-0,2	-0,1	4,9998	-	-0,2	-0,1	0,2
10,0000	9,9998	-	-0,4	-0,3	9,9997	-	-0,3	-0,2	0,2
20,0000	19,9990	-	-1,0	-0,9	19,9991	-	-0,9	-0,8	0,3
50,0000	49,9990	-	-1,0	-0,9	49,9990	-	-1,0	-0,9	0,3
100,0000	99,9999	-	0,0	0,0	99,9998	-	-0,1	-0,1	0,3
120,0000	119,9998	-	-0,1	-0,1	119,9997	-	-0,2	-0,2	0,3
150,0000	149,9998	-	-0,3	-0,3	149,9998	-	-0,3	-0,3	0,3
180,0000	179,9990	-	-0,9	-0,9	179,9990	-	-0,9	-0,9	0,3
210,0000	209,9998	-	-0,2	-0,2	209,9998	-	-0,2	-0,2	0,3

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza. ΔL: Carga adicional. E₀: Error en cero.
l: Indicación de la balanza. E: Error encontrado. E_c: Error corregido.

Lectura corregida $R_{CORREGIDA} = R + 0,00000334161 R$

Incertidumbre expandida de medición $U = 2x\sqrt{0,000000016 g^2 + 0,000000000092657 R^2}$

12. Incertidumbre

La incertidumbre U reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
PFQ-023-2022

Página 1 de 2

Expediente : OTF22-002
Solicitante : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.
Dirección : AV. PARQUE N° 640 - SAN JUAN DE LURIGANCHO
Instrumento : MEDIDOR DE PH
Alcance de Indicación : 0.00 pH a 14.0 pH
Div. Mín. de Escala (d) (*) : 0.01 pH
Clase de Exactitud : No Indica
Marca : CRISON
Modelo : BASCI 20
Tipo de Indicación : Digital
Procedencia : España
Número de Serie : 234053
Código de Identificación : No Indica
Ubicación : Laboratorio de Biotecnología
Fecha de Calibración : 2022 - 11 - 30
Fecha de Emisión : 2022 - 12 - 01

Método de Calibración Empleado

Método de comparación directa entre las indicaciones de lectura del instrumento y disoluciones patrón. Tomando como referencia el procedimiento INDECOP/INM PC-020: 2010 "Procedimiento de calibración de medidores de pH"

Observaciones

(*) Obtenida a partir de la División Mínima de Escala (d) del equipo.

Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe utilizarse como certificado de conformidad de producto.

PRESITEC no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.

El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

(**) Se adhirió una etiqueta "Calibrado" al equipo indicando la fecha de realizado.



HCPFG-05-Rev 00

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
PFQ-023-2022

Página 2 de 2

Trazabilidad

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales del National Institute of Standards and Technology (NIST) en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad		Patrón de PRESITEC	
Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certif / Inf. Calibración	
Disolución Tampón 4.00 pH a 25°C NIST - USA	Ampolla de 20 ml LI.190295/A U(k=2) ±0.14	SI Analytica GmbH DIN 55 350	
Disolución Tampón 7.00 pH a 25°C NIST - USA	Ampolla de 20 ml LI.1150115/A U(k=2) ±0.13	SI Analytica GmbH DIN 55 350	
Disolución Tampón 10.00 pH a 25°C NIST - USA	Ampolla de 20 ml LI.170124/A U(k=2) ±3	SI Analytica GmbH DIN 55 350	
Disolución Tampón 12.85 mS pH a 25°C NIST - USA	Ampolla de 20 ml LI.170124/A U(k=2) ±3	SI Analytica GmbH DIN 55 350	

Condiciones Ambientales

Condiciones Ambientales	Mínima	Máxima
Temperatura	20.3 °C	20.8 °C
Humedad Relativa	66 %	66 %

Resultados de Calibración

Temperatura de Ensayo (°C)	Valor Certificado	Lectura de equipo	Error	Incertidumbre
	pH	pH	pH	pH (k=2)
25.0	4.00	3.99	-0.01	0.14
24.3	7.00	7.01	0.01	0.14
24.6	10.01	10.02	0.01	0.15

Incertidumbre

La Incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con las Guías OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100: 2008) y OIML G1-104-en: 2009 (JCGM 104: 2009) "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en las Mediciones (GUM)", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores de influencia durante la calibración.

La Incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo.

La Incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la Incertidumbre Estándar Combinada (u) por el Factor de Cobertura (k). Generalmente se expresa un factor k=2 para un Nivel de Confianza de aproximadamente 95%.

Fin del Certificado de Calibración

HCPFQ-05-Rev 00

Fotos de la recolección de muestras de lodos mineros y laboratorio









