

# Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Ambiental



TESIS

## **Evaluación de la capacidad de remoción de plomo del relave Sector A FIGMM UNI, utilizando cáscaras de huevo natural y calcinada de gallina-biochar, Lima-2023**

Para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental

Elaborado por

Jhony Fredy Huarcaya Nina

 [0000-0002-6926-4587](https://orcid.org/0000-0002-6926-4587)

Asesor

Dra. Mery Cecilia Gómez Marroquín

 [0000-0003-3722-5708](https://orcid.org/0000-0003-3722-5708)

LIMA – PERÚ

2023

Citar/How to cite	Huarcaya Nina [1]
Referencia/Reference	[1] J. Huarcaya Nina, " <i>Evaluación de la capacidad de remoción de plomo del relave Sector A FIGMM UNI, utilizando cáscara de huevo natural y calcinada de gallina-biochar, Lima-2023</i> " [Tesis de pregrado]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2023.
Estilo/Style: IEEE (2020)	

Citar/How to cite	(Huarcaya, 2022)
Referencia/Reference	Huarcaya, Nina. (2023). <i>Evaluación de la capacidad de remoción de plomo del relave Sector A FIGMM UNI, utilizando cáscara de huevo natural y calcinada de gallina-biochar, Lima-2023</i> . [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

### **Dedicatoria**

*Dedicado al amor de mi vida, mi motivación, mi madre, Rosa Senovia Nina Chambilla, que siempre confió en mi, a mi padre Rene Huarcaya Quispe, a mis hermanas Maribel y Verónica, por su gran amor y apoyo incondicional.*

## **Agradecimientos**

A la UNI mi alma mater y a los docentes FIA UNI por los conocimientos impartidos durante mis años de estudiante de pregrado.

A la Dra. Ing. Mery Cecilia Gómez Marroquín, por la oportunidad de iniciarme en la investigación científica, paciencia y apoyo incondicional durante el desarrollo de la presente tesis, quien viene siendo un soporte día a día.

A los asesores especialistas que con sus correcciones y recomendaciones mejoraron el propósito de esta tesis de investigación.

Al Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Nacional de Ingeniería, por la subvención entregada a través del concurso de proyectos de investigación de estudiantes para realización de tesis de pregrado 2020, cuyo título fue: "Evaluación de la capacidad de remoción de plomo del pasivo ambiental minero de la FIGMM UNI sector A, utilizando cáscaras de huevo natural y calcinada de gallina-biochar, LIMA-2021" sin la cual esta investigación no se hubiera podido llevar a cabo.

Al proyecto de investigación VRI 2021: "Estudio de la capacidad de adsorción de Hg (II) en biochar procedente de huesos de aceitunas (*Olea europaea* L.) preoxidado y modificado con tiol (FIGMM-PF-19-2021) por la subvención entregada para la caracterización completa del relave Sector A FIGMM UNI. Asimismo, a los colegas Stefany Esquivel, Kim Phatti, Alfredo Ceroni y Abraham Terrones por su apoyo en la toma de muestra, cuarteo y "coneado", preparación mecánica, determinación de gravedad específica, pH, y análisis granulométrico del relave Sector A FIGMM UNI.

## Resumen

La minería en Perú es una actividad económica central, pero ha resultado en numerosos pasivos ambientales, aproximadamente 6903, algunos aún sin registrarse por la Dirección General de Minería. Estos pasivos representan un riesgo constante para la salud humana y el medio ambiente. Actualmente, se emplean técnicas sostenibles que involucran el uso de biomásas para eliminar metales y corregir la acidez del suelo.

La metodología de esta investigación consistió en un muestreo, colección y preparación mecánica de muestras de relave Sector A FIGMM UNI. También se caracterizaron las muestras de tanto relave como cascara de huevo natural (CHN) y calcinada de gallina-*biochar* (CHC). Entre esas técnicas están: análisis químicos por EAA, FRX, DRX, FTIR, SEM, EDS, TGA y determinaciones físicas (análisis granulométrico y gravedad específica). En el relave del Sector A FIGMM UNI se observó un contenido de 313 mg/kg Pb que fue superior al ECA de suelo para el uso residencial y parques. Las variables de estudio fluctuaban entre los niveles de pesos de CHN o CHC de 1.5 y 3g, RPM de 225 y 450, y tiempos de remoción de 24 y 48 h. Para el caso de las experiencias de remoción de Pb usando CHN, el % Remoción Pb alcanzado fue de 84.28% y para CHC de 96.82% en una misma combinación de tratamientos de 3 g, 450 RPM y 48 h. Los resultados estadísticos determinaron que, en el caso de CHN, los factores que influyen significativa en el % Remoción Pb, son: peso de CHN y RPM; y para CHC son: peso CHC, RPM y tiempo.

Palabras clave — Cascara de huevo de gallina, cascara de huevo de gallina calcinada, Relave FIGMM UNI, Remoción de plomo, Diagramas de Equilibrio o Pourbaix, Sistema Pb-H<sub>2</sub>O, Sistema Ca-H<sub>2</sub>O.

## Abstract

Mining in Peru is a central economic activity, but has resulted in numerous environmental liabilities, approximately 6903, some still unregistered by the General Directorate of Mining. These liabilities represent a constant risk to human health and the environment. Sustainable techniques involving the use of biomasses to remove metals and correct soil acidity are now being employed.

The methodology of this research consisted of sampling, collection and mechanical preparation of tailings samples from Sector A FIGMM UNI. Samples of both tailings and natural eggshell (CHN) and calcined hen-biochar (CHC) were also characterized. These techniques include: chemical analysis by AAS, XRF, XRD, FTIR, SEM, EDS, TGA and physical determinations (grain size analysis and specific gravity). In the tailings of Sector A FIGMM UNI, a content of 313 mg/kg Pb was observed, which was higher than the soil ECA for residential use and parks. The study variables fluctuated between CHN or CHC weight levels of 1.5 and 3g, RPM of 225 and 450, and removal times of 24 and 48 h. In the case of the Pb removal experiments using CHN, the % Pb removal achieved was 84.28% and for CHC it was 96.82% in the same combination of 3 g, 450 RPM and 48 h treatments. The statistical results determined that, in the case of CHN, the factors that significantly influence the % Pb removal are: CHN weight and RPM; and for CHC they are: CHC weight, RPM and time.

Keywords — Hen eggshell, calcined hen eggshell, FIGMM UNI Tailings, Lead removal, Equilibrium or Pourbaix diagrams, Pb-H<sub>2</sub>O system, Ca-H<sub>2</sub>O system.

## Tabla de Contenido

	Pág.
Resumen.....	v
Abstract.....	vi
Lista de Tablas.....	xi
Lista de Figuras.....	xiv
Lista de Acrónimos.....	xvii
Introducción.....	xix
Capítulo I. Parte introductoria del trabajo .....	1
1.1 Generalidades.....	1
1.1.1 Descripción del problema de investigación .....	1
1.2 Objetivos del estudio .....	2
1.2.1 Objetivo general.....	2
1.2.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 Hipótesis .....	3
1.3.1 Hipótesis General .....	3
1.3.2 Hipótesis Específicas .....	3
1.4 Antecedentes investigativos .....	5
Capítulo II. Marcos teórico y conceptual.....	10
2.1 Marco teórico .....	10
2.1.1 Calcinación .....	10
2.1.2 Biochar .....	11

2.1.3	Cascara de huevo de gallina.....	11
2.1.4	Pasivos ambientales mineros .....	13
2.1.5	Toxicidad del Plomo.....	13
2.1.6	Diseño de experimento .....	15
2.1.7	Diagrama de equilibrio o de Pourbaix .....	17
2.2	Marco conceptual.....	18
2.2.1	Definición estadística.....	18
2.2.2	Ley General del Ambiente.....	19
2.2.3	Ley de Cierre de Minas.....	19
2.2.4	Estándar de Calidad Ambiental para Suelo.....	19
2.2.5	Guía de muestreo de suelo.....	20
Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación.....		21
3.1	Descripción del área de estudio .....	21
3.1.1	Ubicación.....	21
3.1.2	Sector de estudio .....	21
3.1.3	Planta concentradora de la FIGMM UNI .....	22
3.2	Muestreo y preparación de la muestra del relave Sector A FIGMM UNI.....	24
3.2.1	Plan de muestreo.....	24
3.2.2	Procedimiento del muestreo o toma de muestra.....	25

3.2.3	Determinación de los parámetros físicos de las muestras de relave Sector A FIGMM UNI.....	29
3.2.4	Preparación y caracterización de las muestras del relave Sector A FIGMM UNI.....	32
3.3	Preparación y caracterización de la cascara de huevo.....	34
3.3.1	Preparación de muestras de cascara huevo natural y calcinada de gallina-biochar.....	34
3.3.2	Determinación de la composición química de la cascara de huevo natural.....	39
3.3.3	Análisis termogravimétrico TGA y DTG.....	40
3.3.4	Espectrometría de infrarrojo por Transformada de Fourier-FTIR.....	40
3.3.5	Difracción de Rayos X-DRX.....	41
3.3.6	Microscopia Electrónica de Barrido (MEB/SEM).....	41
3.4	Determinación del % de remoción de plomo en muestras de relave Sector A FIGMM UNI usando cascara de huevo natural y calcinado-biochar.....	41
3.4.1	Diseño de experimentos.....	41
3.4.2	Preparación de las pruebas de remoción de plomo.....	42
3.5	Consideraciones estadísticas.....	44
3.6	Resultados.....	45
3.6.1	Determinaciones físicas en muestras de relave Sector A FIGMM UNI.....	45
3.6.2	Caracterización de relave Sector A FIGMM UNI.....	47

3.6.3	Caracterización de la cascara de huevo calcinada de gallina-biochar .....	56
3.6.4	Porcentaje de remoción de plomo a partir de cascara de huevo natural y calcinada de gallina-biochar .....	57
3.6.5	Prueba estadística .....	60
Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados.....		64
4.1	Análisis de la composición química del relave Sector A FIGMM UNI.....	64
4.1.1	Análisis Difracción de Rayos X-DRX.....	64
4.1.2	Análisis de plomo del relave Sector A FIGMM UNI .....	64
4.2	Análisis de la composición química de la cascara de huevo natural y calcinada de gallina -biochar .....	64
4.2.1	Cascara de huevo natural de gallina .....	64
4.2.2	Cascara de huevo calcinada de gallina-biochar .....	67
4.3	Análisis de % remoción de plomo con cascara de huevo natural y calcinada de gallina-biochar .....	68
4.3.1	Cascara de huevo natural de gallina .....	68
4.3.2	Cascara de huevo calcinada de gallina-biochar .....	68
4.3.3	Contrastación de las hipótesis .....	69
Conclusiones.....		73
Recomendaciones.....		76
Referencias bibliográficas .....		77
Anexos .....		84

## Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1: Temperaturas de calcinación de materiales orgánicos.....	10
Tabla 2: Composición de la cáscara de huevo natural y calcinada de gallina-biochar.....	12
Tabla 3: Composición elemental de cáscara de huevo natural y calcinada de gallina determinada a través DRX.....	13
Tabla 4 Valores de los ECA de suelos, según D.S. N°011-2017-MINAM.....	20
Tabla 5: Ubicación geográfica de puntos de muestreo del área de estudio.....	24
Tabla 6: Diseño de experimentos 2 <sup>3</sup> para pruebas de adsorción de plomo usando cáscara de huevo natural y calcinada de gallina-biochar.....	42
Tabla 7: Codificación de las experiencias y repeticiones de las pruebas de remoción de plomo usando cáscara de huevo natural y calcinada de gallina-biochar .....	43
Tabla 8: Análisis granulométrico de la muestra del relave Sector A FIGMM UNI .....	45
Tabla 9: Cálculo de la gravedad específica del relave Sector A FIGMM UNI .....	46
Tabla 10: Medición de parámetros físicos de la solución de relave Sector A FIGMM UNI al 10%.....	47
Tabla 11: Análisis de metales del relave Sector A FIGMM UNI.....	47
Tabla 12: Patrón de compuestos presentes en el difractograma de muestra del relave Sector A FIGMM UNI.....	49

Tabla 13: Composición química de compuestos presentes en el difractograma de muestra del relave Sector A FIGMM UNI ajustados por el método de Rietveld .....	49
Tabla 14: Composición química de la cascara de huevo natural de gallina.....	51
Tabla 15: Composición química de la cascara de huevo natural de gallina.....	52
Tabla 16: Resultados TGA y DTG de las muestras de cascara de huevo natural de gallina y del CaCO <sub>3</sub> puro.....	53
Tabla 17: Información Biblioteca Shimadzu de las bandas FT-IR de los principales grupos funcionales presentes en las muestras de cascara de huevo natural y CaCO <sub>3</sub> puro .....	54
Tabla 18: Pérdidas de peso de muestras de cascara de huevo calcinada de gallina-biochar .....	57
Tabla 19: Composición de la cascara de huevo calcinada de gallina.....	57
Tabla 20: Resultados del % remoción de plomo a partir de muestras de cascara de huevo natural de gallina, 8 experiencias con tres repeticiones .....	58
Tabla 21: Resultados de l% remoción de plomo a partir de residuos de cascara de huevo calcinada de gallina-biochar, 8 experiencias con tres repeticiones .....	59
Tabla 22: Resultados de pH para las experiencias de adsorción de plomo de relave Sector A FIGMM UNI usando cascara de huevo natural (CHN) y calcinada de gallina-biochar (CHC) .....	60
Tabla 23: Estadísticos descriptivos de la remoción de plomo de relave Sector A FIGMM UNI usando cascara de huevo natural de gallina (CHN) .....	60
Tabla 24: Estadísticos descriptivos de la remoción de plomo de relave Sector A FIGMM UNI usando cascara de huevo calcinada de gallina-biochar (CHC) .....	61

Tabla 25: Prueba estadística para ajuste de resultados de la remoción de plomo de relave Sector A FIGMM UNI usando cascara de huevo natural de gallina (CHN).....	62
Tabla 26: Prueba estadística para ajuste de resultados de la remoción de plomo de relave Sector A FIGMM UNI usando cascara de huevo calcinada de gallina-biochar (CHC).....	63
Tabla 27: Resumen de aceptación o rechazo de hipótesis general e hipótesis específicas .....	72

## Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1: Diagrama de equilibrio o de Pourbaix del sistema Pb-H <sub>2</sub> O .....	17
Figura 2: Diagrama de equilibrio de Pourbaix del sistema Ca-C-H <sub>2</sub> O.....	18
Figura 3: Ubicación del relave Sector A .....	22
Figura 4: Planta concentradora del relave Sector A FIGMM UNI .....	23
Figura 5: Disposición final del relave Sector A FIGMM UNI .....	24
Figura 6: Homogenización y rompimiento de grumos o trozos apelmazados de muestra de la zona de estudio, con ayuda de una pala .....	26
Figura 7: (a) División en mitades, (b) cuarteo de la muestra y (c) enbolsado muestras representativas .....	27
Figura 8: (a) Forma aproximada de la zona delimitada por el método de cuadrículas del relave Sector A FIGMM UNI .....	28
Figura 9: Toma de las dimensiones de la de la zona delimitada por el método de cuadrículas del relave Sector A FIGMM UNI.....	28
Figura 10: Muestras de relave separadas por tamaños de malla .....	29
Figura 11: (a) Muestra pulverizada pesada y (b) Pesado de uno de los picnómetros vacíos .....	30
Figura 12: Proceso de disolución del mineral y agua en el picnómetro usando una bagueta de aluminio: (a) inicio de llenado de agua, (b) formación de burbujas y (c) rebose de burbujas por la boca .....	31

Figura 13: Equipo multiparámetro: (a) ensayo de la muestra previa calibración del equipo y (b) lecturas de parámetros físicos .....	32
Figura 14: Peso de muestra de relave Sector A FIGMM UNI .....	33
Figura 15: Etapas del proceso: (a) pesado de la muestra, (b) adición de 100 mL de agua destilada, (c) muestra en el agitador magnético y (d) precipitación de la muestra agitada .....	33
Figura 16: Muestras de cascara de huevo natural de gallina: (a) colectadas y embolsadas, y (b) lavadas con agua y detergente .....	35
Figura 17: Muestras de cascara de huevo natural de gallina secadas a temperatura ambiente .....	35
Figura 18: Homogenización de la muestra de cáscara de huevo natural de gallina, de esquina a esquina opuesta .....	36
Figura 19: (a) División en mitades y (b) cuarteo de las muestras de cascara de huevo natural de gallina secadas al ambiente .....	36
Figura 20: Tamizaje de la muestra de cascara de huevo natural de gallina .....	37
Figura 21: Cuarteo de muestra de cascara de huevo .....	38
Figura 22: Calcinación de muestras de cascara de huevo natural de gallina .....	38
Figura 23: Calcinación de muestras de cascara de huevo natural de gallina (cascara de huevo calcinada-biochar) .....	39
Figura 24: Difractograma de muestra de relave Sector A FIGMM UNI .....	48
Figura 25: Imagen MEB de una muestra de relave Sector A FIGMM UNI .....	50

Figura 26: Cuantificación del ESD de un spot/punto d 3531de análisis dentro de la imagen MEB de la Figura 26 .....	51
Figura 27: EDS de un spot/punto d 3531 de análisis dentro de la imagen MEB de la Figura 26 .....	52
Figura 28: TGA y DTG de cascara de huevo y CaCO3 puro .....	53
Figura 29: Espectros de FT-IR de cascara de huevo natural y CaCO3 puro .....	54
Figura 30: Imagen MEB de una muestra de (a) cáscara de huevo natural y (b) calcinada de gallina-biochar .....	55
Figura 31: Análisis de DRX de la muestra de cascara de huevo natural de gallina .....	56

## Lista de Acrónimos

CHC	: Cascara de huevo calcinada – <i>biochar</i>
CHN	: Cascara de huevo natural
DRX	: Difracción de Rayos X
DS	: Decreto Supremo
DTG	: Termogravimetría Derivativa
ECA	: Estándar de Calidad Ambiental
EDS/EDX	: Espectroscopía por Dispersión de Energía
EAA/AAS	: Espectrometría Absorción Atómica
Eh	: Potencial electroquímico en voltios
EPIM	: Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica
FIGMM	: Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
FTIR	: Espectrometría de Infrarrojo por Transformada de Fourier
FRX	: Espectrometría Absorción Atómica
GI	: Grados de libertad
HE	: Hipótesis específica
HE <sub>1</sub> , HE' <sub>1</sub>	: Hipótesis específica 1 alterna
HE <sub>0</sub> , HE' <sub>0</sub>	: Hipótesis específica 1 nula
HE <sub>2</sub> , HE' <sub>2</sub>	: Hipótesis específica 2 alterna
HE <sub>0</sub> , HE' <sub>0</sub>	: Hipótesis específica 2 nula
HE <sub>3</sub> , HE' <sub>3</sub>	: Hipótesis específica 3 alterna

HE3 <sub>0</sub> , HE3' <sub>0</sub>	: Hipótesis específica 3 nula
HG	: Hipótesis general
HG <sub>1</sub>	: Hipótesis general alterna 1
HG <sub>0</sub>	: Hipótesis general nula 1
HG' <sub>1</sub>	: Hipótesis general alterna 2
HG' <sub>0</sub>	: Hipótesis general nula 2
H <sub>0</sub>	: Hipótesis nula
H <sub>1</sub>	: Hipótesis alterna
INGEMMET	: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico
MEB/SEM	: Microscopia Electrónica de Barrido/ <i>Scanning Electronics Microscopy</i>
pH	: Potencial de hidrógeno
RM	: Resolución Ministerial
RPM	: Revoluciones por minuto
TGA	: Análisis termogravimétrico
TMD	: Tonelada métrica día
UNI	: Universidad Nacional de Ingeniería
XRF	: Fluorescencia de Rayos X

## Introducción

La industria de las actividades mineras contribuye en la economía internacional, la cual comprende una gran inversión y demanda de tiempo, por lo cual se debe abordar su proceso de manera sistemática y estructurada debido a la complejidad que esta ofrece (Seeger, 2019).

La minería durante todo el proceso que comprende su ciclo de vida envuelve riesgos ambientales que afectan el hábitat natural y poblacional debido a la contaminación que se da en los componentes del aire, suelo y agua por los productos químicos y metales pesados que deja. Los riesgos que genera la minería son altos, en los países en desarrollo, siendo así los impactos a los componentes ambientales un ítem más significativo (Herion et al., 2020).

Mucho de los países de Asia y Pacífico poseen un desarrollo económico en base a sus recursos mineros además de que son proveedores importantes de una variedad de minerales para los mercados regionales y mundiales. Los principales explotadores de minerales comerciales fueron: Australia, China e India, así como, otros países de la región lograron avances significativos en su desarrollo (Brown, 2002).

América Latina presentó la mayor reserva de hierro, plomo, plata, oro y litio, razón por lo cual se convirtió en un potencial continente para la extracción y beneficio de sus minerales desde hace varias décadas (Survey, 2018).

Perú es un país minero y uno de los más importantes exportadores de minerales comparado con los demás países de América Latina. Resaltando la importancia que tiene la minería en el Perú en los últimos tiempos, a partir del año 1992 el gobierno peruano aprobó el D.L. N°109 "Ley General de Minería" y el D.S N°14 – 92 EM (Olaechea, 1999).

En el Perú, una de las actividades económicas que aporta más del 10% de divisas al PBI e ingresos fiscales por impuestos; es la minería, constituyéndose también en una de las actividades más fiscalizadas por las autoridades competentes (El Peruano, 2020).

Hasta el año 2018, se contaba con 176 minas metálicas en operación con una cantidad desconocida de depósitos de relave por todo el Perú, siendo este un problema muy crítico para el estado, debido a los costos elevados de la supervisión y la falta de tecnología para el manejo de estos pasivos ambientales (MINEM, 2018). Sin embargo, durante el mes de marzo del 2022 se registró un total de 663 unidades mineras que realizaban las actividades de explotación (metálica y no metálica), de las cuales de 663 unidades solo 371 unidades registraron actividades de exploración según lo declarado por el ESTAMIN. De esta manera las unidades mineras que realizan actividades tanto de exploración como explotación sumaron un total de 1,727,890.00 ha, representando el 1.34% del territorio nacional según el Ministerio de Energía y Minas (MEM, 2022).

Debido a estas actividades de exploración y explotación, que se suscitan durante el ciclo de proyecto, se van realizando cierres y se generan instalaciones inactivas que representan una amenaza constante y potencial para la salud de la población y los ecosistemas, especialmente en la etapa de cierre de mina, es por ello, que se deben gestionar adecuadamente el cierre de los depósitos de relaves y otros desechos del proceso de estos componentes, a través de programas de rehabilitación y remediación adecuados (MINEM, 2014).

Por otro lado, la modificación de suelos gracias a los metales pesados incubados que se generan en la actividad minera es siempre un problema a tratar, ya que estos pueden causar cambios físicos y bioquímicos en la estructura de los microorganismos del suelo (Amita Shakya et al., 2020). En ese sentido, los compuestos químicos nocivos que se generan por la actividad minera con el tiempo se depositan en el suelo debido a las

características de retención y absorción que éste presenta - capacidad de intercambio iónico. (Muzafar et al., 2020).

También se sabe que existen diferentes técnicas y métodos, tanto físicos, químicos como biológicos para remediar suelos contaminados con metales. Entre los métodos físicos y químicos más utilizados están: extracción de vapor, solidificación, electrocinética, lavado del suelo, lavado del suelo y estabilización para la recuperación de las propiedades productivas del suelo, por consiguiente, las condiciones de fertilidad del suelo podrían ser bajas y esto no permitiría el crecimiento de las plantas o desarrollo de otras actividades económicas. Por otro lado, el enfoque biológico (biorremediación), que se da a partir de procesos naturales, permite que el suelo pueda recuperar sus características de fertilidad y calidad, ayudando así a que el medio pueda recuperar su estado original, desarrollando de forma ecosostenible la flora y fauna del lugar (Muzafar et al., 2020).

En comparación con otras técnicas de remediación, la biorremediación es una técnica respetuosa con el medio ambiente y económicamente viable, debido a que los microorganismos participantes juegan un papel crucial en este proceso; por lo tanto, su diversidad, abundancia y estructura comunitaria en ambientes contaminados brindan información sobre el destino de cualquier técnica de biorremediación. (Azubuike et al., 2016).

# Capítulo I. Parte introductoria del trabajo

## 1.1 Generalidades

### 1.1.1 Descripción del problema de investigación

Perú es considerado uno de los mayores países exportadores de minerales, tornándolo desde tiempos remotos a la colonia su actividad principal. Como ya fue mencionado, a consecuencia del auge de la industria minera, se han identificado aproximadamente 6903 pasivos ambientales mineros sin contar con algunos que aún no han sido registrados por parte de la Dirección General de Minería (MEM, 2022). Entre estos pasivos se encuentra el pasivo ambiental minero de la FIGMM UNI. Siendo este pasivo, un problema para las actividades recreacionales y el medio ambiente de la comunidad universitaria, es por esto que urge plantear planes de mitigación a corto plazo mediante el uso de métodos no convencionales de remoción de metales pesados a fin de prevenir daños potenciales irremediables. Por lo mismo, el tratamiento de estos pasivos ambientales mineros, usando biomásas como cáscaras de huevo natural o calcinada de gallina-*biochar* u otros materiales económicos y sostenibles aún representa un quehacer no postergable y en consecuencia un gran desafío para la comunidad científica. Debido a esta problemática, se ha encontrado en el uso de las cáscaras de huevo natural de gallina y *biochar* producidos a partir de cáscara de huevo calcinada de gallina, un método eficiente y ecosostenible debido a la alta concentración de  $\text{CaCO}_3$  y  $\text{CaO}$  que presentan respectivamente estos materiales. Es notable, que la capacidad de absorción o remoción de plomo que evidencian estos pasivos se deba a la capacidad de intercambio iónico existente entre el  $\text{Pb (II)}$  contenido en la parte más contaminada del pasivo ambiental minero de la FIGMM UNI (Sector A) y el  $\text{Ca (II)}$  contenido tanto en la cáscara de huevo natural como calcinada de gallina-*biochar*, ya sea en la forma de  $\text{CaO}$  o  $\text{CaCO}_3$ , lo cual puede ser comprobado a través del esbozo de un diagrama de equilibrio pH vs Eh del sistema:  $\text{Pb-Ca-H}_2\text{O}$  (resultante de la intersección de los diagramas de equilibrio o Pourbaix  $\text{Pb-H}_2\text{O}$  y  $\text{Ca-H}_2\text{O}$  ploteados a 298 K y 1M. Además de este sustento técnico,

este trabajo se justifica porque representa una alternativa de biorremediación, remoción de metales pesados y corrector de acidez de suelos de bajo costo ya que promueve la reutilización de biomásas (cáscaras de huevo natural y calcinada de gallina-*biochar*), aplicación de tecnologías no convencionales y ecológicamente hablando sostenible para recuperar y o inmovilizar metales que contaminan suelos urbanos, especialmente el plomo. (Senthil & Gunasundari, 2018). A partir de la problemática es que se hace la siguiente formulación del problema:

¿Las cáscaras de huevo natural y calcinada de gallina-*biochar* tienen capacidad para remover el plomo del relave Sector A FIGMM UNI?

## **1.2 Objetivos del estudio**

### **1.2.1 Objetivo general**

Evaluar la capacidad de remoción de plomo del relave Sector A FIGMM UNI utilizando cáscaras de huevo natural y calcinada de gallina-*biochar*.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Preparar y caracterizar muestras de cáscara de huevo natural (CHN) y cáscara de huevo calcinada de gallina-*biochar* (CHC).
- Determinar la capacidad de remoción del plomo del relave Sector A FIGMM UNI usando cáscara de huevo natural (CHN) y cáscara de huevo calcinada de gallina-*biochar* (CHC).
- Elaborar un diseño de experimentos y planeamiento experimental de las experiencias de remoción del plomo del relave Sector A FIGMM usando cáscara de huevo natural (CHN) y cáscara de huevo calcinada de gallina-*biochar* (CHC).

### **1.3 Hipótesis**

#### **1.3.1 Hipótesis General**

HG<sub>1</sub>: La variación de las variables peso de cáscara de huevo natural de gallina (CHN), tiempo y revoluciones por minuto (RPM) influenciara en el porcentaje de remoción de plomo del relave Sector A FIGMM UNI.

HG<sub>0</sub>: La variación de las variables peso de cáscara de huevo natural de gallina (CHN), tiempo y revoluciones por minuto (RPM) no influenciara en el porcentaje de remoción de plomo del relave UNI Sector A FIGMM.

HG'<sub>1</sub>: La variación de las variables peso de cáscara calcinada de gallina *-biochar* (CHC), tiempo y revoluciones por minuto (RPM) influenciara en el porcentaje de remoción de plomo del relave Sector A FIGMM UNI.

HG'<sub>0</sub>: La variación de las variables peso de cáscara calcinada de gallina *-biochar* (CHC), tiempo y revoluciones por minuto (RPM) no influenciara en el porcentaje de remoción de plomo del relave UNI Sector A FIGMM.

#### **1.3.2 Hipótesis Específicas**

HE<sub>11</sub>: Un incremento del peso de CHN influenciara en el porcentaje de remoción de plomo del relave Sector A FIGMM UNI.

HE<sub>10</sub>: Un incremento del peso de CHN no influenciara en el porcentaje de remoción de plomo del relave Sector A FIGMM UNI.

HE<sub>21</sub>: Un incremento de las RPM influenciara en el porcentaje de remoción de plomo del relave Sector A FIGMM UNI, para las experiencias con CHN.

HE2<sub>0</sub>: Un incremento de las RPM no influenciara en el porcentaje de remoción de plomo del relave Sector A FIGMM UNI, para las experiencias con CHN.

HE3<sub>1</sub>: Un incremento del tiempo influenciara en el porcentaje de remoción de plomo del relave Sector A FIGMM UNI, para las experiencias con CHN.

HE3<sub>0</sub>: Un incremento del tiempo no influenciara en el porcentaje de remoción de plomo del relave Sector A FIGMM UNI, para las experiencias con CHN.

HE1'<sub>1</sub>: Un incremento del peso de CHC influenciara en el porcentaje de remoción de plomo del relave Sector A FIGMM UNI.

HE1'<sub>0</sub>: Un incremento del peso de CHC no influenciara en el porcentaje de remoción de plomo del relave Sector A FIGMM UNI.

HE2'<sub>1</sub>: Un incremento de las RPM influenciara en el porcentaje de remoción de plomo del relave Sector A FIGMM UNI, para las experiencias con CHC.

HE2'<sub>0</sub>: Un incremento de las RPM no influenciara en el porcentaje de remoción de plomo del relave Sector A FIGMM UNI, para las experiencias con CHC.

HE3'<sub>1</sub>: Un incremento del tiempo influenciara en el porcentaje de remoción de plomo del relave Sector A FIGMM UNI, para las experiencias con CHC.

HE3'<sub>0</sub>: Un incremento del tiempo no influenciara en el porcentaje de remoción de plomo del relave Sector A FIGMM UNI, para las experiencias con CHC.

#### 1.4 Antecedentes investigativos

Como se sabe, la cascara de huevo de gallina presenta propiedades ventajosas para el medio ambiente, porque permite la absorción de algunos no metales como el boro (B) resultando ser una técnica efectiva y económicamente factible en la remediación del agua desalinizada. Para analizar la eficiencia de la cáscara de huevo calcinada-*biochar* como absorbente se estudiaron las siguientes variables: pH, concentración inicial y temperatura, siendo el pH el parámetro más importante durante la interacción de los iones de boro ( $B^{+2}$ ) y el área superficial del absorbente. (Ghouti & Salih, 2018).

La utilización de residuos de cascara de huevo de gallina tuvo un efecto positivo sobre la inmovilización de metales en un suelo agrícola contaminado con Cd, Pb y As. Para esto se mezcló una masa de la cáscara de huevo calcinada de gallina -*biochar* en 100g de suelo contaminado secado en un recipiente de plástico en proporciones de 0 (blanco), 1, 3 y 5% en peso. Luego, se añadió agua desionizada al 70%, teniendo como base la capacidad de absorción de agua del suelo y manteniéndose el contenido de humedad mediante una medición periódica de la pérdida de peso. Las muestras de suelo contaminado mezclados con el huevo de gallina calcinado se incubaron durante 30 días, después del cual se analizaron los parámetros de pH, conductividad eléctrica-CE y las concentraciones de Cd, Pb y As. Los aditivos redujeron significativamente la movilidad de Cd y Pb en el suelo tratado en comparación con el control 0 (0% cáscara de huevo de gallina calcinada). La reducción estuvo altamente correlacionada con el pH del suelo atribuyéndosele este resultado a la formación de hidróxidos metálicos insolubles. Estos hallazgos sugirieron que las cáscaras de huevo natural (conteniendo  $CaCO_3$ ) y calcinada de gallina (conteniendo CaO) fueron igualmente efectivas para estabilizar Cd y Pb en un suelo agrícola contaminado. (Lim et al., 2013).

La aplicación de muestras de cáscara de huevo de gallina calcinada alteró la fracción móvil de Cd, Pb y Zn a una fracción menos móvil o inmóvil en los suelos al aumentar el pH del suelo. Esto resultó en una absorción disminuida de Cd, Pb y Zn para la especie vegetal lechuga (*Lactuca sativa*). La cáscara de huevo calcinada de gallina fue

considerada como un agente de inmovilización eficaz para el mejoramiento de las propiedades fisicoquímicas de suelos contaminados con Cd, Pb y Zn (Kim R. et al., 2010).

La eliminación de metales traza en el drenaje ácido de minas utilizando cáscara de huevo de gallina calcinada y la productividad de biomasa en sistemas híbridos de microalgas también fueron estudiados. La cáscara de huevo calcinada de gallina actuó como un neutralizante de la acidez y eliminó de manera parcial los metales pesados que se encontraron en los efluentes del drenaje ácido de mina. El aumento de la materia orgánica fue 8.04 veces mayor que la concentración inicial y la tasa de eliminación del Fe, Cu, Zn, Mn, As y Cd fue de 99.66, 99.47, 99.90, 99.81, 100 y 100% respectivamente (Choi Hee, 2015).

Como es sabido, los *biochars*, son el resultado de la calcinación de cáscaras de huevo de gallina a 800°C, los cuales fueron preparados mediante un proceso de carbonización lenta para ser modificados y luego evaluar la capacidad de adsorción de  $Pb^{2+}$  en soluciones acuosas. Comparando el *biochar* pristino (no modificado) con el modificado, este último presentaba una mayor capacidad de adsorción de  $Pb^{2+}$  debido a que las partículas de cáscara de huevo ( $CaCO_3$ ) precipitaron al  $Pb^{2+}$  en la superficie del *biochar*. Es por este motivo que los *biochars* modificados se usaron como un adsorbente prometedor de bajo costo para recuperar las condiciones de fertilidad de suelos contaminados y efluentes generados que presentan metales pesados y trazas (Wang et al., 2018).

Por otro lado, fueron evaluados en función a su pH correspondiente, la relación de 10 g cáscara de huevo de gallina/kg suelo en tres condiciones de humedad del suelo: inundada, húmeda y seca. El pH del suelo aumentó en 2.42, 2.32 y 1.91 unidades y tornándose casi neutral, o sea: 7.09, 6.99 y 6.58 respectivamente para cada una de las condiciones de humedad estudiadas. La adición de la cáscara de huevo en el suelo condujo a la pérdida significativa de la actividad de los metales pesados. Por otro lado, el contenido intercambiable del Ca aumentó con el incremento de la cantidad de cáscara de

huevo. Por consiguiente, el uso de la cáscara de huevo de gallina se tornó un nuevo método de recuperación de suelos ácidos con presencia de metales (Luo et al., 2018b).

La utilización de cáscara de huevo de gallina para neutralizar los lixiviados de drenaje ácido y contaminantes del vertedero de una mina de carbón fueron también estudiados. Las técnicas de caracterización que se usaron para este estudio fueron: TGA, FTIR, XRF, SEM y EDX; lo cual demostró que la cáscara de huevo presentó cambios fisicoquímicos en su composición después de reaccionar con el drenaje ácido de mina. Las variables del proceso, tales como: tamaño de las partículas, masa y pH; influyeron de manera significativa en el pretratamiento de la cáscara de huevo para la reducción de Fe y Al. Los resultados indicaron que los desechos de cáscara de huevo de gallina podrían agregar valor en la remediación ambiental al servir como un material económico para neutralizar y pretratar los sitios contaminados con drenaje ácido (Muliwa et al., 2018).

Los residuos de huevo de gallina fueron considerados como un posible material absorbente debido a que presentaba la capacidad de remover los iones de  $Pb^{2+}$ . Estudios experimentales demostraron que la concentración y el pH tiene un efecto significativo en la eficiencia de la capacidad de adsorción del plomo usando cáscara de huevo de gallina. También se encontró que el valor de pH más favorable para la adsorción de los iones metálicos estaba entre un rango de pH de 3.5 y 4.5. Se observó que la capacidad de remoción de  $Pb^{2+}$  pudo deberse a la formación de una monocapa del  $Pb^{2+}$  en la superficie de los adsorbentes a través de su capacidad de intercambio de iones correspondiente (Dervinytė, 2020).

Experiencias para determinar la efectividad de residuos de cáscara de huevo de gallina y  $CaCO_3$  en la inmovilización y capacidad de extracción de Cd y Pb en suelos contaminados con metales pesados fueron realizados usando cinco concentraciones de reactantes:  $CaCl_2$  (0.01 M),  $CaCl_2$ (1M), HCl (0.1 M),  $CH_3COOH$  (0.43 M) y EDTA (0.05 M). Se obtuvo como resultado que la capacidad de absorción de Cd y Pb en el suelo contaminado siempre disminuía en respuesta a los tratamientos con  $CaCO_3$  y residuos de cáscara de huevo, independientemente del reactante utilizado. Sin embargo, cuando se

usó  $\text{CaCl}_2$  (1M) como extractor, la concentración de Cd fue la más baja comparada con el  $\text{CaCO}_3$  y cuando se utilizó HCl la concentración de Pb tuvo el valor más bajo de todos. Se concluyó que los desechos de cáscara de huevo de gallina pueden utilizarse como una alternativa al uso de  $\text{CaCO}_3$  para la inmovilización de metales traza que se encontraban en el suelo contaminado (Sik et al., 2011).

Los residuos de cáscara de huevo fueron utilizados para la absorción de metales pesados en aguas ácidas. Se tuvo como resultado la eliminación simultánea de metales pesados, teniendo un % eliminación ( $> 50\%$ ) y una capacidad de eliminación ( $> 8400 \text{ mg/g}$ ) para iones de Fe bajo la reacción alcalina de la cáscara de huevo y una reducción de la acidez en el drenaje ácido de mina. Para tres metales pesados (Fe, Pb y Cd), el lecho de adsorción de cáscara de huevo de gallina mostró la mayor eficiencia de eliminación de  $\text{Pb}^{2+}$  y la menor eficiencia de eliminación de  $\text{Cd}^{2+}$  (Zhang et al., 2017).

Asimismo, cáscara de huevo de gallina fue utilizada en suelos agrícolas que contenían metales pesados, tales como: Cd y Pb. La aplicación de residuos de cáscara de huevo aumentó el pH del suelo debido a su alto contenido de  $\text{CaCO}_3$  (95%) liberando así  $\text{OH}^-$  que posiblemente transformaron el Cd y Pb en una forma más estable o soluble en el suelo. Se concluyó que tanto la concentración de Cd como la de Pb disminuyeron en gran medida al aumentar la concentración de cáscara de huevo, convirtiéndolo así en un método eficaz para mitigar la acidez e inmovilizar los metales pesados del suelo (Lee et al., 2013).

También, la cáscara de huevo de gallina industrial (CES) fue utilizado con la finalidad de disminuir la disponibilidad de Pb y Zn en suelos contaminados. Los resultados demostraron que el CES es un material calcareo eficaz y que presenta relevantes propiedades intrínsecas para la remediación *in situ* de Pb y Zn. También el CES incrementó el pH del suelo a valores superiores a 6 disminuyendo así el riesgo ambiental de "nivel medio" a "nivel bajo" para ambos metales pesados a cualquier tasa de aplicación. Se pudo observar la presencia de materia orgánica en el CES, su contenido podría presentar mayor beneficio en suelos contaminados con metales pesados que requieran la restauración del

nivel de materia orgánica, la cual contribuye así a la calidad y la fertilidad del suelo a largo plazo (Soares et al., 2015).

## Capítulo II. Marcos teórico y conceptual

### 2.1 Marco teórico

#### 2.1.1 Calcinación

Es aquel proceso de descomposición química de un compuesto orgánico por elevación de temperatura que se da en presencia de O<sub>2</sub>, sin embargo, muchas veces este proceso conlleva a elevar la temperatura a compuestos y durante este proceso pueden volatilizarse varios compuestos orgánicos, llevando así a desprenderse mediante la generación de dióxido de carbono - CO<sub>2</sub> (Verheijen et al., 2009).

**Tabla 1**

*Temperaturas de calcinación de materiales orgánicos*

Materia orgánica	Temperatura
Calcinación de biomásas: madera, residuos de cultivo y poda	400 a 700 °C
Calcinación de residuos sólidos urbanos	Alrededor de 800 °C
Calcinación de residuos de animales: huesos, y materia orgánica	500 a 800 °C
Calcinación de materia orgánica de suelo	350 a 550 °C

Fuente: (Luck, 2017)

En la Tabla 1, se muestra las temperaturas que se utilizan de referencia para la calcinación de diferentes tipos de materia orgánica (Luck, 2017).

De acuerdo a la característica y la naturaleza de la composición del material orgánico, este puede acondicionarse a las condiciones específicas de calcinación, sin embargo, la temperatura puede variar significativamente de acuerdo a la composición.

### **2.1.2 Biochar**

Es un residuo sólido con gran cantidad de carbono que se produce cuando se calienta la biomasa como la madera, estiércol u hojas en un recipiente cerrado con poco o en ausencia de oxígeno (Glaser et al., 2002).

Es un sólido carbonoso que presenta una estructura porosa, la cual es producida por la conversión termoquímica de materia orgánica en un ambiente exento de oxígeno (Shackley et al., 2012).

Es un suplemento del suelo que presenta características que permiten la retención de carbono en el suelo, por lo tanto, estas características microporosas permite también la retención de gases de efecto invernadero a corto plazo, lo cual lo convierte en un componente principal para la mitigación del cambio climático (Bracmort, 2010). Debido a las características que presenta también es utilizado para mejorar la calidad del suelo, mitigar la contaminación por nutrientes, metales pesados y minimizar los desechos de biomasa y la generación de energía (Stavi, 2013).

Es el producto secundario obtenido durante varios procesos. Este proceso se da gracias al aumento de temperatura de la materia orgánica. Durante este proceso también se obtienen como subproductos bioaceites y gas de síntesis. Se priorizó el biocarbón (*biochar*) entre los tres productos ya mencionados, debido a que este requiere una menor cantidad de energía y valor económico (Ok et al., 2016).

### **2.1.3 Cascara de huevo de gallina**

La cáscara del huevo de gallina está compuesta por una matriz cálcica con esqueleto orgánico, predominando el calcio en su estructura, por lo tanto, el valor nutricional del huevo es enorme, el peso medio de un huevo es de unos 60 g, de los cuales

la clara constituye el 60% de la cantidad total, la yema de huevo el 30%, la cáscara y la membrana juntas el 10% de la cantidad total. Toda la superficie de la cáscara de huevo de gallina, incluidos los poros, está cubierta por una membrana orgánica que consiste principalmente en proteínas (90%) y una pequeña cantidad de lípidos y carbohidratos (Instituto de Estudios del Huevo, 2009).

La parte externa de la cascara de huevo como barrera bacteriológica y física, se encuentra cubierta en gran parte por una matriz cálcica con un entramado orgánico. El elemento principal que predomina en su estructura es el calcio. También se puede observar dentro de la composición mineralógica otros minerales en pequeñas concentraciones (Instituto de Estudios del Huevo, 2009).

La estructura de la cascara presenta una morfología porosa, la cual se encuentra formada por túneles de manera regular, permitiendo estos el intercambio gaseoso entre la parte interior y la exterior. Las membranas de la cascara presentan una película muy delgada y transparente que se encarga de cubrir al huevo, siendo este recubrimiento el principal responsable de la absorción (Mittal et al., 2016). El huevo tiene la siguiente estructura: cáscara, clara y yema, lo que permite distinguir sus diferentes partes entre sí con una membrana que preserva su integridad (Instituto de Estudios del Huevo, 2009).

Daeik Kim et al, (2020) presentaron una composición química comparativa entre la cáscara de huevo natural como calcinada de gallina mostrada a través de la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Composición de la cáscara de huevo natural y calcinada de gallina-biochar*

Elementos	Natural, %	Calcinada de gallina, %
C	40.64	3.76
O	39.17	40.58
Ca	15.82	49.69

Elementos	Natural, %	Calcinada de gallina, %
P	2.92	2.19
S	0.31	1.18
Na, Mg, Cl, K	1.14	2.60

Fuente: Daeik Kim et al, 2020

Por otro lado, Park Heung et al., (2007), caracterizaron vía DRX tanto la cáscara de huevo natural como calcinada de gallina. Ver Tabla 3.

**Tabla 3**

*Composición elemental de cáscara de huevo natural y calcinada de gallina determinada a través DRX*

Elementos	Natural, %	Calcinada, %	Elementos	Natural, %	Calcinada, %
C	91.94	99.63	P	0.32	0.06
Si	4.30	0.00	Cl	0.25	0.00
Al	1.44	0.00	Sr	0.16	0.16
Na	0.53	0.00	Fe	0.09	0.00
K	0.48	0.14	Zn	0.07	0.00
F	0.42	0.00	Zr	0.01	0.00

Fuente: Park Heung et al, 2007

#### **2.1.4 Pasivos ambientales mineros**

Pasivo ambiental es considerado toda instalación, efluentes, emisiones, remanentes o depósitos de desechos como relaveras que son producidos durante el ciclo de vida de una mina y son abandonadas o no tienen función ninguna una vez que sus actividades cesaron (Reglamento de Pasivos Ambientales de la Actividad Minera, 2005).

#### **2.1.5 Toxicidad del Plomo**

Los elementos metálicos muchas veces producen efectos nocivos que no pueden ser observables a simple vista (Connell et al., 2016). Muchas de las características toxicológicas que presentan los metales y trazas dependen de distintos factores, sin embargo, sus propiedades y características dependen principalmente de las sustancias orgánicas a las que se unen cuando están ya en organismos vivos. Asimismo, la asimilación de metales, debido a la ingesta de grandes concentraciones de estos, se da a

partir de sistemas enzimáticos, cuyos efectos pueden alcanzar a ser muy tóxicos y letales, llevando así a la muerte de ciertos organismos (Thums et al., 2008).

La exposición de metales, entre ellos el Pb, se constituye en uno de los problemas más comunes e importantes en la contaminación del medio ambiente, razón por la cual, este puede generar graves consecuencias para la salud humana y otros seres vivos. Como resultado de su gran versatilidad, extracción y utilización en distintas industrias y comercios, entre ellas, la fabricación de baterías, pigmentos, cerámicos y vidrios, su gran exposición en forma de gases, partículas sólidas y líquidos, pueden contaminar componentes ambientales como: suelo, aire y agua (kuil, 2021).

Por ejemplo, durante el ciclo de vida de una unidad minera se generan grandes cantidades de Pb en los distintos procesos, sin embargo, con el tiempo éste se va acumulando en el medio ambiente generando impactos en las propiedades fisicoquímicas del suelo, agua y aire (Martin, 2009). Las características del Pb lo hace un metal altamente tóxico, y por lo tanto, su uso y exposición excesiva puede generar problemas en niños y adultos afectando principalmente el sistema nervioso central y tracto gastrointestinal (Markowitz, 2000). Los efectos que presenta el Pb en mucho de los seres vivos dependen principalmente de las características físicas, químicas y de la naturaleza del compuesto, siendo estos parámetros los más importantes al momento de calcular la concentración de estos. Las rutas de exposición más comunes se dan mediante inhalación de humos o aire contaminado, ingesta de alimentos contaminados y aguas contaminadas (Navarrete et al., 2004), es por ello que el Pb es uno de los metales que penetra con facilidad en el organismo, siendo las vías más comunes la respiratoria (Ferrer, 2013).

La exposición al Pb puede traer problemas a la salud, especialmente a niños, mujeres embarazadas y trabajadores que se encuentren expuesto a este metal. El Pb puede afectar al sistema nervioso, la función renal y causar daños en la flora y fauna del

ecosistema, afectando de manera directa e indirecta a la biodiversidad y los recursos naturales. Las principales fuentes de exposición de Pb se dan por el aire, agua y suelos contaminados, también se pueden dar por el consumo de alimentos y productos que se encuentren contaminados. Es por ello que se plantea establecer métodos, programas y medidas de control y prevención para así poder mitigar y minimizar la exposición al plomo (Tong et al., 2000).

### **2.1.6 *Diseño de experimento***

El diseño de experimentos es un proceso que implica la planificación para obtener datos que se puedan llegar a cuantificar. Esta metodología permite la modificación de las condiciones de las viables y de qué manera su interacción una a una influye en la obtención de resultados durante su ejecución (SOC consulting Group, 2013).

También es una herramienta estadística que permite la planificación y la reducción del número de experiencias que se pueden realizar al momento del planteamiento experimental. Por lo tanto, la metodología se basa principalmente en la experimentación, llevando así a la modificación de las condiciones para la obtención de resultados de acuerdo con la variabilidad de esta.

La metodología de diseño de experimentos es muy eficiente fundamentalmente en los siguientes campos:

- Cuando se realiza la determinación de las principales causas en la fluctuación de las variables de respuesta.
- Determinación de las condiciones experimentales con las que se pueda describir la variable de interés.
- Comparar las distintas respuestas que se dan al momento de realizar la variabilidad en las variables de estudio.

- Permite determinar predicciones a partir de un modelo matemático basado en datos estadísticos (Estucem, 2016).

Para la elaboración del diseño de experimento se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Identificación de la problemática: Se debe identificar la pregunta que se quiere responder a través del experimento, se debe tener en cuenta que la pregunta permitirá definir cuáles serán las posibles variables de control.
- Identificación de las variables: Las variables son todos aquellos factores que afectan de manera positiva o negativa los resultados que se puedan obtener del experimento. Es importante el control de la variable independiente, ya que estas son las que principalmente se modifican para la obtención de resultados que se dan a partir de la variable independiente y por último la variable de confusión, que son aquellas que pueden interferir entre la relación de la variable dependiente e independiente.
- Selección de la muestra: Se debe tener claro que la muestra de estudio debe ser grande y representativa para que se pueda garantizar la obtención de resultados.
- Asignación de aleatoriedad de los tratamientos: Es importante que se dé la aleatoriedad, con el fin de que esta pueda reducir el efecto de la variable confusión.
- Recopilación de datos: Se debe realizar un correcto registro de datos y la variabilidad que estas tiene.
- Recopilación de datos: Es importante selección todos los datos y evaluar de que maneras estas pueden ser analizados.
- Interpretación de resultados: Por último se deben interpretar correctamente los datos, relacionándolos de manera directa con la pregunta de investigación.

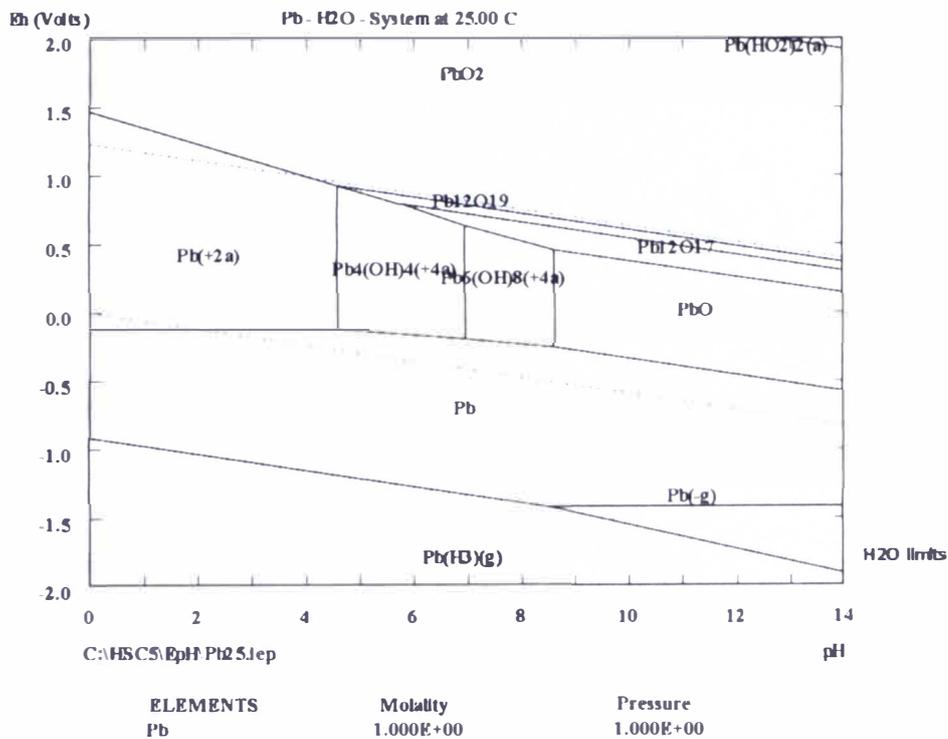
### 2.1.7 Diagrama de equilibrio o de Pourbaix

Los diagramas de *Pourbaix* son un tipo de grafico que permite mostrar las condiciones de Potencial electroquímico-Eh (voltios) y Potencial de hidrógeno-pH bajo las cuales se puede encontrar un compuesto o un elemento químico en particular cuando esta se encuentre en diferentes estados de oxidación. También permite predecir la estabilidad de los compuestos químicos, y como estas pueden interacción en diferentes condiciones (Licencia Creative Commons Atribución Compartir Igual, 2019).

El diagrama de equilibrio o de *Pourbaix* del sistema Pb-H<sub>2</sub>O y Ca-H<sub>2</sub>O, a una temperatura igual 298K (25°C), una presión de 1 atm y una concentración de 1M fue planteado usando el software termodinámico HSC versión 6.1 y es mostrado tanto en la Figura 1 como Figura 2 respectivamente.

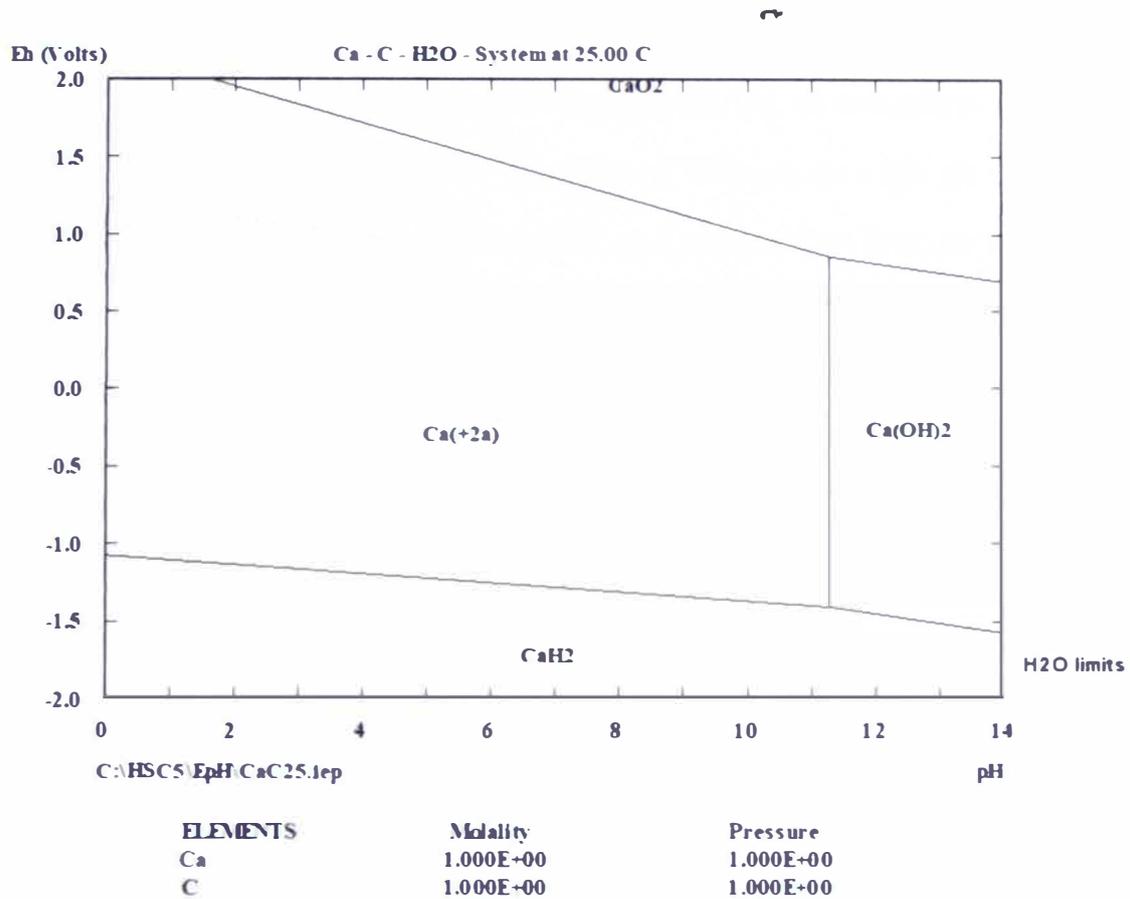
**Figura 1**

Diagrama de equilibrio o de Pourbaix del sistema Pb-H<sub>2</sub>O



**Figura 2**

Diagrama de equilibrio de Pourbaix del sistema Ca-C-H<sub>2</sub>O



## 2.2 Marco conceptual

### 2.2.1 Definición estadística

#### 2.2.1.1 Hipótesis Nula (H<sub>0</sub>)

Es aquella hipótesis por el cual el investigador intenta refutar, analizar o rechazar el concepto establecido bajo ciertas condiciones. El término "nulo" se suele referir al concepto, opinión o visión de algo común (Ibáñez, 2020).

#### 2.2.1.2 Hipótesis Alternativa (H<sub>1</sub>)

Es aquella hipótesis que el investigador realmente desea demostrar, la cual es generada por la causa de un fenómeno o variables a estudiar (Ibáñez, 2020).

### **2.2.2 Ley General del Ambiente**

La ley general del ambiente (Ley N°28611) establece las normas y principios medioambientales que permiten la protección, conservación, restauración y el uso sostenible del medio ambiente y todos los componentes que se encuentran relacionados con esta, con el fin de que se pueda garantizar el derecho de cada persona para un ambiente saludable y un desarrollo sostenible para el país. Con relación a los pasivos ambientales mineros que se generan en el país, la ley establece obligaciones de los titulares de proyectos para que estos puedan plantear, prevenir, controlar, mitigar y remediar los impactos ambientales que se puedan generar durante el ciclo de vida del proyecto, asumiendo así la responsabilidad económica y ambiental por todos los daños que se puedan ocasionar durante el proyecto.

### **2.2.3 Ley de Cierre de Minas**

La ley que regula el cierre de minas (Ley N°28090) establece las normas y aquellos procedimientos que se deben seguir para un correcto cierre de operación que se da durante el ciclo de vida del proyecto y la correcta gestión de los pasivos ambientales que son generados en distintas etapas del proyecto. Esta ley tiene como objetivo garantizar una adecuada gestión y cierre de operaciones mineras, de manera de que ésta pueda minimizar los impactos al medio ambiente. También se establece que todo titular del proyecto tiene la responsabilidad de elaborar y presentar un plan de cierre de minas, donde se pueda contemplar todas las medidas de remediación pertinentes.

### **2.2.4 Estándar de Calidad Ambiental para Suelo**

Perú cuenta con Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelos, esta presenta un reglamento que es el D.S. N°011-2017-MINAM (MINAM, 2017), donde se establecen los parámetros mínimos que debe cumplir el suelo, los cual servirán de guía para el presente proyecto de investigación. Ver Tabla 4.

**Tabla 4**

Valores de los ECA de suelos, según D.S. N°011-2017-MINAM

Parámetros en mg/kg en peso seco	Usos del suelo		
	Suelo agrícola	Suelo residencial/ parques	Suelo comercial/ industrial/ extractivo
Arsénico	50.00	50.00	140.00
Bario total	750.00	500.00	2000.00
Cadmio	1.60	10.00	22.00
Cromo total	0.00	400.00	1000.00
Cromo VI	0.40	0.04	1.40
Mercurio	6.60	6.06	24.00
Plomo	70.00	140.00	800.00
Cianuro libre	0.90	0.90	8.00

Fuente: MINAM, 2017

### 2.2.5 Guía de muestreo de suelo

Se aprueba la Guía para el Muestreo de Suelos mediante la R.M. N°085-2014-MINAM (MINAM, 2014), el cual indica el procedimiento para la determinación de las técnicas de muestreo y el manejo de las muestras.

## **Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación**

### **3.1 Descripción del área de estudio**

#### **3.1.1 Ubicación**

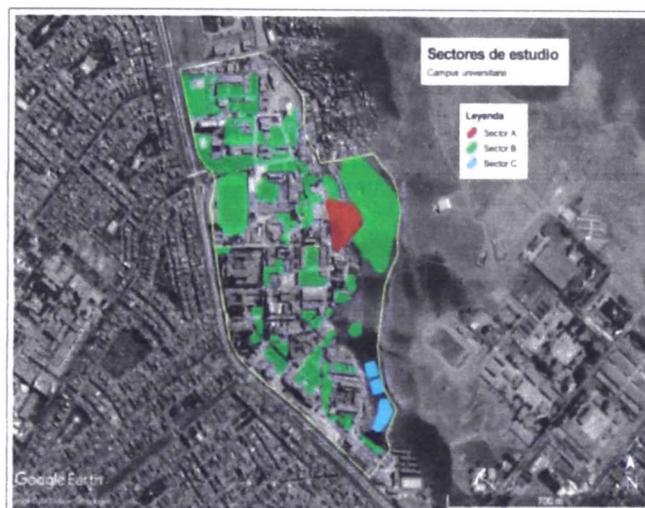
El lugar seleccionado para este estudio fue el Sector A del relave de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica (en adelante, FIGMM), de la Universidad Nacional de Ingeniería (en adelante, UNI), la cual se encuentra ubicada al costado de la Planta Concentradora paralizada y el Pozo de Agua de SEDAPAL UNI, al pie de los cerros de arrastre UNI. Siendo su acceso a través de tanto las puertas 3, 4 y 5 de la UNI, cito en la Av. Tupac Amaru 210 distrito Rímac, provincia y departamento de Lima.

#### **3.1.2 Sector de estudio**

Para realizar la caracterización del lugar, primeramente, se buscó información primaria y secundaria sobre las actividades y las características que presentaba el mencionado depósito de relave FIGMM UNI. El Sector A del relave FIGMM UNI fue seleccionado como zona de estudio debido a que éste evidenció una mayor contaminación de plomo, de acuerdo con Juan Natividad (2019). Este autor realizó una caracterización de este depósito previa división en 3 sectores: A, B y C. El Sector A (Figura 3), presenta un área aproximada de 1 ha, las cuales se dividieron en 8 cuadrículas para la toma de muestra y su posterior caracterización.

### Figura 3

#### Ubicación del relave Sector A



### 3.1.3 Planta concentradora de la FIGMM UNI

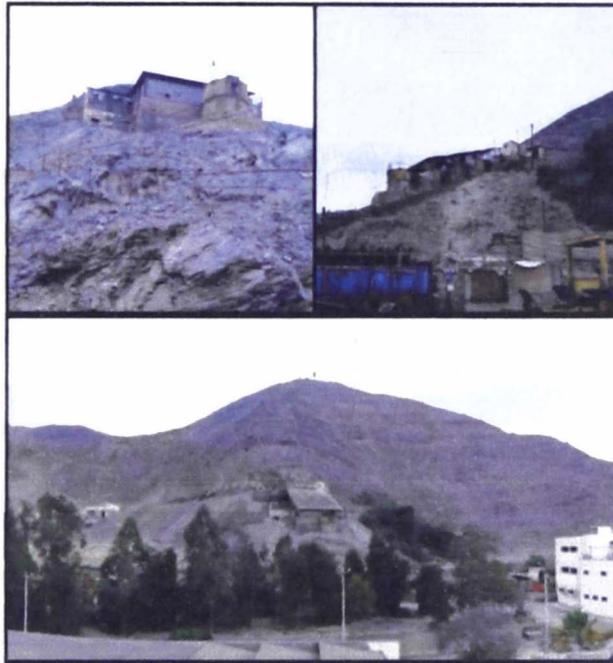
#### 3.1.3.1 Descripción del proceso

En la parte posterior de la FIGMM UNI se encontraba operando años atrás una planta concentradora de minerales que alcanzaba unos 20 TMD de capacidad cuando ésta se abastecía con agua de forma permanente. Esta planta fue adjudicada junto a otros laboratorios a la UNI por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET por los años ochenta y dejó de laborar para el año 2000 por problema ambientales debido a la falta de gestión en la disposición de sus relaves. Dentro de los procesos que se realizaban, se encontraba la concentración de minerales de Cu, Pb, Zn, Ag y Au, algunos provenientes de pequeñas minas de la sierra central del país (López, 2018). Muchos de estos trabajos eran realizados por docentes, tesisistas, practicantes y estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica-EPIM. Debido a esta actividad se formaron relaves que no fueron correctamente tratados para su disposición final en su momento, provocando la contaminación de los suelos donde estos residuos fueron depositados. A la fecha ya existe una frondosa vegetación en la zona A, B y C de diferentes proyectos ambientales (fitorremediación) que han reducido los contenidos de los metales pesados en el relave.

Dentro de las especies arbóreas que se encuentran en la zona A, B y C, están: eucaliptos (*Eucalyptus*), maleza (*Solanum Sisymbriifolium Lam*) y vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) etc. Las fotografías de la planta concentradora de minerales, zona de depósitos de relaves y la actual vegetación existente, son mostradas en la Figura 4.

#### Figura 4

*Planta concentradora del relave Sector A FIGMM UNI*



#### 3.1.3.2 Disposición de relave Sector A FIGMM UNI

El transporte del relave FIGMM UNI se realizó a través de una tubería de PVC de 6" de diámetro que comunicaba la mencionada planta piloto (relave del circuito de flotación *bulk* y limpieza de zinc) con su disposición final (un área constituida por las zonas A, B y C que se encontraba al costado de la planta concentradora, o sea en las laderas del cerro de arrastre de la UNI y parte plana ahora llena de vegetación) (Londoña, 2019). Ver Figura 5.

## Figura 5

*Disposición final del relave Sector A FIGMM UNI*



### 3.2 Muestreo y preparación de la muestra del relave Sector A FIGMM UNI

#### 3.2.1 Plan de muestreo

Para realizar la toma de muestra se tuvo en cuenta la Guía para el Muestreo (MINAM, 2017), por lo cual se estableció una muestra de identificación del tipo compuesta para poder calcular la concentración de metales pesados y trazas que se encontraban en los 5 puntos de la toma de muestra, de los cuales solo las coordenadas geográficas (MS-1 al MS-5), se encuentran mostradas en la Tabla 5. Esta ubicación se realizó de acuerdo con los puntos establecidos a través del uso de un geolocalizador o GPS, según la zonificación.

**Tabla 5**

*Ubicación geográfica de puntos de muestreo del área de estudio*

Código de muestra	Este	Sur
MS-1	277116.00	8670562.00
MS-2	277116.29	8670559.87
MS-3	277116.19	8670558.71
MS-4	277116.12	8670556.91

Código de muestra	Este	Sur
MS-5	277116.46	8670558.28

### **3.2.2 Procedimiento del muestreo o toma de muestra**

La toma de muestras se realizó en el Sector A de relave FIGMM UNI que no estaba cubierta de vegetación (laderas del cerro de arrastre UNI).

La toma de muestras se llevó a cabo a través del método de las cuadrículas, delimitando el área en 16 cuadrículas de 0.9 m x 1.2 m y usando tubos de PVC de 2" de diámetro y 1 m de largo, la cual cumplía la función de barrenos mineros (Figura 6), introduciendo de forma vertical a una profundidad aproximada de 0.2 m y oblicua de 0.3 m hasta por cada cuadrícula. La muestra extraída se depositó en un saco de desmonte que alcanzó aproximadamente 32 kg de muestra total para su posterior homogenizado y cuarteo en el Laboratorio de Hornos y Combustibles de la FIGMM UNI.

#### **3.2.2.1 Homogenización de muestra por "coneo" y cuarteo**

Con la muestra ya tomada en el sector de estudio, se procedió a colocarla en lonas de plástico limpias para luego homogenizarla a través de la formación de conos usando una pala que ayude a romper grumos o trozos apelmazados y que garantice la distribución uniforme del relave desde su vértice del cono formado por este relave como se puede observar en la Figura 7.

## Figura 6

*Homogenización y rompimiento de grumos o trozos apelmazados de muestra de la zona de estudio, con ayuda de una pala*



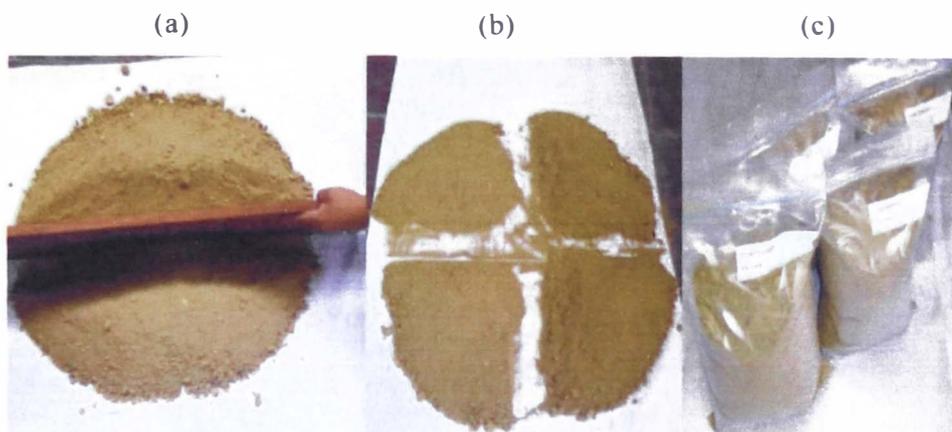
Seguidamente, se realizó la homogenización formando el cono de la muestra total por cuatro veces cambiando el material de una lona o manta de plástica a otra, luego se procedió a realizar el primer cuarteo para separar los cuartos opuestos y mantener en el saco de desmonte original como contramuestra.

Se repitió el procedimiento anterior, para nuevamente cuartear la muestra final y guardar otra contramuestra de las otras partes opuestas no consideradas en la separación anterior en una bolsa de plástico.

Se procedió de nuevo a homogenizar la muestra residual por dos veces a través del "coneo" para finalmente separar cuatro cuartos en bolsas con zip individuales de aproximadamente 2 kg de peso. Ya homogenizada la muestra, se procedió a guardar las muestras para su respectivo análisis químico y físico como se puede observar en la Figura 8.

## Figura 7

(a) División en mitades, (b) cuarteo de la muestra y (c) embolsado muestras representativas

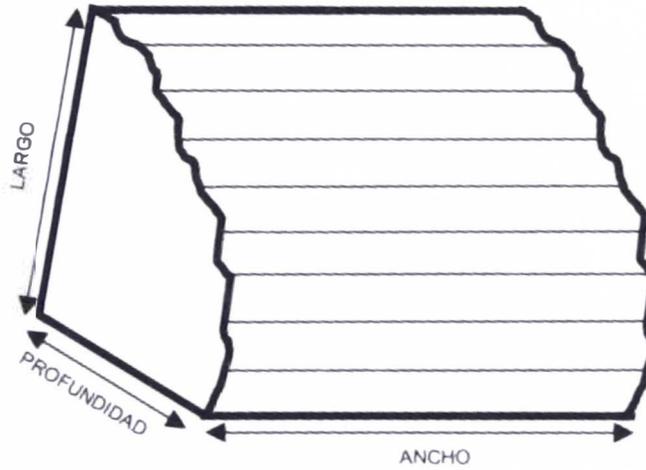


### 3.2.2.2 Cubicación del relave Sector A FIGMM UNI

Previamente al muestreo del relave del Sector A FIGMM UNI, se procedió a tomar las dimensiones aproximadas de la zona de muestreo usando una guincha o cinta métrica de 15 m: largo, ancho y profundidad del área escogida para la extracción de muestras (Ítem 5.1.2), como se ilustra en la Figura 9. Forma aproximada de la zona delimitada por el método de cuadrículas del relave Sector A FIGMM UNI y el la Figura 10. Toma de las dimensiones de la zona delimitada por el método de cuadrícula del relave Sector A FIGMM UNI.

**Figura 8**

*(a) Forma aproximada de la zona delimitada por el método de cuadrículas del relave Sector A FIGMM UNI*



**Figura 9**

*Toma de las dimensiones de la de la zona delimitada por el método de cuadrículas del relave Sector A FIGMM UNI*



### 3.2.3 Determinación de los parámetros físicos de las muestras de relave Sector A FIGMM UNI

#### 3.2.3.1 Análisis granulométrico

Con una de las bolsas de la muestra del relave Sector A FIGMM UNI, se pesaron 1000 g para luego proceder a colocarlos en un ROTAP, con mallas 14, 20, 30, 40, 50, 70 y mallas 100, 140, 200, 270, 400.

Las muestras tamizadas o fracciones granulométricas retenidas en cada una de sus respectivas mallas fueron pesadas para estimar el tamaño medio de las partículas ( $d_{50}$ ) de la muestra del relave Sector A FIGMM UNI (Ver Figura 11).

**Figura 10**

*Muestras de relave separadas por tamaños de malla*



Para efectos de análisis químicos, determinación de DRX y pruebas de % remoción de plomo se procedió a reducir el tamaño de partícula a 100% -140m usando un pulverizador de anillos marca KHD Humboldt Wedag del Laboratorio # 10 de Procesamiento de Minerales y Materiales de la EPIM FIGMM, usando un tiempo de

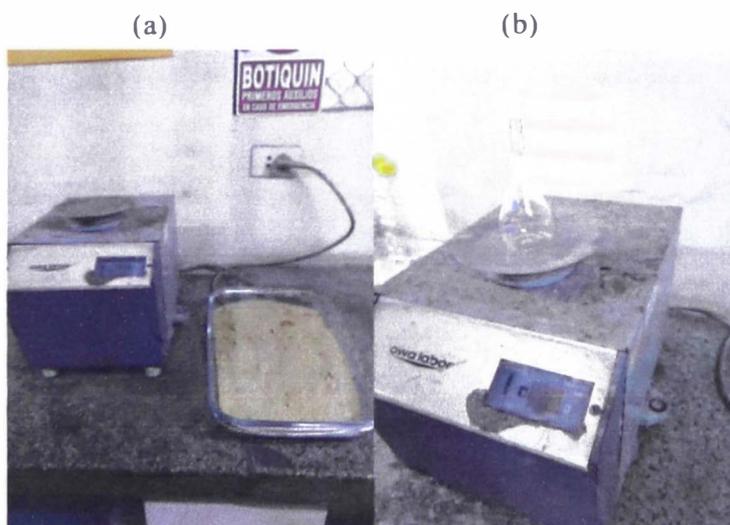
pulverización de aproximadamente 1 a 2 h. Para este objetivo se usó una segunda de las cuatro muestras representativas del relave Sector A FIGMM UNI, guardadas inicialmente en 4 bolsas plásticas de 2 kg aproximadamente. Las etapas del proceso fueron: secado, pulverización, tamizado a un tamaño de partícula de 100% -140m y guardado de las fracciones seleccionadas.

### 3.2.3.2 Determinación de la gravedad específica

Para este procedimiento se usó el método del picnómetro. Luego del secado de los picnómetros junto a las muestras de relave en un horno de secado, se procedió a pulverizar una muestra de aproximadamente 500 g para determinación de gravedad específica, % humedad y pH. Seguidamente se pesaron muestras de relave Sector A FIGMM UNI previamente pulverizado y los picnómetros vacíos (Ver Figura 12).

**Figura 11**

*(a) Muestra pulverizada pesada y (b) Pesado de uno de los picnómetros vacíos*

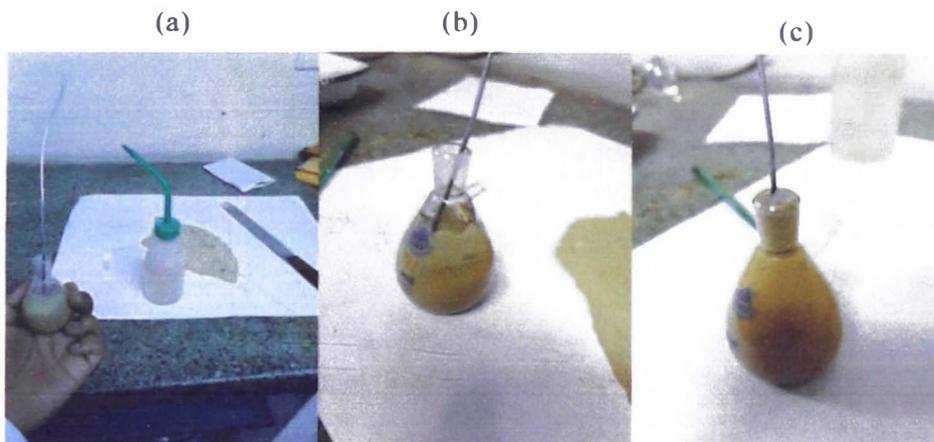


Para determinar la gravedad específica, se procedió a pesar el picnómetro vacío, picnómetros con la disolución de agua y relave, y picnómetros con agua. Se observó la generación de burbujas rebalsando de la boca del picnómetro lo que evidenció la presencia

de insumos químicos, probablemente reactivos de flotación aún activos, en la muestra de relave Sector A FIGMM UNI (Ver Figura 13).

### Figura 12

Proceso de disolución del mineral y agua en el picnómetro usando una bagueta de aluminio: (a) inicio de llenado de agua, (b) formación de burbujas y (c) rebose de burbujas por la boca



La ecuación (1) muestra el cálculo de la gravedad específica:

$$\text{Gravedad específica} = \frac{M - P}{W + M - P - S} \quad (1)$$

Donde:

P = Peso del Picnómetro + tapa

W = Peso del Picnómetro + agua

M = Peso del Picnómetro + mineral

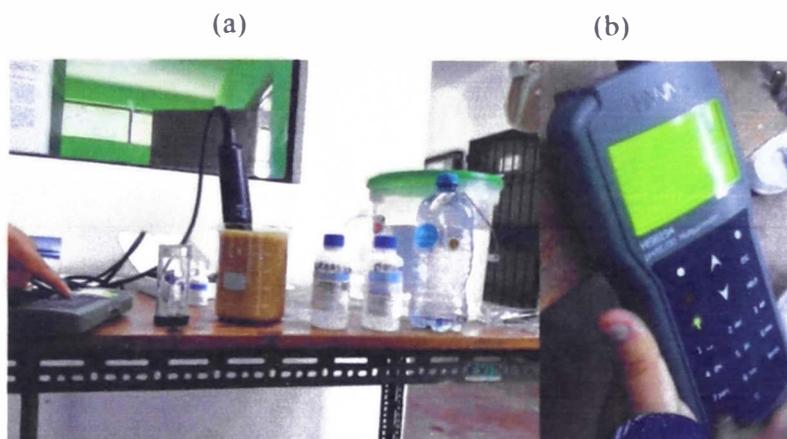
S = Peso del Picnómetro + mineral + agua

#### 3.2.3.3 Mediciones de parámetros físicos con el equipo multiparámetro

De la muestra de relave se pesó 100 g y luego se diluyó en agua destilada hasta 1 L usando un vaso precipitado de la misma capacidad. Luego de realizar la calibración del equipo multiparámetro HANNA HI98194, se tomaron las mediciones correspondientes a los parámetros físicos de la muestra. (Ver Figura 14).

**Figura 13**

*Equipo multiparámetro: (a) ensayo de la muestra previa calibración del equipo y (b) lecturas de parámetros físicos*



### **3.2.4 Preparación y caracterización de las muestras del relave Sector A FIGMM**

#### **UNI**

#### **3.2.4.1 Determinación de la composición química**

Se procedió a realizar la caracterización química de las muestras del relave, para determinar si los contenidos de los metales presentes superaban o no los ECA de suelo.

Una vez tamizada la muestra de relave Sector A FIGMM UNI, se procedió a pesar 10g de la misma para realizar el análisis del contenido de plomo. El experimento se realizó a una temperatura de 21.8°C y 65% de humedad relativa, utilizando la norma de referencia NTP 214.043:2012.

##### **3.2.4.1.1 Preparación de muestra para análisis de plomo**

Una vez caracterizada la muestra del relave, se procedió a pesar una muestra de 1.235 kg para realizar los análisis de plomo, como se muestra en Figura 15.

**Figura 14**

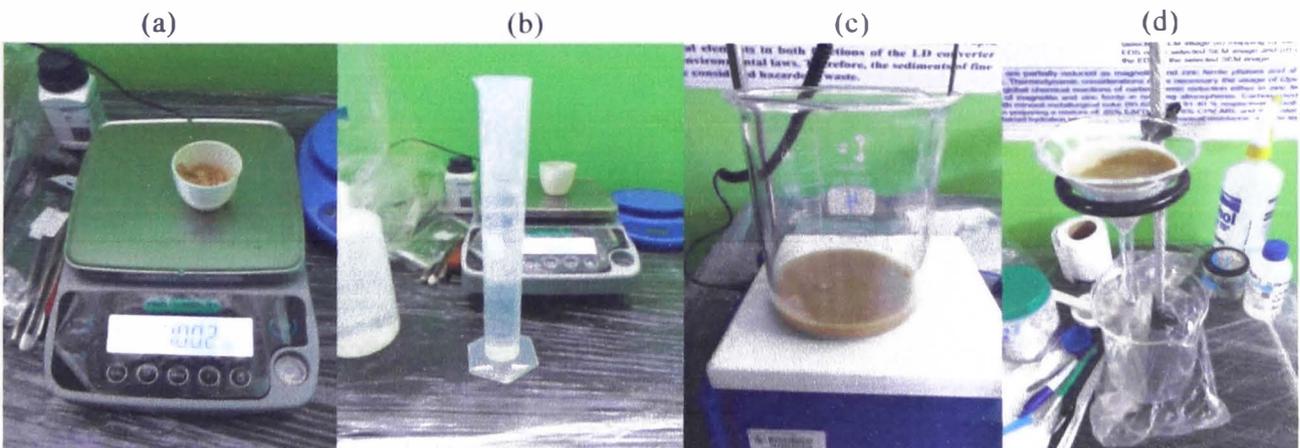
*Peso de muestra de relave Sector A FIGMM UNI*



Luego se pesó 10 g de relave para diluirlo con 100 mL de agua destilada. Una vez mezclado el conjunto en un vaso de precipitado de la misma capacidad, se procedió a dejar la muestra en un agitador magnético (MHS-20D, Daihan) a una velocidad de agitación de 450 RPM por un tiempo de 48 h para luego filtrarlo para ser analizado químicamente por plomo y medir los parámetros físicos de la muestra usando un equipo multiparámetro (HI 98194, HANNA). Las etapas del proceso se pueden observar en la Figura 16.

**Figura 15**

*Etapas del proceso: (a) pesado de la muestra, (b) adición de 100 mL de agua destilada, (c) muestra en el agitador magnético y (d) precipitación de la muestra agitada*



#### **3.2.4.1.2 Análisis de Difracción de Rayos X (DRX)**

Para este efecto se realizó en un difractómetro de rayos X ADVANCE D8, BRUKER. Este equipo escaneó con un goniómetro (radio 240 mm), y los patrones se recogieron en el rango  $2\theta$  de 5° a 90° con un incremento de 0.02° y un tamaño de rendija de divergencia de 0.6°. El difractómetro tiene ánodos de cobre ( $\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$ , Cu K- $\alpha = 1.39225 \text{ \AA}$ , Cu K- $\beta$ ), y funciona con un voltaje de 40 kV y una corriente de 30 mA. Analizamos las fases cristalinas y/o compuestos inorgánicos en las muestras analizadas cualitativa (por comparación con la base de datos ICSD) y cuantitativamente (utilizando el método de Rietveld).

#### **3.2.4.2 Microscopia Electrónica de Barrido (MEB/SEM)**

Para este cometido se utilizó un Microscopio Electrónico de Barrido (MEB/SEM), FEI Quanta 650 SU8230 operando a alto vacío con 80 amperios de corriente y voltaje de 20 kV para analizar la morfología presente en la muestra de relave Sector A FIGMM UNI. El ensayo SEM/MEB estaba equipado con un Espectrómetro de Dispersión de Energía-EDS y los resultados gráficos correspondientes se cuantificaron con el software TEAM. Este equipo pertenece a la FC-UNI.

### **3.3 Preparación y caracterización de la cascara de huevo**

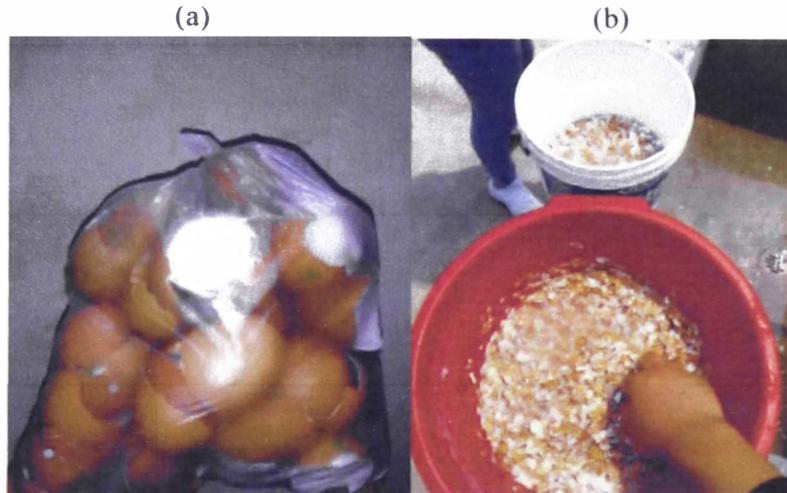
#### **3.3.1 *Preparación de muestras de cascara huevo natural y calcinada de gallina-biochar***

##### **3.3.1.1 Cascara de huevo natural de gallina**

Aproximadamente 3 kg de cáscaras de huevo natural de gallina fueron colectados de desechos del uso doméstico, para luego lavarlas con detergente (Figura 17), y despellejarlas manualmente (retiro de la película que esta entre la cascara y la clara-yema).

**Figura 16**

*Muestras de cascara de huevo natural de gallina: (a) colectadas y embolsadas, y (b) lavadas con agua y detergente*



Luego que se retiró gran parte de los compuestos orgánicos impregnados (películas), se procedió a lavar las muestras con agua destilada.

Ya con la muestra lavada, se dejó secar sobre una manta plástica por un periodo de dos semanas para que luego se pueda proceder con el homogenizado y cuarteo correspondiente como se muestra en la Figura 18.

**Figura 17**

*Muestras de cascara de huevo natural de gallina secadas a temperatura ambiente*



El proceso de homogenización y cuarteo se realizó a través de las siguientes etapas:

1° La homogenización de la muestra se realizó a través de la rotación del material desde una esquina a la otra (esquina diametralmente opuesta), por lo menos quince veces (Figura 19).

### Figura 18

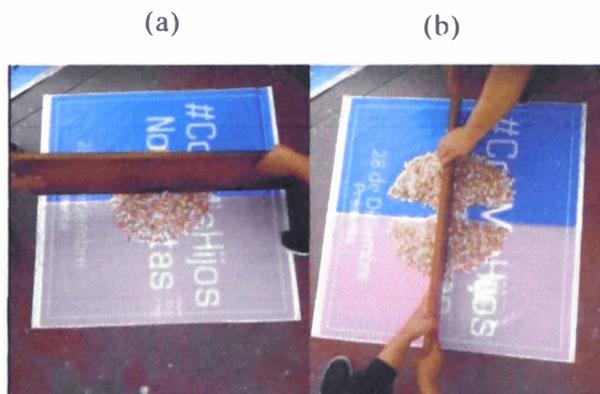
*Homogenización de la muestra de cáscara de huevo natural de gallina, de esquina a esquina opuesta*



2° Seguidamente ayudándonos de una tabla de madera se procedió a realizar la separación de dos partes y luego el cuarteo de la muestra o sea la separación en cuatro partes (Figura 20).

### Figura 19

*(a) División en mitades y (b) cuarteo de las muestras de cascara de huevo natural de gallina secadas al ambiente*



Luego de que las muestras fueron secadas, se procedió a triturarlas en un mortero, para ser tamizada por una malla 100 con el objetivo de obtener muestras con diámetro homogéneo y muy fino (fracciones 100% -100 m) (Figura 21).

## Figura 20

*Tamizaje de la muestra de cascara de huevo natural de gallina*



### 3.3.1.2 Cascara de huevo calcinada de gallina-biochar

Una vez tamizada la muestra de cascara de huevo natural de gallina, se procedió a realizar el cuarteo de la misma (Figura 22) y a colocarlo en 4 crisoles con distintos pesos (Tabla 10). Finalmente, fueron calcinadas en un horno eléctrico tipo mufla de marca FUNDINORT SAC a una temperatura de 950°C durante 3 h (Ver Figura 23).

**Figura 21**

*Cuarteo de muestra de cascara de huevo*



**Figura 22**

*Calcinación de muestras de cascara de huevo natural de gallina*



Una vez que las muestras fueron calcinadas se procedió a retirarlas del horno eléctrico marca FUNDINORT SAC (Figura 24), luego se pesaron cada una de ellas con el objetivo de calcular el peso que no se volatilizó (contenido de óxido de calcio-CaO) y en consecuencia el % pérdida de peso.

El cálculo del % pérdida de peso se realiza en función de la proporción de la diferencia de peso inicial y final calcinada con respecto a la inicial (expresada en porcentaje). Teóricamente, el % pérdida de peso debe ser igual a 45% y se calcula con la fórmula (2) (Hink, 2019).

### Figura 23

*Calcinación de muestras de cascara de huevo natural de gallina (cascara de huevo calcinada-biochar)*



$$\% \text{ Pérdida de peso} = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100 \quad (2)$$

Donde:

$P_i$ : Peso inicial de la muestra antes de la calcinación

$P_f$ : Peso final de la muestra después de la calcinación

### 3.3.2 **Determinación de la composición química de la cascara de huevo natural**

Una vez tamizada la muestra de cascara de huevo natural de gallina, se procedió a pesar 10 g de la misma para el análisis con las siguientes técnicas: Espectrometría de fluorescencia de rayos X-FRX de energía dispersiva con un espectrómetro EDX 800HS, SHIMADZU; espectrofotometría de absorción atómica de llama con un espectrómetro AA 7000, SHIMADZU; espectrofotometría UV-visible con un espectrómetro UV-1800,

SHIMADZU; y analizador elemental. Todos los experimentos se realizaron a temperatura ambiente (22.2 °C) y 65% de humedad relativa.

### **3.3.3 *Análisis termogravimétrico TGA y DTG***

Para los análisis TGA y DTG se utilizó un aparato Perkin Elmer TGA 4000. Las muestras de cascara de huevo natural de gallina se molieron y mecánicamente en morteros hasta alcanzar una granulometría de aproximadamente 100% - 100  $\mu$ m (unos 0.149 mm). La muestra se colocó en un desecador durante 6h antes de las evaluaciones TGA y DTG. A continuación, se analizó 32.971 mg de muestras de cascara de huevo natural de gallina. Los análisis TGA y DTG se programaron de acuerdo con las siguientes condiciones: Velocidad de calentamiento de 3 – 10 °C/min, temperatura inicial y final de 30 y 900°C, periodo isotérmico de 5 min a 900 °C, y flujo de gas inerte de Nitrógeno (N<sub>2</sub>) a 50 mL/min. Para comparar la estimación de la temperatura de descomposición, también la muestra fue calentada entre 30 y 900°C, pero a una velocidad de calentamiento de 10 °C/min durante 5 minutos. Durante la prueba se controlaron tanto el flujo de % pérdida de peso (%/min) vía DTG y la pérdida de peso (%) usando TGA. Se utilizó un estándar de CaCO<sub>3</sub> puro de la base de datos del equipo para comparar el CaCO<sub>3</sub> contenido en la muestra de cascara de huevo natural de gallina.

### **3.3.4 *Espectrometría de infrarrojo por Transformada de Fourier-FTIR***

Se realizaron ensayos FTIR a la muestra de cascara de huevo de gallina. Todos los espectros se obtuvieron en un espectrofotómetro FTIR de afinidad IR Shimadzu con un Miracle ATR de Pike Technologies. Los espectros IR se realizaron en un rango de números de onda de 500 cm<sup>-1</sup> a 4000 cm<sup>-1</sup> con una resolución de 4 cm<sup>-1</sup> y 45 barridos. Se utilizó un estándar de CaCO<sub>3</sub> puro de la base de datos del espectrómetro FTIR para comparar el CaCO<sub>3</sub> contenido en la muestra de cascara de huevo natural de gallina.

### **3.3.5 Difracción de Rayos X-DRX**

Valiéndose de la información técnica usada para la caracterización del relave Sector A FIGMM UNI, se realizó un análisis cualitativo y cuantitativo preliminar de una muestra de cascara de huevo natural de gallina, usando un equipo de DRX marca BRUKER y modelo ADVANCE D8 de la Facultad de Ciencias.

### **3.3.6 Microscopía Electrónica de Barrido (MEB/SEM)**

Se utilizó también un Microscopio Electrónico de Barrido (MEB/SEM), FEI Quanta 650 SU8230 operando a alto vacío con 80 Amp de corriente y voltaje de 20 kV para analizar la morfología presente en la muestra de cascara de huevo natural y calcinada de gallina – *biochar*. El instrumento del SEM/MEB estaba equipado con un Espectrómetro de Dispersión de Energía-EDS y los resultados gráficos correspondientes se cuantificaron con el software TEAM. Este equipo pertenece a la Facultad de Ciencias de la UNI.

## **3.4 Determinación del % de remoción de plomo en muestras de relave Sector A FIGMM UNI usando cascara de huevo natural y calcinado-biochar**

Se procedió a calcular el porcentaje de remoción de plomo a partir de cascara de huevo natural y calcinada de gallina-*biochar* (realizando 8 experiencias, por triplicado) por cada muestra según el diseño de experimentos planteado en la Tabla 6. Las condiciones establecidas para los factores: peso, tiempo y RPM para la cascara de huevo natural y calcinada de gallina-*biochar* como se indica en la Tabla 8 y Tabla 9.

### **3.4.1 Diseño de experimentos**

Para este efecto se procedió a utilizar un diseño de experimentos que involucra el método factorial  $2^3$  para la realización de las pruebas de adsorción de plomo presente en

relave Sector A FIGMM UNI usando muestras de cascara de huevo natural y cascara de huevo calcinada de gallina - *biochar*, como se puede observar en la Tabla 6.

**Tabla 6**

*Diseño de experimentos 2<sup>3</sup> para pruebas de adsorción de plomo usando cáscara de huevo natural y calcinada de gallina-biochar*

Orden del # de corridas de tratamientos	Combinación de códigos estadísticos				Variable dependiente
	X <sub>1</sub> : g muestra de CHN o CHC / 10 g de muestra de relave		X <sub>2</sub> : Tiempo de remoción, h	X <sub>3</sub> : Revoluciones Por Minuto, RPM	Y: % Remoción Pb
	Peso de muestra de CHN o CHC, g	Peso de muestra de relave, g			
1	1.50	8.50	24	225	Y <sub>1</sub>
2	1.50	8.50	24	450	Y <sub>2</sub>
3	1.50	8.50	48	225	Y <sub>3</sub>
4	1.50	8.50	48	450	Y <sub>4</sub>
5	3.00	7.00	24	225	Y <sub>5</sub>
6	3.00	7.00	24	450	Y <sub>6</sub>
7	3.00	7.00	48	225	Y <sub>7</sub>
8	3.00	7.00	48	450	Y <sub>8</sub>

De acuerdo a los diseños de experimentos presentados, se realizó un total de 8 experiencias por cada tipo de cáscara de huevo, natural y calcinado de gallina – *biochar*. Estas a su vez fueron realizadas por triplicado, para así determinar que factor o sinergia múltiples (dos a dos, o tres a tres) de las mismos influye positiva o negativamente en la variable respuesta porcentaje de remoción de plomo.

### **3.4.2 Preparación de las pruebas de remoción de plomo**

Por otro lado, el proceso de preparación de muestras de soluciones acuosas se realizó a través de las siguientes etapas:

- Se pesó en una balanza digital (Alpha Aquaculture) de 200 g de capacidad máxima las muestras de relave Sector A FIGMM UNI, cascara de huevo natural y

calcinado de gallina – *biochar*. Luego que éstas fueron mezcladas una a una (muestras de cascara de huevo natural con relave y cascara de huevo calcinada de gallina-*biochar* con relave), se diluyeron en 100 mL de agua destilada.

- Una vez que se mezcló cada conjunto, se procedió a colocar esta muestra en el agitador magnético (MHS-20D, Daihan) a una velocidad de agitación de 255 y 450 RPM durante un tiempo de 24 y 48 h.
- Después de ser agitada la muestra en el agitador magnético por 24 y 48 h, se procedió a filtrar las muestras usando un papel filtro Whatman de 0.45 µm (Figura 29) para que al final la solución filtrada sea analizada químicamente.

Para mayores detalles de las pruebas de remoción de plomo a partir cascara de huevo natural y calcinada de gallina-*biochar* pueden observar el ANEXO 1 - Fotografías de la realización de pruebas de remoción de plomo a partir de cascara de huevo natural (CHN) y calcinada de gallina-*biochar* (CHC).

En la Tabla 7, se indican los códigos de las experiencias y repeticiones, pesos de cascara de huevo natural (CHN) / calcinada de gallina-*biochar* (CHC), tiempos de agitación en horas, y RPM del equipo de agitación magnética de las 8 pruebas preliminares, denominadas experiencias de remoción de plomo del relave Sector A FIGMM UNI usando muestras de cascara de huevo natural (CHN) y calcinada de gallina-*biochar* (CHC).

**Tabla 7**

Codificación de las experiencias y repeticiones de las pruebas de remoción de plomo usando cáscara de huevo natural y calcinada de gallina-*biochar*

Experiencias	Repeticiones	Pesos de CHN o CHC, g	RPM	Tiempo, h
CHC/CHN-1	CHC/CHN-1.1	1.50	225	24
	CHC/CHN-1.2	1.50	225	24
	CHC/CHN-1.3	1.50	225	24
CHC/CHN-2	CHC/CHN-2.1	1.50	450	24
	CHC/CHN-2.2	1.50	450	24

Experiencias	Repeticiones	Pesos de CHN o CHC, g	RPM	Tiempo, h
	CHC/CHN-2.3	1.50	450	24
	CHC/CHN-3.1	1.50	225	48
CHC/CHN-3	CHC/CHN-3.2	1.50	225	48
	CHC/CHN-3.3	1.50	225	48
	CHC/CHN-4.1	1.50	450	48
CHC/CHN-4	CHC/CHN-4.2	1.50	450	48
	CHC/CHN-4.3	1.50	450	48
	CHC/CHN-5.1	3.00	225	24
CHC/CHN-5	CHC/CHN-5.2	3.00	225	24
	CHC/CHN-5.3	3.00	225	24
	CHC/CHN-6.1	3.00	450	24
CHC/CHN-6	CHC/CHN-6.2	3.00	450	24
	CHC/CHN-6.3	3.00	450	24
	CHC/CHN-7.1	3.00	225	48
CHC/CHN-7	CHC/CHN-7.2	3.00	225	48
	CHC/CHN-7.3	3.00	225	48
	CHC/CHN-8.1	3.00	450	48
CHC/CHN-8	CHC/CHN-8.2	3.00	450	48
	CHC/CHN-8.3	3.00	450	48

### 3.5 Consideraciones estadísticas

Los ajustes estadísticos tuvieron en consideración la validación de tanto la hipótesis general como las específicas a través de prueba estadística, teniendo en cuenta un nivel de significancia del 95%.

### 3.6 Resultados

#### 3.6.1 Determinaciones físicas en muestras de relave Sector A FIGMM UNI

##### 3.6.1.1 Cubicación de la muestra

Las dimensiones del relave Sector A FIGMM UNI seleccionado como zona de estudio fueron: largo: 10.8 m, ancho: 2.4 m y profundidad: 3.7 m, por lo tanto, el volumen aproximado de ésta fue 48 m<sup>3</sup>.

$$V = (10.8 \text{ m} \times 2.4 \times 3.7) / 2 = 48 \text{ m}^3$$

##### 3.6.1.2 Análisis granulométrico

Los resultados obtenidos del análisis granulométrico se indican en la Tabla 8.

**Tabla 8**

*Análisis granulométrico de la muestra del relave Sector A FIGMM UNI*

Malla ASTM (#)	Abertura, ISO		Peso, g	% Peso	% Acum. Peso
	mm	µm			
m14	1.400	1400	28.80	2.88	2.88
m20	0.850	850	11.20	1.12	4.00
m30	0.600	600	9.90	0.99	4.99
m40	0.425	425	21.80	2.18	7.17
m50	0.300	300	51.30	5.13	12.30
m70	0.212	212	112.20	11.22	23.52
m100	0.150	150	126.50	12.65	36.17
m140	0.106	106	110.60	11.06	47.23
m200	0.075	75	88.00	8.80	56.03
m270	0.053	53	60.00	6.00	62.03
m400	0.038	38	41.70	4.17	66.20
-m400	-	-	338.00	33.80	100.00
			1000.00		

El tamaño promedio de partícula-d<sub>50</sub> fue obtenido por interpolación de valores y resultó ser aproximadamente 96.24  $\mu\text{m}$ .

### 3.6.1.3 Gravedad específica

Para determinar la gravedad específica del relave minero en  $\text{kg/m}^3$ , se utilizó la ecuación (1), y los datos de P, W, M y S son mostrados en la Tabla 9.

**Tabla 9**

*Cálculo de la gravedad específica del relave Sector A FIGMM UNI*

N° de Picnómetro	P, Picnómetro + tapa, g	M, Picnómetro + mineral, g	S, Picnómetro + mineral + agua, g	W, Picnómetro + agua, g	Gravedad Específica, $\text{g/cm}^3$
2	33.72	65.46	104.39	83.45	2.94
3	32.50	62.99	101.85	82.05	2.85
Promedio					2.89

Siendo la gravedad específica de  $2890 \text{ kg/m}^3$  y teniendo  $48 \text{ m}^3$  de capacidad se obtiene un total aproximado de  $138720 \text{ kg}$  del relave Sector A FIGMM UNI, en consecuencia, si se ha removido  $32 \text{ kg}$  de muestra, lo cual representa  $0.23\%$  de muestra tomada para esta investigación.

### 3.6.1.4 Parámetros físicos

En la Tabla 10 se observa la determinación de los parámetros físicos de la solución de relave Sector A FIGMM UNI al  $10\%$  ( $10 \text{ g}/100 \text{ mL}$ ).

**Tabla 10***Medición de parámetros físicos de la solución de relave Sector A FIGMM UNI al 10%*

<b>Parámetros físicos</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>
Presión Atmosférica	14549.0000	PSI
Sólidos Disueltos	2953.0000	ppm Td
Temperatura	21.6100	°C
Conductividad	5906.0000	µS/cm
pH	3.4700	pH
Oxígeno Disuelto	88.5000	% OD

**3.6.2 Caracterización de relave Sector A FIGMM UNI****3.6.2.1 Determinación de plomo en la relavera Sector A FIGMM UNI****3.6.2.1.1 Determinación de metales pesados**

En la Tabla 11 se indica la composición química de metales contenidos en la muestra de relave Sector A FIGMM UNI. Mayores detalles de las pruebas se puede observar en el ANEXO 2- Análisis del contenido de metales del relave Sector A FIGMM UNI.

**Tabla 11***Análisis de metales del relave Sector A FIGMM UNI*

<b>Elementos</b>	<b>%</b>	<b>mg/kg</b>
Antimonio, Sb	-	559.37
Arsénico, As	0.83	-
Cadmio, Cd	-	116.88
Cobre, Cu	0.26	-
Cromo, Cr	-	< 2.00
Estaño, Sn	-	< 200.00
Plata, Ag	-	170.27
Plomo, Pb	3.13	313
Selenio, Se	-	< 60.00
Zinc, Zn	-	< 0.80

Elementos	%	mg/kg
Mercurio, Hg	-	< 500.00
Molibdeno, Mo	0.83	-
Antimonio, Sb	< 0.20	-

### 3.6.2.1.2 Determinación de plomo soluble en soluciones acuosas

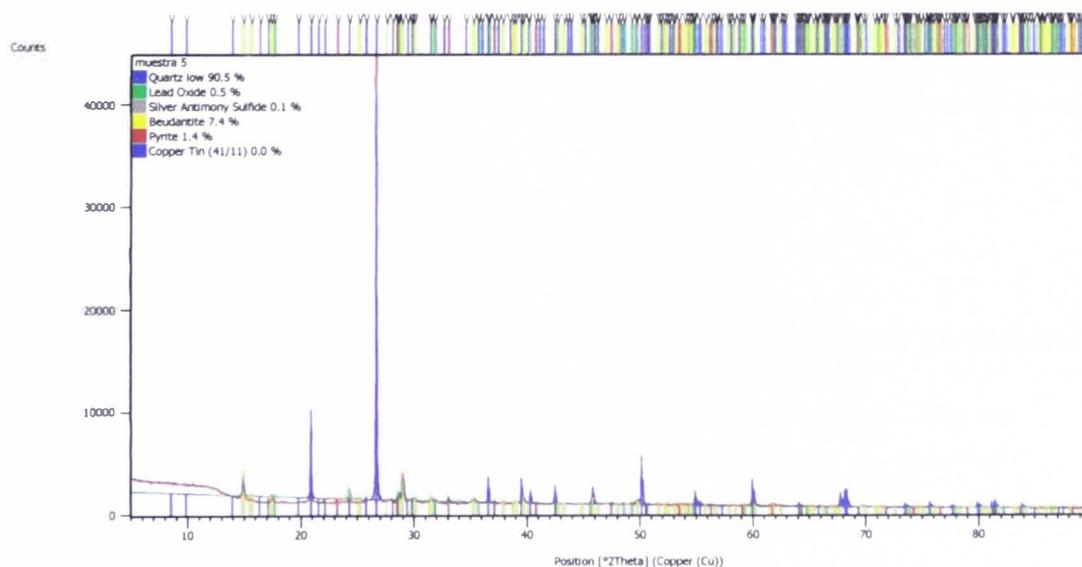
La concentración de plomo en la solución fue de 1.946 ppm como se puede observar en el ANEXO 3 - Análisis del contenido de plomo soluble en la muestra de relave Sector A FIGMM UNI.

### 3.6.2.1.3 Análisis de Difracción de Rayos X-DRX

Los resultados de DRX de la muestra de relave Sector A FIGMM UNI se muestran en la Figura 25.

**Figura 24**

*Difractograma de muestra de relave Sector A FIGMM UNI*



Fuente: (Gómez et al., 2022)

La Tabla 12 muestra un patrón de los compuestos presentes y la Tabla 13 composición química de los mismos. Estos compuestos fueron cuantificados en términos porcentuales por el método de Rietveld del propio programa del equipo de difracción de Rayos X.

**Tabla 12**

*Patrón de compuestos presentes en el difractograma de muestra del relave Sector A FIGMM UNI*

Ref. Código	Puntuación	Nombre del Compuesto	Factor de escala	Formula química
01-087-2096	73	Oxido de Silicio	0.890	SiO <sub>2</sub>
01-085-1289	34	Oxido de Plomo	0.020	PbO
98-060-5711	23	Sulfuro de Antimonio y Plata	0.018	AgS <sub>2</sub> Sb
01-079-2206	38	Plomo Hierro Aluminio Arseniato Sulfato Hidroxido	0.066	Pb (Fe <sub>2.54</sub> Al <sub>0.46</sub> ) (As <sub>1.07</sub> O <sub>4</sub> ) (S <sub>0.93</sub> O <sub>4</sub> ) (OH) <sub>6</sub>
98-001-0422	31	Pirita	0.015	FeS <sub>2</sub>
98-000-0439	21	Cobre Estaño (41/11)	0.008	Cu <sub>41</sub> Sn <sub>11</sub>

Fuente: (Gómez et al., 2022)

**Tabla 13**

*Composición química de compuestos presentes en el difractograma de muestra del relave Sector A FIGMM UNI ajustados por el método de Rietveld*

Compuestos	%
Oxido de Silicio	90.50
Oxido de plomo	0.50
Sulfuro de Plata y Antimonio	0.10

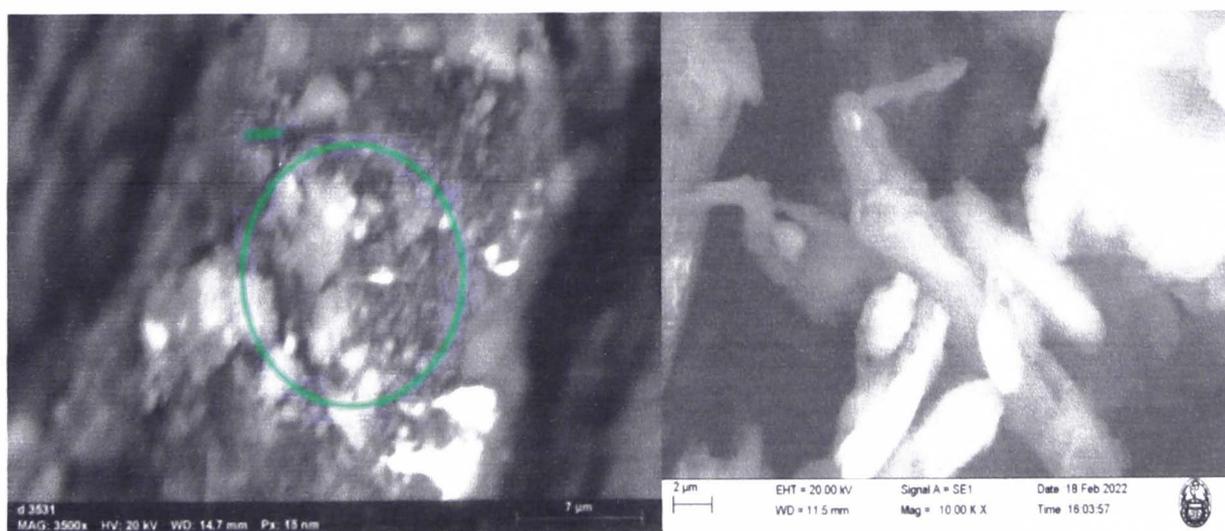
Compuestos	%
Plomo Hierro Aluminio Arseniato Sulfato Hidróxido	7.40
Pirita	1.40
Cobre Estaño (41/11)	0.00
Total	100.0

### 3.6.2.1.4 Microscopia Electrónica de Barrido (MEB/SEM)

La Figura 26 muestra una imagen de la morfología típica observada bajo el lente del MEB perteneciente a la muestra del relave Sector A FIGMM UNI. Las Figuras 27 y 28 muestran estudios morfológicos y cuantitativos en el formato de Espectrometría de Dispersión de Energía-EDS de un área inscrita dentro del círculo verde de la microestructura observada en la muestra del relave Sector A FIGMM mostrada en la Figura 26 como d 3531.

### Figura 25

*Imagen MEB de una muestra de relave Sector A FIGMM UNI*



## Figura 26

Cuantificación del ESD de un spot/punto d 3531de análisis dentro de la imagen MEB de la Figura 26

Element	At. No.	Lines.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [%] (1 sigma)	abs. error [%] (2 sigma)	abs. error [%] (3 sigma)
Carbon	6	K-Serie	532	2.60	2.65	4.59	0.51	1.02	1.53
Oxygen	8	K-Serie	41402	54.22	55.23	71.81	5.98	11.96	17.94
Aluminum	13	K-Serie	11953	3.63	3.70	2.85	0.20	0.40	0.59
Silicon	14	K-Serie	45140	9.95	10.14	7.51	0.45	0.90	1.35
Sulfur	16	K-Serie	28716	8.41	8.57	5.56	0.33	0.65	0.98
Potassium	19	K-Serie	3547	1.29	1.32	0.70	0.06	0.13	0.19
Calcium	20	K-Serie	7864	3.28	3.34	1.73	0.12	0.24	0.36
Manganese	25	K-Serie	1391	0.97	0.99	0.38	0.05	0.10	0.15
Iron	26	K-Serie	10609	8.79	8.95	3.33	0.26	0.51	0.77
Zinc	30	K-Serie	1812	2.80	2.85	0.91	0.10	0.20	0.30
Arsenic	33	K-Serie	599	2.22	2.26	0.63	0.09	0.18	0.26
			<b>Sum</b>	<b>98.17</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>			

### 3.6.2.2 Caracterización de la cascara de huevo natural de gallina

#### 3.6.2.2.1 Composición química

Las concentraciones que se obtuvieron vía absorción atómica de flama son observadas en la Tabla 14. Mayores detalles se puede observar en el ANEXO 4 - Análisis espectral multielemental de cascara de huevo natural (CHN) y calcinada de gallina-*biochar* (CHC).

**Tabla 14**

*Composición química de la cascara de huevo natural de gallina*

Elementos	%	ppm
Calcio, Ca	37.32	-
Silicio, Si	-	0.30
Aluminio, Al	-	0.20
Sodio, Na	-	0.30
Potasio, K	-	0.10
Fluor, F	-	0.02

También se realizó un análisis químico elemental de la muestra de cáscara de huevo natural de gallina vía Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X (Tabla 15).

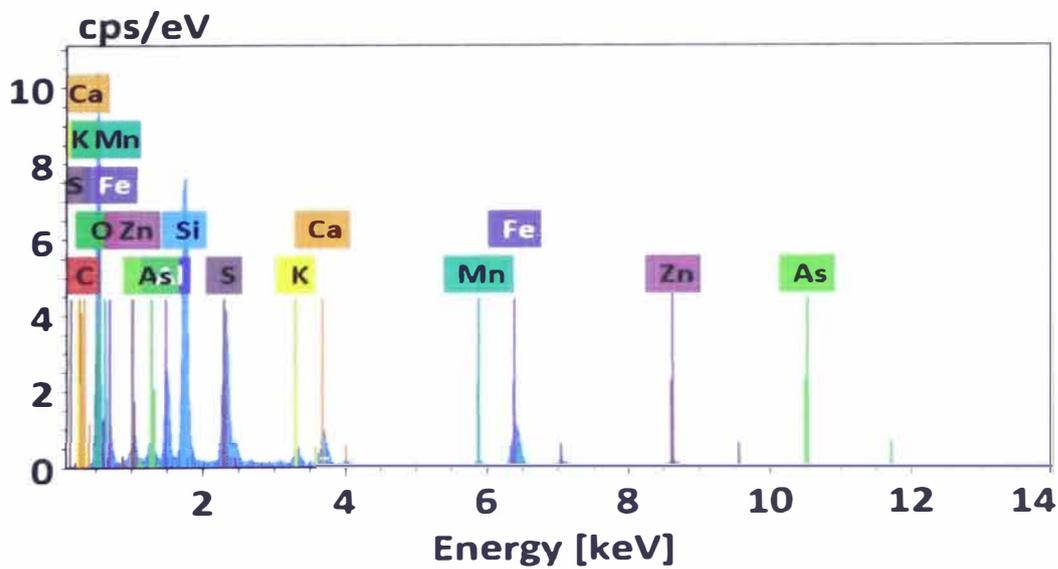
**Tabla 15**

*Composición química de la cascara de huevo natural de gallina*

Elementos	%	ppm
Calcio, Ca	35.52	-
Sodio, Na	-	2853.02
Potasio, K	-	< 10.00
Aluminio, Al	-	< 0.40
Silicio, Si	< 0.20	-

**Figura 27**

*EDS de un spot/punto d 3531 de análisis dentro de la imagen MEB de la Figura 26*



### 3.6.2.2 Estudios termogravimétricos via TGA y DTG

Los resultados de los análisis TGA y DTG de las muestras cascaras de huevo natural de gallina y carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) puro se muestran en la Figura 29 y la Tabla 16.

**Tabla 16**

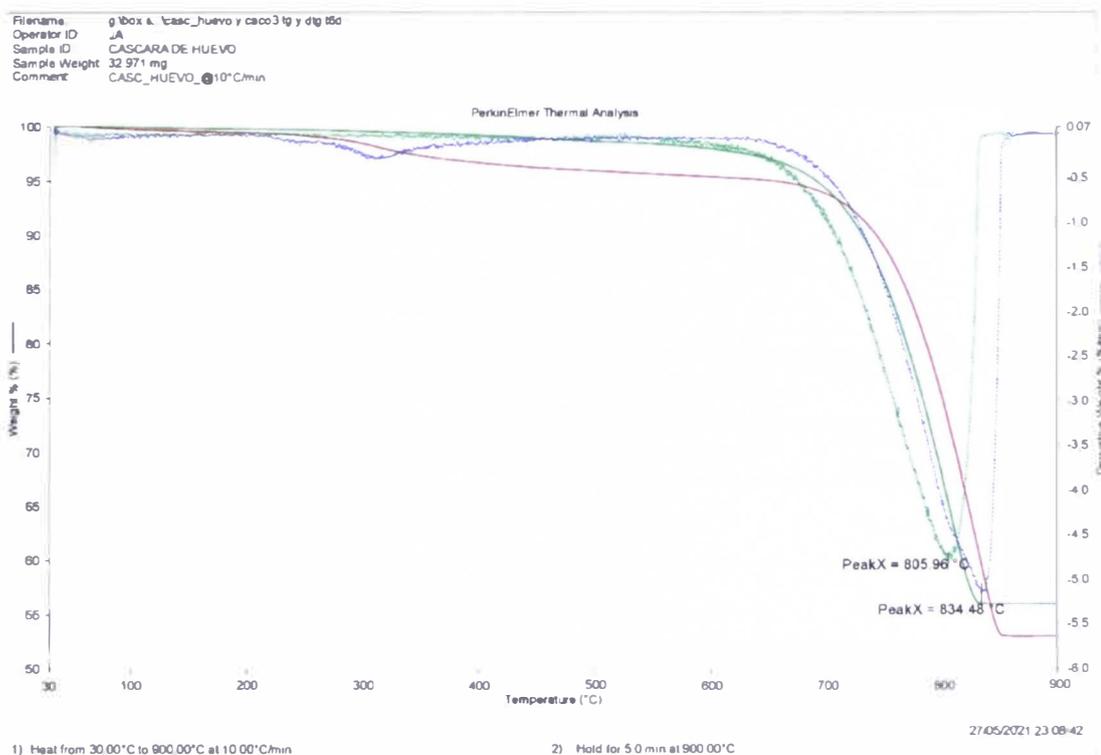
*Resultados TGA y DTG de las muestras de cascara de huevo natural de gallina y del  $\text{CaCO}_3$  puro*

Muestra	Peso inicial, mg	Velocidad de calentamiento, °C/min	TGA		DTG
			Material volátil, %	Pérdida de peso, %	Temperatura de descomposición, °C
Cascara de huevo natural	32.971	10	47.00	53.00	834.48
$\text{CaCO}_3$ puro	32.971	10	44.00	56.00	805.96

Fuente: (Gómez et al., 2022)

**Figura 28**

*TGA y DTG de cascara de huevo y  $\text{CaCO}_3$  puro*



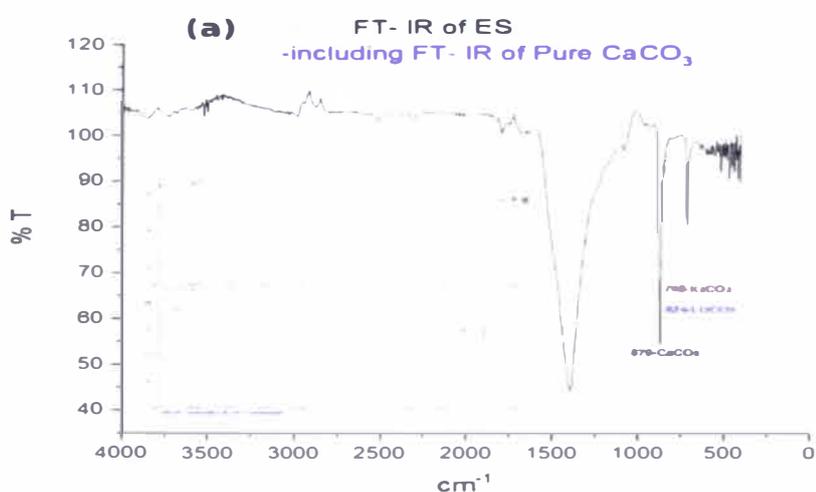
Fuente: (Gómez et al., 2022)

### 3.6.2.2.3 Espectrometría de Infrarrojo por Transformada de Fourier-FTIR

Los espectros FTIR de la cascara de huevo natural de gallina se muestran en la Figura 30 y la Tabla 17 permite observar la información de las bandas FTIR de los principales grupos funcionales presentes tanto en las muestras de cascara de huevo natural de gallina como  $\text{CaCO}_3$  puro según la Biblioteca Shimadzu del equipo.

**Figura 29**

*Espectros de FT-IR de cascara de huevo natural y  $\text{CaCO}_3$  puro*



Fuente: (Gómez et al., 2022)

**Tabla 17**

*Información Biblioteca Shimadzu de las bandas FT-IR de los principales grupos funcionales presentes en las muestras de cascara de huevo natural y  $\text{CaCO}_3$  puro*

Muestras	Numero de onda	Biblioteca Shimadzu	Identificación de los grupos funcionales
Cascara de huevo natural - $\text{CaCO}_3$ puro	807	45 - Polimero 1	PL1, / Poliamida K
Cascara de huevo natural - $\text{CaCO}_3$ puro	798	9 – Inorgánico	D_ $\text{K}_2\text{CO}_3$ / Potasio
Cascara de huevo natural - $\text{CaCO}_3$ puro	788	205 - Productos Químicos Agrícolas	<i>Metildimron / M</i>
Cascara de huevo natural - $\text{CaCO}_3$ puro	784	173 - Productos Agroquímicos	<i>Bethrodine / Bethrodine</i>
Cascara de huevo natural - $\text{CaCO}_3$ puro	778	69 – Polimero	D_Aditivo 7 / Polimero

Muestras	Numero de onda	Biblioteca Shimadzu	Identificación de los grupos funcionales
Cascara de huevo natural -	776	103 - Productos Químicos Agrícolas	Ciprodinilo, / <i>Cyprodinil</i>
CaCO <sub>3</sub> puro	775	179 - Productos Químicos Agrícolas	<i>Piributicarb</i> / Pirita

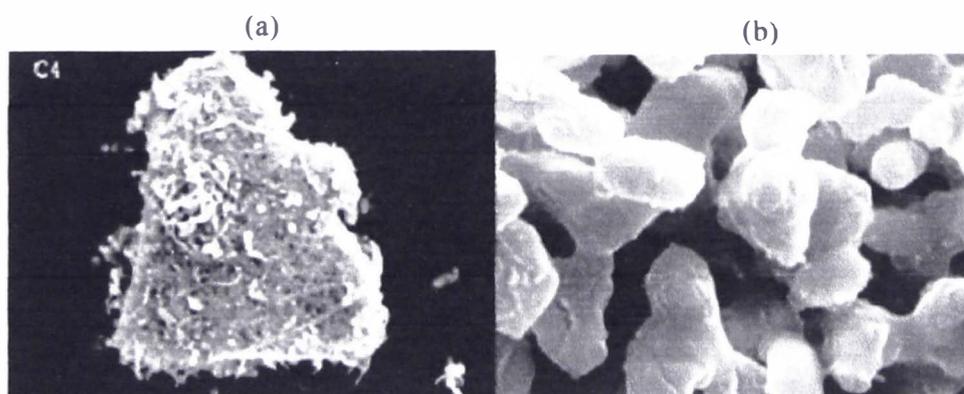
Fuente: (Gómez et al., 2022)

#### 3.6.2.2.4 Microscopia Electrónica de Barrido (MEB/SEM)

La Figura 31 muestra una imagen de la morfología observada bajo el lente del MEB perteneciente a las muestras de cascara de huevo natural y calcinada de gallina - *biochar*. Mayores detalles de tanto del EDS del barrido puntual de los estudios MEB/SEM pueden observarse en el ANEXO 5 - Imágenes de ensayos de Microscopia Electrónica de Barrido (SEM/MEB) de muestras de cascara de huevo natural (CHN) y calcinada de gallina-*biochar* (CHC).

#### Figura 30

Imagen MEB de una muestra de (a) cáscara de huevo natural y (b) calcinada de gallina-*biochar*

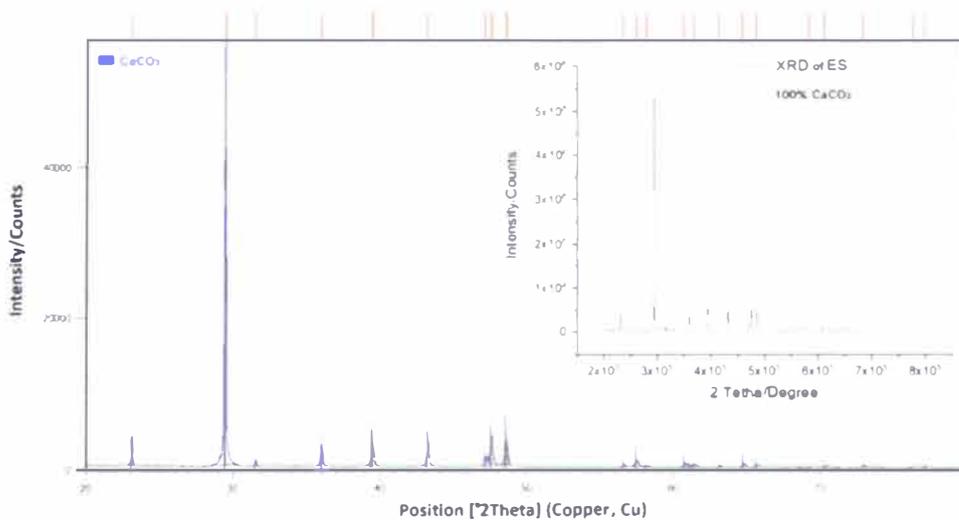


### 3.6.2.2.5 Difracción de Rayos X-DRX

Los resultados del análisis DRX de la muestra de cascara de huevo natural de gallina se muestra en la Figura 31.

**Figura 31**

*Análisis de DRX de la muestra de cascara de huevo natural de gallina*



Fuente: (Gómez et al., 2022)

La Figura 31 muestra la presencia de una única fase mineralógica en la cascara de huevo natural de gallina y CaCO<sub>3</sub>.

### 3.6.3 Caracterización de la cascara de huevo calcinada de gallina-biochar

#### 3.6.3.1 Determinación del % perdida en peso

La Tabla 18 muestra las pérdidas de peso evidenciadas por las muestras de la cascara de huevo natural para transformarse en muestras de cascara de huevo calcinada de gallina-biochar.

**Tabla 18***Pérdidas de peso de muestras de cascara de huevo calcinada de gallina-biochar*

Nº	Peso del crisol, g	Peso de muestra CHN, g	Peso total de CHC + Peso del crisol	Peso de muestra de CHC, g
1	112.00	46.00		
2	109.00	40.00		
3	97.00	38.00	514.00	88.00
4	108.00	37.00		
Total	426.00	161.0	514.00	88.00

La pérdida de peso experimentada alcanzó el 45.34%.

### 3.6.3.2 Composición química

La composición química de la cascara de huevo calcinada de gallina se observa en la Tabla 19. Ver ANEXO 4 - Análisis espectral multielemental de cascara de huevo natural (CHN) y calcinada de gallina-biochar (CHC).

**Tabla 19***Composición de la cascara de huevo calcinada de gallina*

Compuestos	%
CaO	53.60
CaCO <sub>3</sub>	95.71

### 3.6.4 Porcentaje de remoción de plomo a partir de cascara de huevo natural y calcinada de gallina-biochar

En la Tabla 20 y Tabla 21 se observan los resultados obtenidos de remoción de plomo a partir de tanto muestras de cascara de huevo natural (CHN) como de las calcinadas de gallina-biochar (CHC), respectivamente. Ver detalles de los resultados de análisis químico de plomo en el ANEXO 6 - Análisis químicos para la remoción de plomo

de relave Sector A FIGMM UNI usando cascara de huevo natural (CHN) y calcinada de gallina-biochar (CHC).

**Tabla 20**

*Resultados del % remoción de plomo a partir de muestras de cascara de huevo natural de gallina, 8 experiencias con tres repeticiones*

Experiencias	Repeticiones	Peso de muestra de CHN, g	RPM	Tiempo, h	Blanco, ppm	Resultado, ppm	Diferencia	% Remoción Pb
CHN-1	CHN-1.1	1.5	240	24	1.946	0.410	1.536	78.930
	CHN-1.2	1.5	240	24	1.946	0.450	1.496	76.880
	CHN-1.3	1.5	240	24	1.946	0.430	1.516	77.900
CHN-2	CHN-2.1	1.5	450	24	1.946	0.390	1.556	79.960
	CHN-2.2	1.5	450	24	1.946	0.420	1.526	78.420
	CHN-2.3	1.5	450	24	1.946	0.450	1.496	76.880
CHN-3	CHN-3.1	1.5	240	48	1.946	0.380	1.566	80.470
	CHN-3.2	1.5	240	48	1.946	0.430	1.516	77.900
	CHN-3.3	1.5	240	48	1.946	0.450	1.496	76.880
CHN-4	CHN-4.1	1.5	450	48	1.946	0.400	1.544	79.350
	CHN-4.2	1.5	450	48	1.946	0.360	1.583	81.360
	CHN-4.3	1.5	450	48	1.946	0.460	1.485	76.320
CHN-5	CHN-5.1	3.0	240	24	1.946	0.370	1.581	81.240
	CHN-5.2	3.0	240	24	1.946	0.360	1.586	81.500
	CHN-5.3	3.0	240	24	1.946	0.330	1.616	83.040
CHN-6	CHN-6.1	3.0	450	24	1.946	0.340	1.603	82.350
	CHN-6.2	3.0	450	24	1.946	0.320	1.627	83.600
	CHN-6.3	3.0	450	24	1.946	0.310	1.639	84.200
CHN-7	CHN-7.1	3.0	240	48	1.946	0.410	1.536	78.930
	CHN-7.2	3.0	240	48	1.946	0.370	1.576	80.990
	CHN-7.3	3.0	240	48	1.946	0.360	1.589	81.650
CHN-8	CHN-8.1	3.0	450	48	1.946	0.310	1.638	84.170
	CHN-8.2	3.0	450	48	1.946	0.290	1.656	85.100
	CHN-8.3	3.0	450	48	1.946	0.320	1.626	83.560

**Tabla 21**

*Resultados de 1% remoción de plomo a partir de residuos de cascara de huevo calcinada de gallina-biochar, 8 experiencias con tres repeticiones*

Experiencias	Repeticiones	Peso de muestra de CHC, g	RPM	Tiempo, h	Blanco, ppm	Resultado, ppm	Diferencia	% Remoción Pb
CHC-1	CHC-1.1	1.5	225	24	1.946	0.320	1.625	83.500
	CHC-1.2	1.5	225	24	1.946	0.330	1.615	83.000
	CHC-1.3	1.5	225	24	1.946	0.350	1.600	82.200
CHC-2	CHC-2.1	1.5	450	24	1.946	0.310	1.640	84.300
	CHC-2.2	1.5	450	24	1.946	0.290	1.658	85.200
	CHC-2.3	1.5	450	24	1.946	0.320	1.623	83.400
CHC-3	CHC-3.1	1.5	225	48	1.946	0.330	1.619	83.200
	CHC-3.2	1.5	225	48	1.946	0.370	1.580	81.200
	CHC-3.3	1.5	225	48	1.946	0.380	1.563	80.300
CHC-4	CHC-4.1	1.5	450	48	1.946	0.210	1.736	89.210
	CHC-4.2	1.5	450	48	1.946	0.230	1.716	88.180
	CHC-4.3	1.5	450	48	1.946	0.190	1.756	90.240
CHC-5	CHC-5.1	3.0	225	24	1.946	0.170	1.775	91.200
	CHC-5.2	3.0	225	24	1.946	0.190	1.757	90.300
	CHC-5.3	3.0	225	24	1.946	0.150	1.800	92.500
CHC-6	CHC-6.1	3.0	450	24	1.946	0.160	1.790	92.000
	CHC-6.2	3.0	450	24	1.946	0.130	1.818	93.400
	CHC-6.3	3.0	450	24	1.946	0.170	1.781	91.500
CHC-7	CHC-7.1	3.0	225	48	1.946	0.130	1.819	93.450
	CHC-7.2	3.0	225	48	1.946	0.030	1.917	98.500
	CHC-7.3	3.0	225	48	1.946	0.150	1.798	92.400
CHC-8	CHC-8.1	3.0	450	48	1.946	0.090	1.860	95.600
	CHC-8.2	3.0	450	48	1.946	0.050	1.900	97.650
	CHC-8.3	3.0	450	48	1.946	0.050	1.892	97.200

Luego de obtener los porcentajes de remoción de plomo se determinaron los parámetros físicos mediante un equipo multiparámetro (HI 98194, HANNA), lo cual permitió estudiar cómo influye el potencial de hidrógeno (pH) en distintas concentraciones para la cascara de huevo natural y calcinada de gallina-biochar. En la Tabla 22 se indican los valores de pH tomados de las ocho experiencias con tres repeticiones.

**Tabla 22**

Resultados de pH para las experiencias de adsorción de plomo de relave Sector A FIGMM UNI usando cascara de huevo natural (CHN) y calcinada de gallina-biochar (CHC)

Experiencias	pH	Experiencias	pH
CHC-1	8.25	CHN-1	7.78
CHC-2	9.13	CHN-2	8.05
CHC-3	9.35	CHN-3	7.98
CHC-4	9.65	CHN-4	8.44
CHC-5	9.95	CHN-5	9.98
CHC-6	9.26	CHN-6	10.21
CHC-7	10.35	CHN-7	10.92
CHC-8	12.30	CHN-8	11.62

Estos resultados que se llevaron a cabo en rangos básicos de pH corroboraron la existencia de especies solubles tanto de Pb:  $Pb^{+2}$ ,  $Pb_6OH_8^{+4}$ ,  $Pb_{12}O_{19}^{-14}$ ,  $Pb_{12}O_{17}^{-10}$  y  $PbO$  como de Ca:  $Ca^{+2}$ ,  $Ca(OH)_2$  y  $CaO$ , tal como se muestra en los diagramas de equilibrio o Pourbaix de los sistemas Pb - H<sub>2</sub>O (Figura 1) y Ca - H<sub>2</sub>O (Figura 2), respectivamente.

### 3.6.5 Prueba estadística

En la Tabla 23 y Tabla 24 se observan los estadísticos descriptivos y en la Tabla 25 y Tabla 26 se observa la prueba estadística para las experiencias de remoción de plomo usando muestras de cascara de huevo natural y calcinada de gallina-biochar.

**Tabla 23**

Estadísticos descriptivos de la remoción de plomo de relave Sector A FIGMM UNI usando cascara de huevo natural de gallina (CHN)

Peso de CHN, g	Tiempo, h	RPM	Media	Desv. Desviación	N
1.5	24	225	77.9033	1.02500	3
		450	78.4200	1.54000	3
			78.1617	1.20373	6
	48	225	78.4167	1.84993	3
		450	79.0100	2.53714	3
			78.7133	2.01230	6

Peso de CHN, g	Tiempo, h	RPM	Media	Desv.	N
				Desviación	
3.0	Subtotal 1	225	78.1600	1.36682	6
		450	78.7150	1.90471	6
			78.4375	1.60693	12
	24	225	81.9267	0.97290	3
		450	83.3833	0.94384	3
			82.6550	1.17111	6
	48	225	80.5233	1.41878	3
		450	84.2767	0.77552	3
			82.4000	2.29608	6
	Subtotal 2	225	81.2250	1.33214	6
		450	83.8300	0.91451	6
			82.5275	1.74285	12
24	225	79.9150	2.37803	6	
	450	80.9017	2.94879	6	
		80.4083	2.60546	12	
Total	225	79.4700	1.87229	6	
	450	81.6433	3.33718	6	
		80.5567	2.81847	12	
Subtotal 3	225	79.6925	2.05375	12	
	450	81.2725	3.02731	12	
		80.4825	2.65548	24	

**Tabla 24**

*Estadísticos descriptivos de la remoción de plomo de relave Sector A FIGMM UNI usando cascara de huevo calcinada de gallina-biochar (CHC)*

Peso de CHC, g	Tiempo, h	RPM	Media	Desv.	N
				Desviación	
1.5	24	225	82.9000	0.65574	3
		450	84.3000	0.90000	3
			83.6000	1.04115	6
	48	225	81.5667	1.48436	3
		450	89.2100	1.03000	3
			85.3883	4.33957	6
	Subtotal 1	225	82.2333	1.25963	6
		450	86.7550	2.82503	6
			84.4942	3.15038	12
3.0	24	225	91.3333	1.10604	3
		450	92.3000	0.98489	3
			91.8167	1.07595	6

Peso de CHC, g	Tiempo, h	RPM	Media	Desv. Desviación	N
		225	94.7833	3.26126	3
	48	450	96.8167	1.07742	3
			95.8000	2.44111	6
	Subtotal 2	225	93.0583	2.88347	6
		450	94.5583	2.64053	6
			93.8083	2.74994	12
	24	225	87.1167	4.69017	6
		450	88.3000	4.46229	6
			87.7083	4.40815	12
Total	48	225	88.1750	7.58550	6
		450	93.0133	4.27166	6
			90.5942	6.39007	12
	Subtotal 3	225	87.6458	6.03812	12
		450	90.6567	4.83775	12
			89.1512	5.56730	24

**Tabla 25**

*Prueba estadística para ajuste de resultados de la remoción de plomo de relave Sector A FIGMM UNI usando cascara de huevo natural de gallina (CHN)*

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	126.719	7	18.103	8.167	<0.001
Intersección	155458.387	1	155458.387	70131.735	<0.001
Cascara de huevo natural de gallina (CHN)	100.369	1	100.369	45.279	<0.001
Revoluciones por minuto (RPM)	14.978	1	14.978	6.757	0.019
Tiempo	0.132	1	0.132	0.060	0.810
CHN * RPM	6.304	1	6.304	2.844	0.111
CHN * Tiempo	0.976	1	0.976	0.440	0.516
RPM * Tiempo	2.112	1	2.112	0.953	0.344
CHN * RPM * Tiempo	1.848	1	1.848	0.834	0.030
Error	35.467	16	2.217		
Total	155620.573	24			
Total corregido	162.186	23			

**Tabla 26**

*Prueba estadística para ajuste de resultados de la remoción de plomo de relave Sector A FIGMM UNI usando cascara de huevo calcinada de gallina-biochar (CHC)*

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	675.892	7	96.556	41.767	<0.001
Intersección	190750.689	1	190750.689	82512.505	<0.001
Cascara de huevo calcinada de gallina - biochar (CHC)	520.522	1	520.522	225.161	<0.001
Revoluciones por minuto (RPM)	54.391	1	54.391	23.528	<0.001
Tiempo	49.968	1	49.968	21.615	<0.001
CHC * RPM	13.696	1	13.696	5.924	0.027
CHC * Tiempo	7.227	1	7.227	3.126	0.096
RPM * Tiempo	20.039	1	20.039	8.668	0.010
CHC * RPM * Tiempo	10.049	1	10.049	4.347	0.037
Error	36.988	16	2.312		
Total	191463.569	24			
Total corregido	712.880	23			

## Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados

### 4.1 Análisis de la composición química del relave Sector A FIGMM UNI

#### 4.1.1 Análisis Difracción de Rayos X-DRX

Los patrones de difracción más característicos en el difractograma de muestra de relave Sector A FIGMM UNI (Figura 25) fueron los de color azul y que corresponden al óxido de silicio (90.5%), cuando se esperaba que lo sea el óxido de plomo (0.5%). Adicionalmente la especie mineralógica *beudantite* o  $PbFe_3(OH)_6SO_4AsO_4$  evidencia un significativo 7.4%, lo cual también la constituye una mena de plomo.

#### 4.1.2 Análisis de plomo del relave Sector A FIGMM UNI

La Tabla 13, denota que la concentración de Pb en la muestra de relave Sector A FIGMM UNI fue de 3.13% o 313 mg/kg. Este contenido de plomo superaba los parámetros establecidos por el D.S. N° 011-2017-MINAM, ya que este no debe superar la concentración de 140 mg/kg para el tipo de suelo residencial / parques.

### 4.2 Análisis de la composición química de la cascara de huevo natural y calcinada de gallina -biochar

#### 4.2.1 Cascara de huevo natural de gallina

##### 4.2.1.1 Composición química

Las muestras de cascara de huevo natural de gallina contienen principalmente Ca (Tabla 15). Este contenido es inferior a la cantidad estequiométrica (40.00%). En 100 g (peso molecular del  $CaCO_3$ ) de cascara de huevo, el contenido de  $CaCO_3$  se aproxima al 91.05%. Este valor es similar al contenido habitual de  $CaCO_3$  encontrado en la composición química de cascara huevo natural de gallina, que alcanzó un 93.6% (Perez et al., 2018).

#### **4.2.1.2 Estudios termogravimétricos vía TGA y DTG**

En la Figura 30, la DTG de la cascara de huevo natural de gallina (línea azul) y del  $\text{CaCO}_3$  puro (línea verde) presentan picos a 834.48 y 805.96°C respectivamente. También se ha observado que la temperatura de descomposición de la muestra de cascara de huevo natural de gallina es superior a la muestra patrón del  $\text{CaCO}_3$  puro (temperatura de descomposición teórica está entre 700 y 750°C). Además, el TGA de ambas muestras mostró una pequeña desviación entre las líneas rojas (cascara de huevo natural) en relación con las líneas verdes ( $\text{CaCO}_3$  puro) (Figura 30). Esto tuvo lugar a cerca de 250 °C y puede deberse a las impurezas presentes en la muestra de cascara de huevo natural (Gomez et al., 2022).

#### **4.2.1.3 Espectro de Infrarrojo por Transformada de Fourier (FTIR)**

Los espectros FTIR que se muestran en la Figura 30, corresponden los grupos funcionales característicos de los compuestos como  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$  y  $\text{KNO}_3$  de las muestras de cascara de huevo natural de gallina y  $\text{CaCO}_3$  puro. En la Tabla 17 se tiene una lista de bandas de absorbancia coincidentes de cascara de huevo natural (línea gris en la Figura 30) y  $\text{CaCO}_3$  (línea azul en la Figura 30) a 879, 824, 798 y 796  $\text{cm}^{-1}$  que indican la presencia de los grupos funcionales:  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$  y  $\text{KNO}_3$ , respectivamente. Sólo hay una banda coincidente a 807  $\text{cm}^{-1}$  que corresponde al grupo K de la poliamida en el espectro FTIR de la cascara de huevo natural y del  $\text{CaCO}_3$  puro (Gómez et al., 2022) (Umesh et al., 2021).

#### **4.2.1.4 Microscopia Electrónica de Barrido (MEB/SEM)**

Se realizó una caracterización mediante ensayos MEB/SEM de las muestras de cascara de huevo natural y calcinada de gallina-*biochar*. Las imágenes SEM de cascara de huevo natural a un aumento de 200X (Figura 31a) observaron pequeños cristales, que exhiben una morfología irregular tipo bastones entrecruzados con otros de tipo agujas en

una matriz oscura y menos densa, donde también se pudo observar la ausencia de microporos y mesoporos en su estructura. En el caso de la microestructura observada en la Figura 31b la existencia de microporos distribuidos irregularmente en una superficie rugosa, es evidente, lo cual permite predecir una mayor área específica superficial y en consecuencia una mayor capacidad de absorción de la cascara de huevo calcinada de gallina-*biochar* en comparación con la cascara de huevo natural de gallina.

Cuando las muestras de cascara de huevo natural de gallina pasaron por el proceso calcinación; tratamiento térmico que alcanzó los 800°C; se perdió gran cantidad de masa, principalmente debido a la pérdida de compuestos orgánicos volátiles y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de la cáscara de huevo natural, dejando así una estructura rígida compuesta principalmente de carbonato de calcio CaCO<sub>3</sub> y óxido de calcio - CaO. Obviamente la estructura cristalina de la cascara de huevo natural de gallina cambió de una irregular para una estructura más lisa y homogénea en comparación la cascara de huevo calcinada de gallina-*biochar*. Esto es evidenciado por la aparición de microporos en la misma estructura mostrando ya morfologías tipo bastones más redondeados o sea más regulares comparadas con las de las cascara de huevo natural de gallina, que han crecido en diferentes direcciones dejando ver poros o huecos profundos y superficiales (Holt, 2016).

Esta descomposición química, se da a través de la reacción: CaCO<sub>3</sub> (s) -> CO<sub>2</sub> (g) + CaO(s), que generó aproximadamente 46.40% de CO<sub>2</sub> y 53.60% de CaO y esto fue corroborado por los resultados obtenidos por Park et al., (2007) que indicaron que la formación de CO<sub>2</sub> se debió principalmente a que la calcinación de la cascara de huevo natural de gallina es una reacción endotérmica de descomposición del carbonato de calcio.

#### **4.2.1.5 Difracción de Rayos X-DRX**

La Figura 32 muestra la presencia de una única fase mineralógica en la cascara de huevo natural de gallina y  $\text{CaCO}_3$ , la cual hace que sea difícil de identificar algún patrón de difracción debido a la condición amorfa de la muestra. Esto último puede estar relacionado con la presencia de impurezas orgánicas que no fueron separadas durante la etapa de limpieza con agua destilada.

### **4.2.2 Cascara de huevo calcinada de gallina-biochar**

#### **4.2.2.1 composición química**

Según la Tabla 19, la estructura de la cascara de huevo calcinada de gallina-*biochar* presenta un mayor %  $\text{CaCO}_3$  (95.71) comparado con el %  $\text{CaO}$  (53.60), lo cual garantiza aproximadamente una pérdida de peso de casi 46.40%  $\text{CO}_2$  (ligeramente mayor comparado con lo teórico 44%  $\text{CO}_2$ ), sin embargo, durante la calcinación de la cascara de huevo natural de gallina la diferencia de pesos obtenido fue de 56.00% (esto debido a que un 10.40% corresponde al contenido de humedad y otras materias volátiles y 46.40% al de  $\text{CO}_2$ ) (Gómez et al., 2022).

#### **4.2.2.2 Calcinación de la cascara de huevo natural**

El principal componente de la cascara de huevo natural de gallina es el calcio (Tabla 14), sin embargo, cuando la muestra se llevó a una temperatura de  $950^\circ\text{C}$  se produjo un cambio de fase debido a la calcinación, la cual ocurre a mínimo  $800^\circ\text{C}$  de acuerdo con Wang et al., (2018) perdiéndose la mayor cantidad de masa en humedad, materia orgánica y dióxido de carbono- $\text{CO}_2$  con el aumento de la temperatura y tiempo de calcinación. Durante este proceso se incrementó la composición de  $\text{CaCO}_3$  (Tabla 19), y se inició la formación de  $\text{CaO}$  con una composición importante en la muestra (53.60%). Los resultados obtenidos pueden corroborar la información dada por (Luo et al., 2018b), autores que

indicaron que esto se debe al tratamiento térmico, lo cual produjo el aumento de las concentraciones de  $\text{CaCO}_3$ .

### **4.3 Análisis de % remoción de plomo con cascara de huevo natural y calcinada de gallina-biochar**

#### **4.3.1 Cascara de huevo natural de gallina**

En la Tabla 20, se observa como el porcentaje remoción de plomo varía en cada combinación de acuerdo a las variables: peso de muestra de cascara de huevo natural de gallina / peso de muestra de relave, RPM y tiempo. En consecuencia, el % remoción de plomo aumenta a medida que se incrementa el peso de la muestra de cascara de huevo, RPM y tiempo. Esto se debe principalmente al intercambio iónico generado entre los iones de  $\text{Pb}^{+2}$  y  $\text{Ca}^{+2}$ . Los valores obtenidos permiten corroborar los datos del % remoción de metales (Luo et al., 2018a).

También durante los experimentos se observó un aumento en el pH debido a la disolución de  $\text{CaO}$ . Según (Liu et al., 2022) esto indica que la disminución del nivel de acidez se debe principalmente a la concentración de  $\text{CaO}$  en la disolución. Los datos también encontrados en el trabajo de investigación corroboraron lo indicado por dicho autor.

#### **4.3.2 Cascara de huevo calcinada de gallina-biochar**

Según Ibrahim et al. (2015), la calcinación permite un aumento del área superficial y porosidad del *biochar*, por consiguiente, un mayor contacto con el contaminante permite tener una mayor reacción química, mejorando así el porcentaje de remoción y la eficiencia del proceso de absorción de plomo (Tabla 21). Esto se debe principalmente a la formación de microporos y al aumento del área superficial de las partículas de la muestra de cascara

de huevo natural de gallina, producidas por el proceso de calcinación, lo cual permite un mayor contacto entre el Pb y la muestra de cascara de huevo calcinada de gallina-*biochar*.

#### **4.3.3 Contrastación de las hipótesis**

Los datos estadísticos descriptivos (Tabla 23) indican que la media más alta a un peso de 1.5 g de cascara de huevo natural de gallina – CHN se produjo a una velocidad de agitación de 450 RPM en un tiempo de remoción de 48 h, sin embargo, el % Remoción de Pb más elevado (85.10 %Pb) ocurre con un peso de 3 g de CHN a 450 RPM y 48 h y el valor promedio alcanzó 84.28 %Pb.

Según la Tabla 25, el valor de significancia para la muestra de CHN es menor a 0.001, siendo este menor a 0.05, entonces se determinó que la variable peso de CHN influye significativamente en el % Remoción de Pb. Respecto a la variable RPM, esta presenta un valor de significancia de 0.019, siendo este un valor menor a 0.05, entonces esta variable RPM también influye significativamente en el % Remoción Pb. Respecto al tiempo, este presentó un valor de significancia de 0.81, el cual es mayor al valor de 0.05, por consiguiente, se determinó que la variable tiempo no influye de manera significativa en el % Remoción Pb.

Por otro lado, se evaluó la sinergia múltiple de las tres variables: (peso de CHN y RPM), (peso de CHN y Tiempo), (RPM y Tiempo), y (peso de CHN, RPM y Tiempo); presentando estas un valor de significancia de 0.111, 0.516, 0.344 y 0.030, respectivamente. Se visualizó que los valores de significancia de las sinergias duplas: (peso de CHN y RPM), (peso de CHN y Tiempo), y (RPM y Tiempo) son mayores a 0.05, haciendo que estas tengan una influencia negativa en el % Remoción Pb, mientras que la sinergia triple (peso de CHN, RPM y Tiempo) presentó un valor de significancia igual a 0.030, y como este es menor a 0.05, su influencia es antagónica en el % Remoción Pb.

Por lo tanto, las variables de peso de CHN, RPM y Tiempo de manera conjunta influyen de manera significativo en el % Remoción Pb del relave Sector A FIGMM UNI.

Contrastando las hipótesis planteadas, con un nivel de significancia 0.05 (95% nivel de confianza), se tiene:

- $H_{G1}$ : La variación de las variables peso de CHN, tiempo y RPM incrementará en el % Remoción Pb del relave Sector A FIGMM UNI.  $H_{G0}$ : La variación de las variables CHN, tiempo y RPM disminuiría en el % Remoción Pb del relave Sector A FIGMM UNI. Se acepta la hipótesis alterna ( $H_{G1}$ ), ya que este presenta un nivel de significancia de 0.030.
- $HE_{11}$ : Un incremento del peso CHN incrementará el % Remoción Pb del relave Sector A FIGMM UNI.  $HE_{10}$ : Un incremento del peso CHN disminuiría el % Remoción Pb del relave Sector A FIGMM UNI. Se acepta la hipótesis alterna ( $HE_{11}$ ) ya que este presenta un nivel de significancia menor a 0.001.
- $HE_{21}$ : Un incremento de las RPM incrementará el % Remoción Pb del relave Sector A FIGMM UNI.  $HE_{20}$ : Un incremento de las RPM disminuiría el % Remoción Pb del relave Sector A FIGMM UNI. Se acepta la hipótesis alterna ( $HE_{21}$ ), ya que este presenta un nivel de significancia de 0.019.
- $HE_{31}$ : Un incremento del tiempo incrementará el % Remoción Pb del relave Sector A FIGMM UNI.  $HE_{30}$ : Un incremento del tiempo disminuiría el % Remoción Pb del relave Sector A FIGMM UNI. Se rechaza la hipótesis alterna ( $HE_{31}$ ), ya que este presenta un nivel de significancia de 0.810.

Los datos estadísticos descriptivos (Tabla 24) indican que la mejor media se obtuvo con un peso de 1.5 g de CHC, 450 RPM y un tiempo de remoción de 8 h, siendo el % Remoción Pb de 89.21, sin embargo, su valor más elevado ocurrió (97.67 %Pb) con un peso de 3 g de CHC a 450 RPM y un tiempo de 48 h, siendo el % Remoción Pb promedio de 96.82.

Análogamente a la Tabla 25, la Tabla 26, muestra valores de significancia menores a 0.001 para las variables: peso de CHC, RPM y tiempo, o sea estos valores son menores al valor de 0.05, resultando que la sinergia individual influye de manera significativa en el % Remoción Pb. Acto seguido, se evaluó el nivel de significancia de la sinergia múltiple: (peso de CHC y RPM); (peso de CHC y Tiempo); (RPM y Tiempo); y (peso de CHC, RPM y Tiempo); presentando estas un valor de significancia de 0.027, 0.096, 0.010 y 0.037, respectivamente. Como los valores de significancia son menores al 0.05, a excepción de (peso de CHC y Tiempo) que presentó un valor de significancia de 0.096, por lo tanto, las sinergias duplas (peso de CHC y RPM); (RPM y Tiempo); y la sinergia triple (peso de CHC, RPM y Tiempo) influyen de manera significativa en % Remoción Pb del relave Sector A FIGMM UNI. Resaltando que, la sinergia dupla (peso de CHC y Tiempo) no influye de manera significativa en el % Remoción Pb del relave Sector A FIGMM UNI.

Contrastando las hipótesis planteadas, con un nivel de significancia 0.05 (95% nivel de confianza), se tiene:

- $HG'_1$ : La variación de las variables peso de CHC, tiempo y RPM incrementará en el % Remoción Pb del relave Sector A FIGMM UNI.  $HG'_0$ : La variación de las variables CHC, tiempo y RPM disminuirá en el % Remoción Pb del relave Sector A FIGMM UNI. Se acepta la hipótesis alterna ( $HG'_1$ ), ya que este presenta un nivel de significancia de 0.037.
- $HE1'_1$ : Un incremento del peso CHC incrementará el % Remoción Pb del relave Sector A FIGMM UNI.  $HE1'_0$ : Un incremento del peso CHC disminuirá el % Remoción Pb del relave Sector A FIGMM UNI. Se acepta la hipótesis alterna ( $HE1'_1$ ) ya que este presenta un nivel de significancia menor a 0.001.
- $HE2'_1$ : Un incremento de las RPM incrementará el % Remoción Pb del relave Sector A FIGMM UNI.  $HE2'_0$ : Un incremento de las RPM disminuirá el % Remoción Pb del relave Sector A FIGMM UNI. Se acepta la hipótesis

alterna ( $HE2'_1$ ), ya que este presenta un nivel de significancia menor a 0.001.

- $HE3'_1$ : Un incremento del tiempo incrementará en el % Remoción Pb del relave Sector A FIGMM UNI.  $HE3'_0$ : Un incremento del tiempo disminuirá en el % Remoción Pb del relave Sector A FIGMM UNI. Se acepta la hipótesis alterna ( $HE3'_1$ ), ya que este presenta un nivel de significancia menor a 0.001.

En la Tabla 27 se indica el resumen de la aceptación o rechazo de las hipótesis de cascara de huevo natural (CHN) y calcinada de gallina-*biochar* (CHC).

**Tabla 27**

*Resumen de aceptación o rechazo de hipótesis general e hipótesis específicas*

<b>Hipótesis General</b>			
CHN		CHC	
HG <sub>1</sub>	HG <sub>0</sub>	HG' <sub>1</sub>	HG' <sub>0</sub>
Acepta	Rechaza	Acepta	Rechaza
<b>Hipótesis Especifica</b>			
CHN		CHC	
HE <sub>11</sub>	Acepta	HE' <sub>11</sub>	Acepta
HE <sub>10</sub>	Rechaza	HE' <sub>10</sub>	Rechaza
HE <sub>21</sub>	Acepta	HE' <sub>21</sub>	Acepta
HE <sub>20</sub>	Rechaza	HE' <sub>20</sub>	Rechaza
HE <sub>31</sub>	Rechaza	HE' <sub>31</sub>	Acepta
HE <sub>30</sub>	Acepta	HE' <sub>30</sub>	Rechaza

## Conclusiones

El relave del Sector A FIGMM UNI observó un contenido de 313 mg/kg Pb que fue superior al Estándar de Calidad Ambiental de suelo para el uso residencial y parques (ECA-suelo) (D.S. N° 011-2017-MINAM).

El análisis de los espectros de FTIR de la muestra de cascara de huevo natural de gallina fueron comparadas con un patrón de carbonato de calcio puro ( $\text{CaCO}_3$ ) de la base de datos del equipo SHIMAZU, resultando que las bandas de absorbanza determinadas en un numero de onda de 879, 824, 798 y 796  $\text{cm}^{-1}$ , corresponden a los grupos funcionales identificados:  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$  y  $\text{KNO}_3$ , respectivamente, permitieron identificar carbonatos y nitratos presentes en esta muestra.

Las técnicas termogravimétricas utilizadas permitieron a través de un DTG que la cascara de huevo natural de gallina (CHN) y la  $\text{CaCO}_3$  puro presentaban picos de descomposición térmica a temperaturas de 834.48 y 805.96 °C respectivamente. También se pudo determinar que la temperatura de la descomposición de la muestra de cascara de huevo natural de gallina (CHN) fue mayor a la del carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ). La pérdida de peso de ambas muestras observadas mediante TGA fue de 53.00 y 56.00 % respectivamente, y usando hornos eléctricos durante el proceso de calcinación fue estimada un 45.24% alcanzando un error de 14.64% en estos cálculos.

A través de la caracterización morfológica vía MEB/SEM de las muestras de cascara de huevo natural (CHN) y calcinada de gallina-*biochar* (CHC), se observó que la CHN presentaba una estructura cristalina con formas irregulares (tipo bastonetes y agujas) creciendo en distintas direcciones, sin embargo, en la muestra de CHC se observó la formación de bastonetes más regulares con puntas arredondadas mostrando microporos o cavidades en la forma de una matriz menos densa, estos fueron formados probablemente

durante la emisión de los gases de CO<sub>2</sub>. Esta formación de microporos permitió una mayor interacción entre el contaminante plomo presente en la muestra de relave FIGMM Sector A y el absorbente cascara de huevo calcinada de gallina-*biochar*.

Mediante el análisis de DRX de la cascara de huevo natural de gallina (CHN) se pudo determinar la presencia de una sola fase mineralógica (100% CaCO<sub>3</sub>), esto fue parcialmente corroborado por el análisis químico de la misma que arrojó un valor aproximado a 91.05% CaCO<sub>3</sub> mientras que la cascara de huevo calcinada de gallina-*biochar* (CHC) concentró un 95.71% (de lo que inicialmente fue 93.6% CaCO<sub>3</sub>).

Los resultados del ajuste estadístico que prueban las hipótesis preestablecidas, para las pruebas con CHN, determinaron que los factores que influyen significativamente en el % Remoción Pb, son: peso de CHN y RPM; dejando al tiempo como un factor que no es influyente en el % Remoción Pb y los factores que influyen significativamente en el % Remoción Pb, son: peso, RPM y tiempo. Asimismo, se evaluó la sinergia múltiple de las tres variables: (peso de CHN y RPM), (peso de CHN y Tiempo), (RPM y Tiempo), y (peso de CHN, RPM y Tiempo); presentando estas un valor de significancia de 0.111, 0.516, 0.344 y 0.030, respectivamente. Se visualizó que los valores de significancia de las sinergias duplas: (peso de CHN y RPM), (peso de CHN y Tiempo), y (RPM y Tiempo) son mayores a 0.05, haciendo que estas tengan una influencia negativa en el % Remoción Pb, mientras que la sinergia triple (peso de CHN, RPM y Tiempo) presentó un valor de significancia igual a 0.030, y como este es menor a 0.05, su influencia es antagónica en el % Remoción Pb. Por lo tanto, las variables de peso de CHN, RPM y Tiempo de manera conjunta influyen de manera significativo en el % Remoción Pb del relave Sector A FIGMM UNI.

Los resultados del ajuste estadístico que prueban las hipótesis preestablecidas, para las pruebas con CHC, muestran valores de significancia menores a 0.001 para las

variables: peso de CHC, RPM y tiempo, (menores a 0.05), resultando que la sinergia individual influye de manera significativa en el % Remoción Pb. El nivel de confianza de las variables: peso de CHC, RPM y tiempo (valores son menores al valor de 0.05), resultando que la sinergia individual influye de manera significativa en el % Remoción Pb. Luego, se evaluó el nivel de significancia de la sinergia múltiple: (peso de CHC y RPM); (peso de CHC y Tiempo); (RPM y Tiempo); y (peso de CHC, RPM y Tiempo); presentando los valores de 0.027, 0.096, 0.010 y 0.037, respectivamente, como éstos son menores al 0.05, a excepción de la variable dupla (peso de CHC y Tiempo) que presentó un valor de significancia de 0.096, por lo tanto, las sinergias duplas (peso de CHC y RPM); (RPM y Tiempo); y la sinergia triple (peso de CHC, RPM y Tiempo) influyen de manera significativa en % Remoción Pb, resaltando que, la sinergia dupla (peso de CHC y Tiempo) no influye de manera significativa en el % Remoción Pb del relave Sector A FIGMM UNI.

Finalmente, se comprobó que la cascara de huevo calcinada de gallina-*biochar* (CHC) es una biomasa con mejores propiedades para la remoción de plomo de pasivos ambientales y un corrector de suelos contaminados con relaves mineros en comparación con la cascara de huevo natural de gallina (CHN), sin embargo, ambas representan una opción económica y sostenible de remediación de suelos o cierre de componentes como depósitos de desmontes de relaves para los planes de cierre de mina.

## Recomendaciones

Replicar el proceso calcinación a temperaturas mayores a 950 °C, aumentando estas en rangos de 50 °C hasta 1200°C para determinar de qué manera esta temperatura influye en la formación de poros de gran tamaño en la cascara de huevo calcinada de gallina-*biochar*.

Realizar un estudio de determinación de área específica superficial usando el método BET de tanto las muestras de cascara de huevo natural como calcinada de gallina para poder observar el tamaño de micro o nanoporos o diámetros de partícula, así como también tamaño promedio de partículas y ancho promedio de poros de proceso de calcinación.

Utilizar un reactor pirolítico para producir un biocarbón o biochar, posiblemente este proceso sea el de carbonización, para efectos de comparación con los procesos de calcinación de estas cascara de huevo natural de gallina en hornos eléctricos abiertos.

## Referencias bibliográficas

A. Ferrer. (2013). *Intoxicación por metales*. <https://scielo.isciii.es/pdf/asisna/v26s1/ocho.pdf>

Amita Shakya, & Tripti Agarwal. (2020). Potencial de Biochar para la remediación de suelos contaminados con metales pesados . *Aplicaciones de Biochar En Agricultura y Gestión Medioambiental* , 77–98. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-40997-5\\_4](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-40997-5_4)

Azubuiké, C. C., Chikere, C. B., & Okpokwasili, G. C. (2016). Bioremediation techniques—classification based on site of application: principles, advantages, limitations and prospects. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 32(11), 1–18. <https://doi.org/10.1007/s11274-016-2137-x>

Bracmort, K. (2010). *CRS Report for Congress Biochar: Examination of an Emerging Concept to Mitigate Climate Change*. [www.crs.gov/R40186.c11173008](http://www.crs.gov/R40186.c11173008)

Brown, C. E. (2002). Asia and The Pacific. In *World Energy Resources* (pp. 709–785). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-56342-3\\_27](https://doi.org/10.1007/978-3-642-56342-3_27)

Choi, H. J., & Lee, S. M. (2015). Heavy metal removal from acid mine drainage by calcined eggshell and microalgae hybrid system. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(17), 13404–13411. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-4623-3>

Connell, D. W., Yu, Q. J., & Verma, V. (2016). Influence of exposure time on toxicity-An overview. *Toxicology*, 355–356, 49–53. <https://doi.org/10.1016/J.TOX.2016.05.015>

Dervinytė, R. (2020). *APPLICATION OF EGG SHELLS TO THE REMOVAL OF LEAD FROM CONTAMINATED WATER [VILNIUS GEDIMINAS TECHNICAL UNIVERSITY]*. <https://vb.vgtu.lt/object/elaba:61640336/>

El Peruano. (2020, June 20). *Aporte de la minería al PBI*. Lima. <https://elperuano.pe/noticia-aporte-de-mineria-al-pbi-65726.aspx>

F. Verheijen, S. Jeffery, A. C. B., M. van der Velde, & I. Diafas. (2009). *Biochar Application to Soils*.

[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/9425519/biochar.pdf?1329561258=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DBiochar\\_application\\_to\\_soils.pdf&Expires=1597545848&Signature=QVjH51CMYkvN9mJuKX08MwUldJdHRgtotYWUdOD6Cfj88rwZPRxr9CWfJA-t7vZypMtBU-0mT](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/9425519/biochar.pdf?1329561258=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DBiochar_application_to_soils.pdf&Expires=1597545848&Signature=QVjH51CMYkvN9mJuKX08MwUldJdHRgtotYWUdOD6Cfj88rwZPRxr9CWfJA-t7vZypMtBU-0mT)

Ghouthi, M. A., & Salih, N. R. (2018). Application of eggshell wastes for boron remediation from water. *Journal of Molecular Liquids*, 256, 599–610. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2018.02.074>

Glaser, B., Lehmann, J., & Zech, W. (2002). Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal - A review. *Biology and Fertility of Soils*, 35(4), 219–230. <https://doi.org/10.1007/s00374-002-0466-4>

Gomez, A., Chacartegui, R., Ramirez-Rico, J., & Martinez-Fernandez, J. (2018). Performance improvement in olive stone's combustion from a previous carbonization transformation. *Fuel*, 228, 254–262. <https://doi.org/10.1016/J.FUEL.2018.04.127>

Gómez, M. C., Colorado, H., Carbonel-Ramos, D. E., Huarcaya-Nina, J. F., Esquivel-Lorenzo, S. J., Ceroni-Galoso, A., & Chirinos-Collantes, H. D. (2022). Characterization and Thermal Treatment of Eggshell and Olive Stones for Heavy Metals Removal in Mining Environmental Liabilities Sites. *Minerals, Metals and Materials Series*, 213–226. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-92563-5\\_23/COVER](https://doi.org/10.1007/978-3-030-92563-5_23/COVER)

Guadalupe Reyes-Navarrete, M., Irene Alvarado-de la Peña, A., Magdalena Antuna, D., García-Vargas, A., Silvia González-Valdez, L., & del Carmen Vázquez -Alarcón, E. (2004). *Metales Pesados: Importancia y Analisis*.

Ibáñez, J. (2020). Nula e Hipótesis Alternativa en Ecología y Edafología. In *Conceptual Issues in Ecology*. Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-009-7796-9\\_10](https://doi.org/10.1007/978-94-009-7796-9_10)

Ibrahim, A. R., Zhou, Y., Li, X., Chen, L., Hong, Y., Su, Y., Wang, H., & Li, J. (2015). Synthesis of rod-like hydroxyapatite with high surface area and pore volume from eggshells for effective adsorption of aqueous Pb(II). *Materials Research Bulletin*, 62, 132–141. <https://doi.org/10.1016/J.MATERRESBULL.2014.11.023>

- Instituto de Estudios del Huevo. (2009). *El gran libro del huevo* (Vol. 1). <http://institutohuevo.com/wp-content/uploads/2017/07/EL-GRAN-LIBRO-DEL-HUEVO.pdf>
- Kim, R.-Y., Sung, J.-K., Kim, S.-C., Jang, B.-C., & Ok, Y.-S. (2010). *Effect of calcined eggshell on fractional distribution and plant uptake of Cd, Pb and Zn in contaminated soils near mine*. [https://www.iuss.org/19th\\_WCSS/Symposium/pdf/1385.pdf](https://www.iuss.org/19th_WCSS/Symposium/pdf/1385.pdf)
- Lee, S. S., Lim, J. E., El-Azeem, S. A. M. A., Choi, B., Oh, S. E., Moon, D. H., & Ok, Y. S. (2013). Heavy metal immobilization in soil near abandoned mines using eggshell waste and rapeseed residue. *Environmental Science and Pollution Research*, 20(3), 1719–1726. <https://doi.org/10.1007/s11356-012-1104-9>
- Lim, J. E., Ahmad, M., Usman, A. R. A., Lee, S. S., Jeon, W. T., Oh, S. E., Yang, J. E., & Ok, Y. S. (2013). Effects of natural and calcined poultry waste on Cd, Pb and As mobility in contaminated soil. *Environmental Earth Sciences*, 69(1), 11–20. <https://doi.org/10.1007/s12665-012-1929-z>
- Liu, D., Hao, Z., Chen, D., Jiang, L., Li, T., Tian, B., Yan, C., Luo, Y., Chen, G., & Ai, H. (2022). Use of Eggshell-Catalyzed Biochar Adsorbents for Pb Removal from Aqueous Solution. *ACS Omega*, 7(25), 21808–21819. <https://doi.org/10.1021/ACSOMEGA.2C01957>/ASSET/IMAGES/MEDIUM/AO2C01957\_M012.GIF
- Luo, W., Ji, Y., Qu, L., Dang, Z., Xie, Y., Yang, C., Tao, X., Zhou, J., & Lu, G. (2018a). Effects of eggshell addition on calcium-deficient acid soils contaminated with heavy metals. *Frontiers of Environmental Science & Engineering 2018* 12:3, 12(3), 1–10. <https://doi.org/10.1007/S11783-018-1026-Y>
- Luo, W., Ji, Y., Qu, L., Dang, Z., Xie, Y., Yang, C., Tao, X., Zhou, J., & Lu, G. (2018b). Effects of eggshell addition on calcium-deficient acid soils contaminated with heavy metals. *Frontiers of Environmental Science and Engineering*, 12(3), 1–10. <https://doi.org/10.1007/s11783-018-1026-y>
- Manzoor, M. M., Goyal, P., Gupta, A. P., & Gupta, S. (2020). Heavy Metal Soil Contamination and Bioremediation. In *Bioremediation and Biotechnology, Vol 2* (pp.

221–239). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-40333-1\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-030-40333-1_13)

Markowitz, M. (2000). Lead poisoning. *Pediatrics in Review*, 21(10), 327–335. <https://doi.org/10.1542/PIR.21-10-327>

Martin, S. (2009). *Human Health Effects of Heavy Metals*. [www.engg.ksu.edu/CHSR/](http://www.engg.ksu.edu/CHSR/)

MEM. (2019). *Actualizan el Inventario Inicial de Pasivos Ambientales Mineros*. [http://www.minem.gob.pe/archivos/legislacion-7zz1z8l0z9-RM\\_N\\_\\_408-2019-MINEM-DM.pdf](http://www.minem.gob.pe/archivos/legislacion-7zz1z8l0z9-RM_N__408-2019-MINEM-DM.pdf)

Michael Seeger. (2019). Aumento del capital minero: mejores prácticas . *Springer Link*. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-31225-1\\_4](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-31225-1_4)

MINAM. (2014). *Guía para el muestreo de suelos*. <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELOS-final.pdf>

MINAM. (2017). *Estándares de Calidad Ambiental para Suelo*. [http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/12/DS\\_011-2017-MINAM.pdf](http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/12/DS_011-2017-MINAM.pdf)

*Reglamento de Pasivos Ambientales de la Actividad Minera*, (2005) (testimony of MINEM). <http://www.tecnologiaslimpias.cl/peru/docs/ds059-2005.pdf>

MINEM. (2014). *Ley N° 28271 que regula los pasivos ambientales de la actividad minera*. <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N°-28271.pdf>

MINEM. (2018). *Guía Ambiental Para el Manejo de Relaves Mineros*. <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGAAM/guias/relaveminero.pdf>

Mittal, A., Teotia, M., Soni, R. K., & Mittal, J. (2016). Applications of egg shell and egg shell membrane as adsorbents: A review. *Journal of Molecular Liquids*, 223, 376–387. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2016.08.065>

- Muliwa, A. M., Leswifi, T. Y., & Onyango, M. S. (2018). Performance evaluation of eggshell waste material for remediation of acid mine drainage from coal dump leachate. *Minerals Engineering*, 122, 241–250. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2018.04.009>
- Ok, Y. S., Lee, S. S., Jeon, W. T., Oh, S. E., Usman, A. R. A., & Moon, D. H. (2011). Application of eggshell waste for the immobilization of cadmium and lead in a contaminated soil. *Environmental Geochemistry and Health*, 33(SUPPL. 1), 31–39. <https://doi.org/10.1007/s10653-010-9362-2>
- Olaechea, J. A. (1999). PERU: A MINING COUNTRY. *Mineral Resources Engineering*, 08(01), 65–72. <https://doi.org/10.1142/S0950609899000086>
- Park, H. J., Jeong, S. W., Yankg, J. K., Kim, B. G., & Lee, S. M. (2007). Removal of heavy metals using waste eggshell. *Journal of Environmental Sciences*, 19(12), 1436–1441. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(07\)60234-4](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(07)60234-4)
- Perez, G., GUZMAN, J., DURAN, K., RAMOS, J., & ACHA, V. (2018). Aprovechamiento de las cascaras de huevo en la fortificación de alimentos. *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación* 16(18), 29–38. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2225-87872018000200003&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2225-87872018000200003&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Schwarz-Herion, O., & Omran, A. (2020). Mining Environmental Disasters in North and South America: The Current Practices and the Way Forward. In *Sustaining our Environment for Better Future* (pp. 17–31). Springer Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-7158-5\\_2](https://doi.org/10.1007/978-981-13-7158-5_2)
- Senthil, P., & Gunasundari, E. (2018). *Bioremediation of Heavy Metals* (pp. 165–195). Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-7485-1\\_9](https://doi.org/10.1007/978-981-10-7485-1_9)
- Shackley, S., Carter, S., Knowles, T., Middelink, E., Haefele, S., Sohi, S., Cross, A., & Haszeldine, S. (2012). Sustainable gasification-biochar systems? A case-study of rice-husk gasification in Cambodia, Part I: Context, chemical properties, environmental and health and safety issues. *Energy Policy*, 42, 49–58. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.11.026>

- Soares, M. A. R., Quina, M. J., & Quinta-Ferreira, R. M. (2015). Immobilisation of lead and zinc in contaminated soil using compost derived from industrial eggshell. *Journal of Environmental Management*, 164, 137–145. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.08.042>
- Stavi, I. (2013). Biochar use in forestry and tree-based agro-ecosystems for increasing climate change mitigation and adaptation. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 20(2), 166–181. <https://doi.org/10.1080/13504509.2013.773466>
- Thums, C. R., Farago, M. E., & Thornton, I. (2008). Bioavailability of trace metals in brownfield soils in an urban area in the UK. *Environmental Geochemistry and Health*, 30(6), 549–563. <https://doi.org/10.1007/S10653-008-9185-6>
- Tong, S., Von Schirnding, Y. E., & Prapamontol, T. (2000). Environmental lead exposure: A public health problem of global dimensions. *Bulletin of the World Health Organization*, 78(9), 1068–1077. <https://doi.org/10.1590/S0042-96862000000900003>
- U.S. Geological Survey. (2018). U. S. Geological Survey: Mineral Commodity Summaries. In *U.S. Geological Survey*. <https://doi.org/10.3133/70194932>
- Umesh, M., Choudhury, D. D., Shanmugam, S., Ganesan, S., Alsehli, M., Elfasakhany, A., & Pugazhendhi, A. (2021). Eggshells biowaste for hydroxyapatite green synthesis using extract piper betel leaf - Evaluation of antibacterial and antibiofilm activity. *Environmental Research*, 200. <https://doi.org/10.1016/J.ENVRES.2021.111493>
- Wang, H., Gao, B., Fang, J., Ok, Y. S., Xue, Y., Yang, K., & Cao, X. (2018). Engineered biochar derived from eggshell-treated biomass for removal of aqueous lead. *Ecological Engineering*, 121, 124–129. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.06.029>
- Yong Sik Ok, Sophie M. Uchimiya, Scott X. Chang, & Nanthi Bolan. (2016). *Biochar: Production, Characterization, and Applications* - Google Libros. [https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=PMJ5CgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=+biochar+concept&ots=RsqoF\\_FiuS&sig=YaUmXnScMrVUFDwPfmEX9yxJ3d4#v=onepage&q=biochar+concept&f=false](https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=PMJ5CgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=+biochar+concept&ots=RsqoF_FiuS&sig=YaUmXnScMrVUFDwPfmEX9yxJ3d4#v=onepage&q=biochar+concept&f=false)

Zhang, T., Tu, Z., Lu, G., Duan, X., Yi, X., Guo, C., & Dang, Z. (2017). Removal of heavy metals from acid mine drainage using chicken eggshells in column mode. *Journal of Environmental Management*, 188, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.11.076>

## Anexos

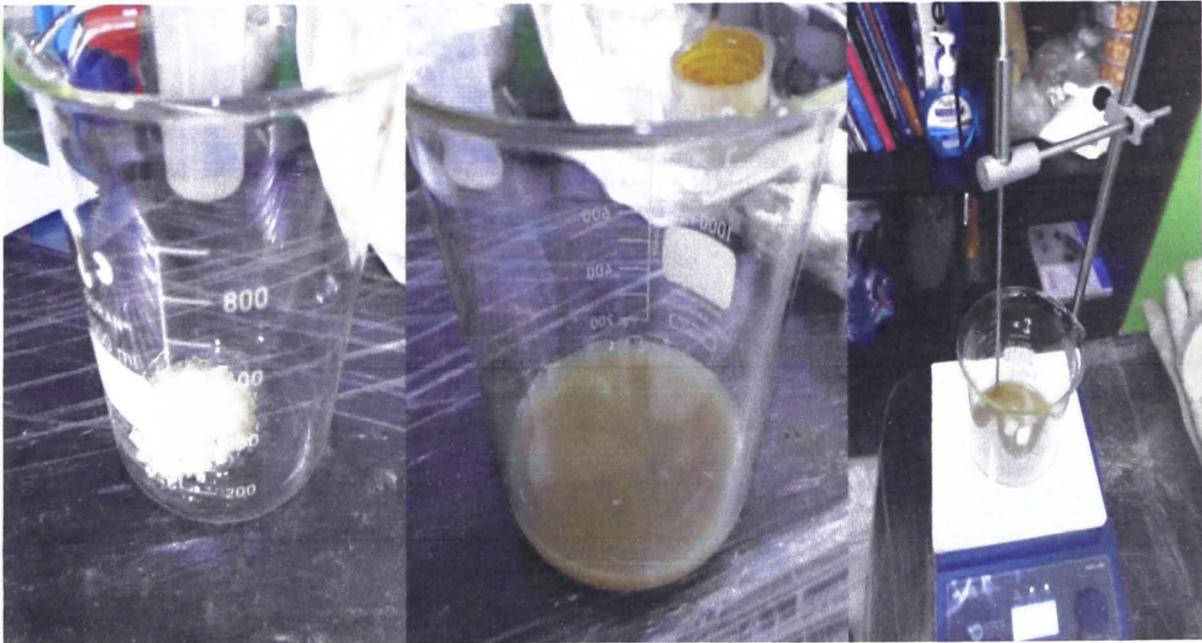
Anexo 1: Fotografías de la realización de pruebas de remoción de plomo a partir de cascara de huevo natural y calcinada de gallina- <i>biochar</i> .....	1
Anexo 2: Análisis del contenido de metales de la relavera Sector A FIGMM UNI .....	3
Anexo 3: Análisis del contenido de plomo soluble en muestra de la relavera Sector A FIGMM UNI .....	4
Anexo 4: Análisis espectral multielemental de cascara de huevo natural (CHN) y calcinado- <i>biochar</i> (CHC).....	5
Anexo 5: Imágenes de ensayos de Microscopia Electrónica de barrido (SEM/MEB) de muestras de cascara de huevo natural (CHN) y calcinada de gallina- <i>biochar</i> (CHC).....	7
Anexo 6: Análisis químico para la remoción de plomo de relave Sector A FIGMM UNI usando cascara de huevo natural (CHN) y calcinada de gallina- <i>biochar</i> (CHC).....	9

**Anexo 1: Fotografías de la realización de pruebas de remoción de plomo a partir de cascara de huevo natural y calcinada de gallina-*biochar***

Peso de muestra cascara de cascara de huevo natural o calcinada-*biochar* con muestra de relave Sector A FIGMM UNI



Homogenización de cascara de huevo natural o calcinada-*biochar* con la muestra de relave Sector A FIGMM UNI



Filtración de muestra de cascara de huevo natural o calcinada-biochar



## Anexo 2: Análisis del contenido de metales de la relavera Sector A FIGMM UNI



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**LABICER (Laboratorio N° 12)**  
**ANÁLISIS QUÍMICO, CONSULTORÍA E INVESTIGACIÓN**



### INFORME TÉCNICO N° 0777 – 21 – LABICER

- 1. DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
- 2. CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN: 22 / 07 / 2021
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO: 26 / 07 / 2021
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN: 06 / 08 / 2021
- 3. ANÁLISIS SOLICITADO:** ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELO
- 4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGUN EL SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: 01 MUESTRA DE SUELO CONTAMINADO CON RELAVE MINERO
- 5. LUGAR DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA:** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
- 6. CONDICIONES AMBIENTALES:** Temperatura 22.2°C Humedad relativa 65 %
- 7. EQUIPOS UTILIZADOS:** Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X de Energía Dispersiva SHIMADZU EDX 800MS  
Espectrofotómetro de Absorción Atómica de flama SHIMADZU, AA 7000
- 8. RESULTADOS**

ANÁLISIS	RESULTADOS	MÉTODO DE REFERENCIA	
Antimonio, Sb	559.37 mg/kg	EPA 3050 B (Tratamiento de muestra) APHA 3111B (Análisis cuantitativo)	
Arsénico, As	0.83 %		
Cadmio, Cd	116.88 mg/kg		
Cobre, Cu	0.26 %		
Cromo, Cr	< 2 mg/kg		
Estañio, Sn	< 200 mg/kg		
Plata, Ag	170.27 mg/kg		
Plomo, Pb	3.13 %		
Selenio, Se	< 60 mg/kg		
Zinc, Zn	< 0.8 mg/kg		
Mercurio, Hg	< 500 mg/kg		
Arsénico, As	0.83 %		
Molibdeno, Mo	< 0.2 %		Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X de energía dispersiva

\* Los valores <2 mg/kg, <200 mg/kg, <60 mg/kg, <0.8 mg/kg y <500 mg/kg representan los límites de detección de los métodos para cromo, estañio, selenio, zinc y mercurio respectivamente.

\* Análisis elemental (del sodio al uranio) por espectrometría de fluorescencia de rayos X. Análisis semicuantitativo en atmósfera de vacío.

### 9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

El informe técnico es válido solo para la muestra y las condiciones indicadas en los ítems del uno (1) al cuatro (4) del presente informe técnico.

Beatriz Natalia Cruz G.  
 Analista Químico  
 LABICER - UNI



Sc. Elena A. Condon Cuyubamba  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 793

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.

# Anexo 3: Análisis del contenido de plomo soluble en muestra de la relavera Sector A FIGMM UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
LABORATORIO LABICER  
ANÁLISIS QUÍMICO, CONSULTORÍA E INVESTIGACIÓN

LABICER

## INFORME TÉCNICO N° 1333 - 21 - LABICER

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 DNI : 77271786
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 23 / 12 / 2021
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 28 / 12 / 2021
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 29 / 12 / 2021
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGUN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN : Blanco
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 21.8 °C Humedad relativa: 65 %
7. **EQUIPO UTILIZADO** : Espectrofotómetro de absorción atómica de flama: SHIMADZU, AA 7000
8. **RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb) ppm	1.946	NTP 214 043 2012 (Revisada el 2021)

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**

Los resultados de este Informe Técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

  
Bach Jesus Utano Reyes  
Analista químico  
LABICER -UNI

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



  
Sc. Ily Mariu Maza Mejia  
Responsable de análisis  
Jefe de Laboratorio  
CQP 1149

## Anexo 4: Análisis espectral multielemental de cascara de huevo natural (CHN) y calcinado-biochar (CHC)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

LABORATORIO DE ESPECTROMETRÍA

### ANÁLISIS ESPECTRAL MULTIELEMENTAL DE CUATRO MUESTRAS

APOYO INVESTIGACIÓN: MERY GOMEZ MARROQUÍN

Recepción de muestra : Lima, 16 de Marzo del 2021

### RESULTADO DEL ANÁLISIS MULTIELEMENTAL DE MUESTRAS

Elementos	1 - Cascara de huevo natural
% Ca	37.32
% Si	0.003
% Al	0.002
% Na	0.003
% K	0.001
% F	0.0007

Elementos	2 - Relave M
% Cu	0.05
% Pb	0.08
% Zn	0.07
% Ag	0.01
% As	0.06
% Sb	0.02
% Cd	0.001
% Cr	0.0003
% Ni	0.0001
% Mo	0.0006
% Se	0.0002
% Sn	0.001
% Hg	0.0001

Av. Túpac Amaru N° 210, Lima 25, Aportado 1301 - Perú

Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 42-45

e-mail: labespectro@unl.edu.pe

Elementos	3-Cenizas cáscara de huevo natural
% CaO	53.60
% CaCO <sub>3</sub>	95.71

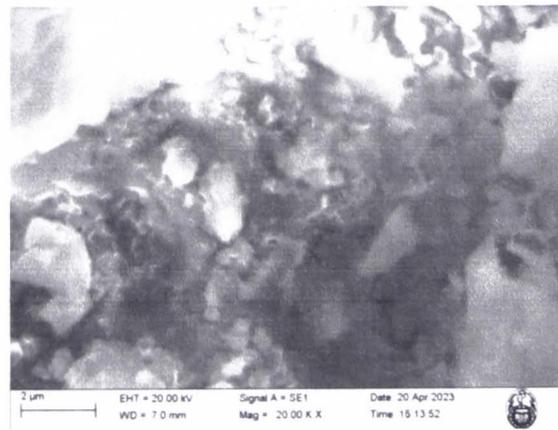
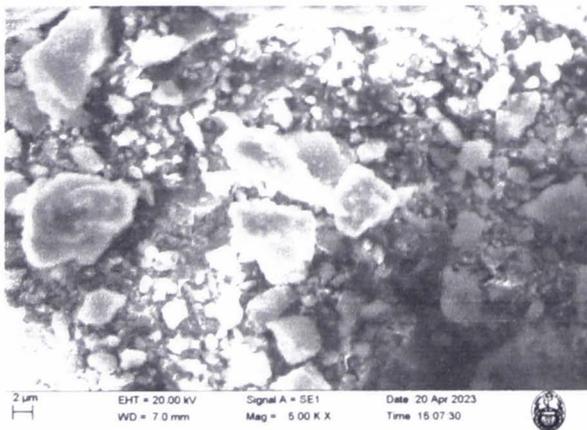
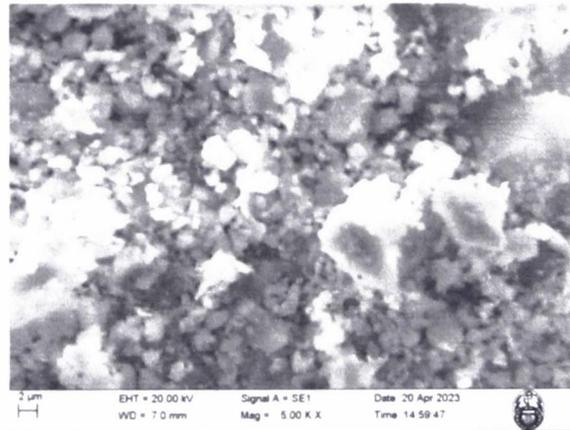
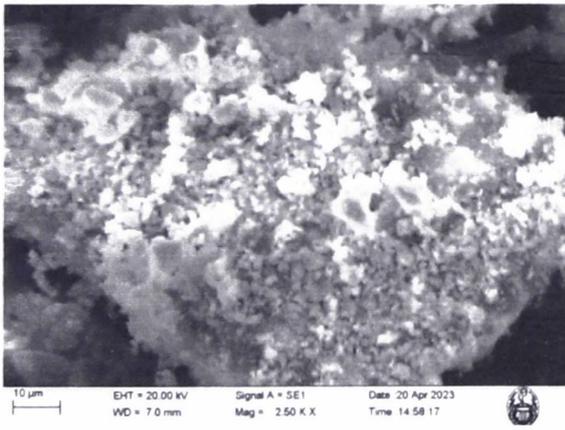
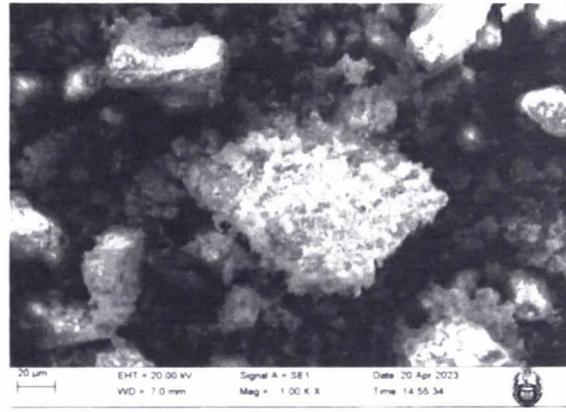
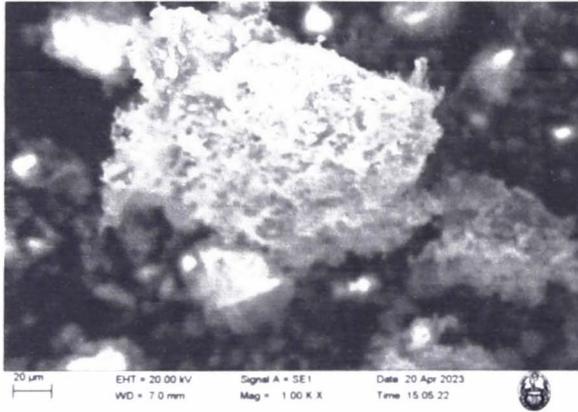
Lima, 6 de Octubre del 2021



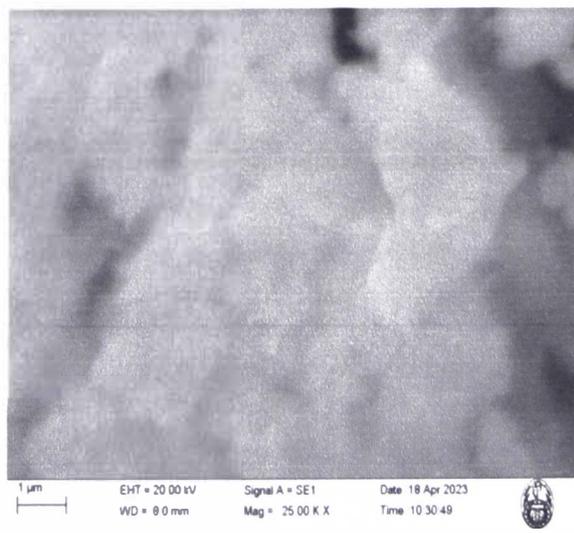
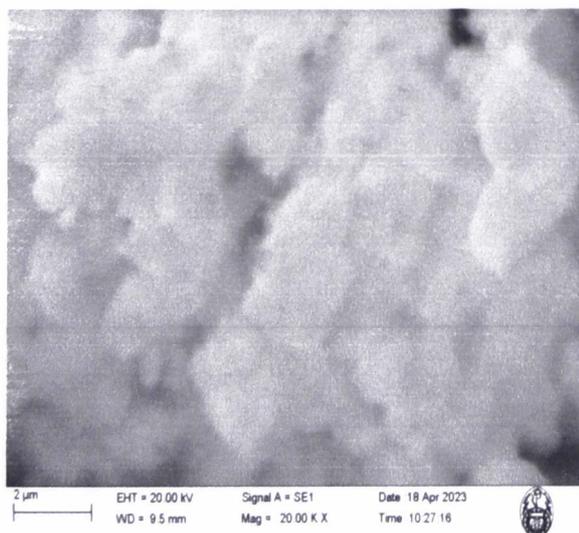
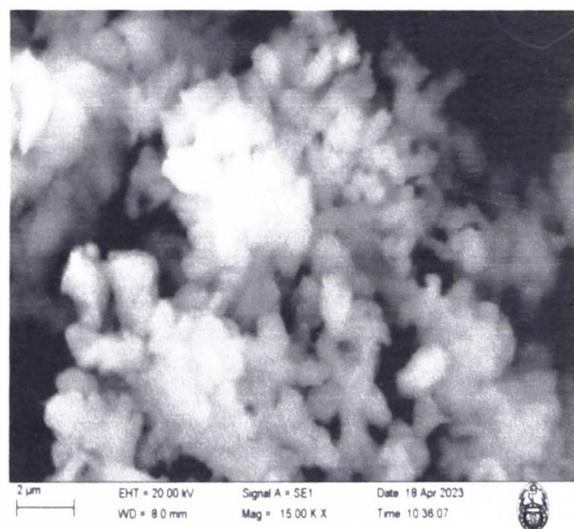
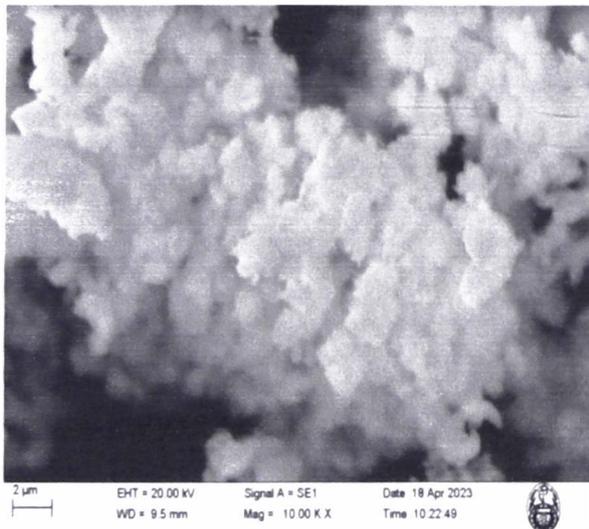
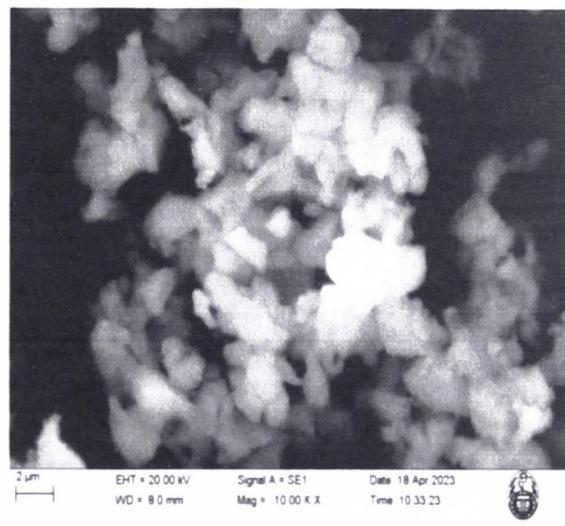
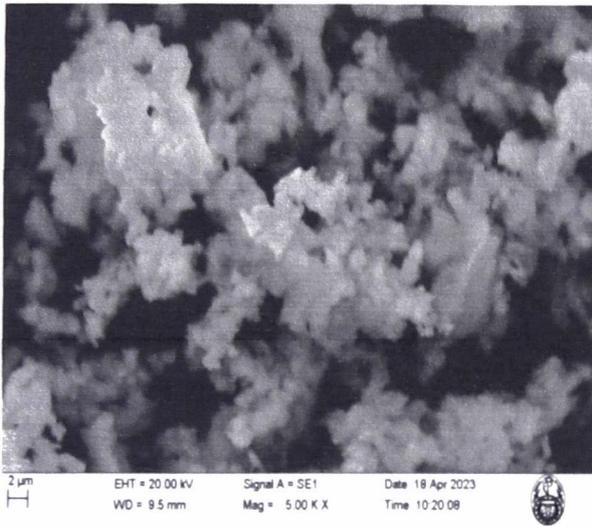
MSc. Attilio Mendoza A.  
Jefe Lab. Espectrometría

# Anexo 5: Imágenes de ensayos de Microscopia Electrónica de barrido (SEM/MEB) de muestras de cascara de huevo natural (CHN) y calcinada de gallina-biochar (CHC)

## Cascara de huevo natural (CHN)



## Cascara de huevo calcinada-biochar (CHC)



# Anexo 6: Análisis químico para la remoción de plomo de relave Sector A FIGMM UNI usando cascara de huevo natural (CHN) y calcinada de gallina-*biochar* (CHC)

## Cascara de huevo natural (CHN)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
LABORATORIO LABICER  
ANÁLISIS QUÍMICO, CONSULTORÍA E INVESTIGACIÓN

LABICER

### INFORME TÉCNICO N° 0072 - 22 - LABICER

1. DATOS DEL SOLICITANTE
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. 77271786
2. CRONOGRAMA DE FECHAS
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 21 / 02 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO 25 / 02 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN 28 / 02 / 2022
3. ANÁLISIS SOLICITADO ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN CHN-1.1
5. LUGAR DE RECEPCIÓN LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. CONDICIONES AMBIENTALES Temperatura: 21.8 °C, Humedad relativa 65 %
7. EQUIPO UTILIZADO Espectrofotómetro de absorción atómica de flama: SHIMADZU, AA 7000.
8. RESULTADO

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.410	NTP 214.043.2012 (Revisada el 2021)

9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO  
Los resultados de este informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

Bach. Jesús Utano Reyes  
Analista químico  
LABICER -UNI



Sc. Ily María Maza Mejía  
Responsable de análisis  
Jefe de Laboratorio  
CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



**INFORME TÉCNICO N° 0073 - 22 - LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. 77271786
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 21/02/2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO 25/02/2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN 28/02/2022
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN CHN-1.2
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** Temperatura: 21.8 °C, Humedad relativa: 65 %
7. **EQUIPO UTILIZADO** Espectrofotómetro de absorción atómica de flama SHIMADZU, AA 7000.
8. **RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.450	NTP 214.043.2012 (Revisada el 2021)

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**  
 Los resultados de este informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

  
 Bach. Jesús Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER - UNI



  
 Sc. Ily María Maza Mejía  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.



**INFORME TÉCNICO N° 0074 - 22 - LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. : 77271786
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 21 / 02 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 25 / 02 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 28 / 02 / 2022
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN : CHN-1.3
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 21.8 °C; Humedad relativa: 65 %
7. **EQUIPO UTILIZADO** : Espectrofotómetro de absorción atómica de flama. SHIMADZU, AA 7000.
8. **RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.430	NTP 214.043.2012 (Revisada el 2021)

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**  
 Los resultados de este Informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

  
 Bach. Jesús Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER - UNI

  
 Sc. Ily Marín Maza Mejía  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.



**INFORME TÉCNICO N° 0075 – 22 – LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. : 77271786
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 21 / 02 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 25 / 02 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 28 / 02 / 2022
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN : CHN-2.1
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 21.8 °C, Humedad relativa: 65 %
7. **EQUIPO UTILIZADO** : Espectrofotómetro de absorción atómica de flama. SHIMADZU, AA 7000.
8. **RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.390	NTP 214.043.2012 (Revisada el 2021)

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**  
 Los resultados de este informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico

  
 Bach. Jesús Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER - UNI



  
 Sc. Ily Mariú Maza Mejía  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



**INFORME TÉCNICO N° 0076 – 22 – LABICER**

1. DATOS DEL SOLICITANTE
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. : 77271786
2. CRONOGRAMA DE FECHAS
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 21 / 02 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 25 / 02 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 28 / 02 / 2022
3. ANÁLISIS SOLICITADO : ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN : CHN-2.2
5. LUGAR DE RECEPCIÓN : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 21.8 °C, Humedad relativa: 65 %
7. EQUIPO UTILIZADO : Espectrofotómetro de absorción atómica de flama. SHIMADZU, AA 7000.
8. RESULTADO

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.420	NTP 214.043.2012 (Revisada el 2021)

9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO  
 Los resultados de este informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

Bach. Jesús Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER –UNI

Sc. Ily Mariy Maza Mejia  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



**INFORME TÉCNICO N° 0077 – 22 – LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. : 77271786
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 21 / 02 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 25 / 02 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 28 / 02 / 2022
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN : CHN-2.3
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 21.8 °C, Humedad relativa: 65 %
7. **EQUIPO UTILIZADO** : Espectrofotómetro de absorción atómica de flama. SHIMADZU, AA 7000.
8. **RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.450	NTP 214.043:2012 (Revisada el 2021)

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**  
 Los resultados de este informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico

Bach. Jesús Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER –UNI



Sc. Ily María Maza Mejía  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



**INFORME TÉCNICO N° 0078 - 22 - LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. 77271786
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 21 / 02 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO 25 / 02 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN 28 / 02 / 2022
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN CHN-3.1
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** Temperatura: 21.8 °C, Humedad relativa: 65 %
7. **EQUIPO UTILIZADO** Espectrofotómetro de absorción atómica de flama. SHIMADZU, AA 7000.
8. **RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.380	NTP 214 043:2012 (Revisada el 2021)

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**  
 Los resultados de este informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico

  
 Bach. Jesús Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER - UNI

  
  
 Sr. Ily Mariú Maza Mejía  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



**INFORME TÉCNICO N° 0079 – 22 – LABICER**

- 1. DATOS DEL SOLICITANTE**
- 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE JHONY FREDY HUARCAYA NINA
- 1.2 D.N.I. 77271786
- 2. CRONOGRAMA DE FECHAS**
- 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 21 / 02 / 2022
- 2.2 FECHA DE ENSAYO 25 / 02 / 2022
- 2.3 FECHA DE EMISIÓN 28 / 02 / 2022
- 3. ANÁLISIS SOLICITADO** ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
- 4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
- 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
- 4.2 CODIFICACIÓN CHN-3.2
- 5. LUGAR DE RECEPCIÓN** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
- 6. CONDICIONES AMBIENTALES** Temperatura: 21.8 °C, Humedad relativa: 65 %
- 7. EQUIPO UTILIZADO** Espectrofotómetro de absorción atómica de flama. SHIMADZU, AA 7000.
- 8. RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.430	NTP 214.043:2012 (Revisada el 2021)

- 9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**  
 Los resultados de este Informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

Bach. Jesús Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER –UNI

Sc. Ily Marjory Maza Mejía  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.



**INFORME TÉCNICO N° 0080 – 22 – LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. 77271786
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 21 / 02 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO 25 / 02 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN 28 / 02 / 2022
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN CHN-3.3
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** Temperatura: 21.8 °C, Humedad relativa 65 %
7. **EQUIPO UTILIZADO** Espectrofotómetro de absorción atómica de flama. SHIMADZU, AA 7000.
8. **RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.450	NTP 214 043:2012 (Revisada el 2021)

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**  
 Los resultados de este informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

Bach. Jesús Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER –UNI

MSc. Ily Marjil Maza Mejía  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



**INFORME TÉCNICO N° 0081 - 22 - LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. 77271786
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 21 / 02 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO 25 / 02 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN 28 / 02 / 2022
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN CHN-4.1
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** Temperatura: 21.8 °C, Humedad relativa 65 %
7. **EQUIPO UTILIZADO** Espectrofotómetro de absorción atómica de flama SHIMADZU, AA 7000.
8. **RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.400	NTP 214.043.2012 (Revisada el 2021)

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**  
 Los resultados de este informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico

Bach. Jesús Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER - UNI

Sc. Ily María Maza Mejía  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



**INFORME TÉCNICO N° 0082 - 22 - LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. 77271786
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 21 / 02 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO 25 / 02 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN 28 / 02 / 2022
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN CHN-4.2
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** Temperatura: 21.8 °C, Humedad relativa 65 %
7. **EQUIPO UTILIZADO** Espectrofotómetro de absorción atómica de flama. SHIMADZU, AA 7000
8. **RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.360	NTP 214.043.2012 (Revisada el 2021)

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**  
 Los resultados de este Informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico

Bach. Jesús Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER - UNI

Sc. Ily Mániz Maza Mejía  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



**INFORME TÉCNICO N° 0083 - 22 - LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. 77271786
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 21 / 02 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO 25 / 02 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN 28 / 02 / 2022
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN CHN-4.3
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** Temperatura: 21.8 °C, Humedad relativa 65 %
7. **EQUIPO UTILIZADO** Espectrofotómetro de absorción atómica de flama SHIMADZU, AA 7000.
8. **RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.460	NTP 214 043.2012 (Revisada el 2021)

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**  
 Los resultados de este Informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico

Bach. Jesús Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER - UNI



Sc. Ily Marijo Maza Mejia  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



**INFORME TÉCNICO N° 0133 - 22 - LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. 77271786
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 07 / 03 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO 11 / 03 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN 14 / 03 / 2022
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN CHN-5 1
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** Temperatura: 21.8 °C, Humedad relativa 65 %
7. **EQUIPO UTILIZADO** Espectrofotómetro de absorción atómica de flama. SHIMADZU, AA 7000
8. **RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.370	NTP 214 043 2012 (Revisada el 2021)

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**

Los resultados de este Informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico

Bach. Jesús Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER -UNI



Sc. Ily Mardel Maza Mejía  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



**INFORME TÉCNICO N° 0134 - 22 - LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. 77271786
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 07 / 03 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO 11 / 03 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN 14 / 03 / 2022
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN CHN-5.2
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** Temperatura: 21.8 °C, Humedad relativa: 65 %
7. **EQUIPO UTILIZADO** Espectrofotómetro de absorción atómica de flama. SHIMADZU, AA 7000
8. **RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.360	NTP 214.043.2012 (Revisada el 2021)

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**  
 Los resultados de este informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico

Bach. Jesús Llano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER - UNI



Sc. Ily María Maza Mejía  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.



**INFORME TÉCNICO N° 0135 – 22 – LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. 77271786
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 07 / 03 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO 11 / 03 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN 14 / 03 / 2022
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN CHN-5.3
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** Temperatura: 21.8 °C; Humedad relativa: 65 %
7. **EQUIPO UTILIZADO** Espectrofotómetro de absorción atómica de llama. SHIMADZU, AA 7000.
8. **RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.330	NTP 214.043.2012 (Revisada el 2021)

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**  
 Los resultados de este informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico

  
 Bach. Jesús Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER –UNI



  
 Sc. Ily Marilú Maza Mejía  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



**INFORME TÉCNICO Nº 0136 – 22 – LABICER**

- 1. DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. 77271786
- 2. CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 07 / 03 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO 11 / 03 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN 14 / 03 / 2022
- 3. ANÁLISIS SOLICITADO** ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
- 4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN CHN-6.1
- 5. LUGAR DE RECEPCIÓN** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
- 6. CONDICIONES AMBIENTALES** Temperatura: 21.8 °C, Humedad relativa 65 %
- 7. EQUIPO UTILIZADO** Espectrofotómetro de absorción atómica de flama. SHIMADZU, AA 7000.
- 8. RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.340	NTP 214 043 2012 (Revisada el 2021)

- 9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**  
 Los resultados de este informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico

Bach. Jesús Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER -UNI



Sc. Ily Marjory Maza Mejía  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 COP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.



**INFORME TÉCNICO Nº 0137 - 22 - LABICER**

- 1. DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. 77271786
- 2. CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 07 / 03 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO 11 / 03 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN 14 / 03 / 2022
- 3. ANÁLISIS SOLICITADO** ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
- 4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN CHN-6.2
- 5. LUGAR DE RECEPCIÓN** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
- 6. CONDICIONES AMBIENTALES** Temperatura: 21.8 °C, Humedad relativa 65 %
- 7. EQUIPO UTILIZADO** Espectrofotómetro de absorción atómica de flama SHIMADZU, AA 7000.

**8. RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.320	NTP 214 043 2012 (Revisada el 2021)

**9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**

Los resultados de este informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico

  
 Bach. Jesús Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER - UNI

  
 Sc. Ily Marij Maza Mejia  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



**INFORME TÉCNICO N° 0138 – 22 – LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. 77271786
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 07 / 03 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO 11 / 03 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN 14 / 03 / 2022
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN CHN-6.3
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** Temperatura: 21.8 °C, Humedad relativa 65 %
7. **EQUIPO UTILIZADO** Espectrofotómetro de absorción atómica de flama. SHIMADZU, AA 7000.
8. **RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.310	NTP 214 043 2012 (Revisada el 2021)

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**  
 Los resultados de este Informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico

Bach. Jesús Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER –UNI



Sc. Ily Mariu Maza Mejia  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



**INFORME TÉCNICO N° 0139 - 22 - LABICER**

- 1. DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. 77271786
- 2. CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 07 / 03 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO 11 / 03 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN 14 / 03 / 2022
- 3. ANÁLISIS SOLICITADO** ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
- 4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN CHN-7.1
- 5. LUGAR DE RECEPCIÓN** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
- 6. CONDICIONES AMBIENTALES** Temperatura: 21.8 °C, Humedad relativa: 65 %
- 7. EQUIPO UTILIZADO** Espectrofotómetro de absorción atómica de flama SHIMADZU, AA 7000
- 8. RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
PloMO soluble (Pb), ppm	0.410	NTP 214.043.2012 (Revisada el 2021)

- 9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**  
 Los resultados de este informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico

Bach. Jesús Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER - UNI

Sc. Ily María Maza Mejía  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



**INFORME TÉCNICO N° 0140 - 22 - LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. 77271786
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 07 / 03 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO 11 / 03 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN 14 / 03 / 2022
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGUN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN CHN-7.2
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** Temperatura: 21.8 °C, Humedad relativa: 65 %
7. **EQUIPO UTILIZADO** Espectrofotómetro de absorción atómica de flama. SHIMADZU, AA 7000.
8. **RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.370	NTP 214 043 2012 (Revisada el 2021)

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**  
 Los resultados de este informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico

Bach. Jesús Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER - UNI



Sc. Ily Mariú Maza Mejía  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



**INFORME TÉCNICO N° 0141 - 22 - LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. 77271786
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 07 / 03 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO 11 / 03 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN 14 / 03 / 2022
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN CHN-7.3
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** Temperatura: 21.8 °C, Humedad relativa 65 %
7. **EQUIPO UTILIZADO** Espectrofotómetro de absorción atómica de flama. SHIMADZU, AA 7000.
8. **RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.360	NTP 214.043.2012 (Revisada el 2021)

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**  
 Los resultados de este Informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico

Bach. Jesús Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER - UNI



Sc. Ily María Maza Mejía  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



**INFORME TÉCNICO N° 0142 - 22 - LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. 77271786
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 07 / 03 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO 11 / 03 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN 14 / 03 / 2022
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN CHN-8.1
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** Temperatura: 21.8 °C, Humedad relativa 65 %
7. **EQUIPO UTILIZADO** Espectrofotómetro de absorción atómica de flama. SHIMADZU, AA 7000.
8. **RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.310	NTP 214.043.2012 (Revisada el 2021)

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**  
 Los resultados de este informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico

Bach. Jesús Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER - UNI



Sc. Ily María Maza Mejía  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



**INFORME TÉCNICO N° 0143 - 22 - LABICER**

- 1. DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. 77271786
- 2. CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 07 / 03 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO 11 / 03 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN 14 / 03 / 2022
- 3. ANÁLISIS SOLICITADO** ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
- 4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN CHN-8.2
- 5. LUGAR DE RECEPCIÓN** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
- 6. CONDICIONES AMBIENTALES** Temperatura: 21.8 °C, Humedad relativa 65 %
- 7. EQUIPO UTILIZADO** Espectrofotómetro de absorción atómica de flama. SHIMADZU, AA 7000.
- 8. RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.290	NTP 214.043.2012 (Revisada el 2021)

- 9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**  
 Los resultados de este Informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico

Bach. Jesús Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER -UNI



Sc. Ily Maril Maza Mejía  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.



**INFORME TÉCNICO N° 0144 - 22 - LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. 77271786
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 07 / 03 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO 11 / 03 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN 14 / 03 / 2022
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN CHN-8.3
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** Temperatura: 21.8 °C, Humedad relativa 65 %
7. **EQUIPO UTILIZADO** Espectrofotómetro de absorción atómica de flama. SHIMADZU, AA 7000.
8. **RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Ploomo soluble (Pb), ppm	0.320	NTP 214.043.2012 (Revisada el 2021)

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**  
 Los resultados de este informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico

Bach. Jesús Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER - UNI



Sc. Ily Marilú Maza Mejía  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 COP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra

## Cascara de huevo calcinada-biochar (CHC)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
LABORATORIO LABICER  
ANÁLISIS QUÍMICO, CONSULTORÍA E INVESTIGACIÓN



### INFORME TÉCNICO N° 1335 - 21 - LABICER

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D N I. 77271786
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 23 / 12 / 2021
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO 28 / 12 / 2021
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN 29 / 12 / 2021
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** ANALISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN CHC-1.1
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** Temperatura. 21.8 °C, Humedad relativa 65 %
7. **EQUIPO UTILIZADO** Espectrofotómetro de absorción atómica de flama. SHIMADZU, AA 7000.
8. **RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.320	NTP 214 043:2012 (Revisada el 2021)

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**

Los resultados de este informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico

Bach. Jesús Utano Reyes  
Analista químico  
LABICER - UNI



Ing. Sc. Ily Mariv Maza Mejia  
Responsable de análisis  
Jefe de Laboratorio  
CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



**INFORME TÉCNICO N° 1336 – 21 – LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. 77271786
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 23 / 12 / 2021
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO 28 / 12 / 2021
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN 29 / 12 / 2021
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN CHC-12
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** Temperatura: 21.8 °C, Humedad relativa: 65 %
7. **EQUIPO UTILIZADO** Espectrofotómetro de absorción atómica de flama SHIMADZU, AA 7000.
8. **RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.330	NTP 214 043:2012 (Revisada el 2021)

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**  
 Los resultados de este informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico

Bach. Jesús Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER - UNI



Dr. Ily María Maza Mejía  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



**INFORME TÉCNICO N° 1337 – 21 – LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. 77271786
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 23/12/2021
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO 28/12/2021
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN 29/12/2021
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN CHC-1.3
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** Temperatura: 21.8 °C, Humedad relativa: 65 %
7. **EQUIPO UTILIZADO** Espectrofotómetro de absorción atómica de flama SHIMADZU, AA 7000
8. **RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.360	NTP 214.043.2012 (Revisada el 2021)

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**  
 Los resultados de este informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico

Bach. Jesús Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER -UNI



Sc. Ily Marín Maza Mejía  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



**INFORME TÉCNICO N° 1334 – 21 – LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. 77271786
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 23 / 12 / 2021
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO 28 / 12 / 2021
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN 29 / 12 / 2021
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN CHC-2.1
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** Temperatura: 21.8 °C, Humedad relativa: 65 %
7. **EQUIPO UTILIZADO** Espectrofotómetro de absorción atómica de flama. SHIMADZU, AA 7000.

8. **RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.310	NTP 214.043.2012 (Revisada el 2021)

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**

Los resultados de este informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

  
 Bach. Jesús Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER - UNI



  
 Dr. Ily María Maza Mejía  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.



**INFORME TÉCNICO N° 1335 – 21 – LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. 77271786
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 23 / 12 / 2021
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO 28 / 12 / 2021
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN 29 / 12 / 2021
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN CHC-2.2
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** Temperatura: 21.8 °C, Humedad relativa: 65 %
7. **EQUIPO UTILIZADO** Espectrofotómetro de absorción atómica de flama. SHIMADZU, AA 7000.
8. **RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.290	NTP 214.043:2012 (Revisada el 2021)

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**

Los resultados de este informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico

  
 Bach. Jesús Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER - UNI

  
 Sc. Ily Marilú Maza Mejía  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



**INFORME TÉCNICO N° 1336 - 21 - LABICER**

- 1. DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. 77271786
- 2. CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 23 / 12 / 2021
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO 28 / 12 / 2021
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN 29 / 12 / 2021
- 3. ANÁLISIS SOLICITADO** ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
- 4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN CHC-2.3
- 5. LUGAR DE RECEPCIÓN** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
- 6. CONDICIONES AMBIENTALES** Temperatura: 21.8 °C, Humedad relativa 65 %
- 7. EQUIPO UTILIZADO** Espectrofotómetro de absorción atómica de flama. SHIMADZU, AA 7000.
- 8. RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.320	NTP 214.043.2012 (Revisada el 2021)

- 9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**  
 Los resultados de este informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico

  
 Bach. Jesús Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER - UNI



  
 Sc. Ily Marín Maza Mejía  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



**INFORME TÉCNICO N° 1336 – 21 – LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. 77271786
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 23 / 12 / 2021
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO 28 / 12 / 2021
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN 29 / 12 / 2021
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN CHC-3.1
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** Temperatura: 21.8 °C, Humedad relativa: 65 %
7. **EQUIPO UTILIZADO** Espectrofotómetro de absorción atómica de flama. SHIMADZU, AA 7000.

8. **RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.330	NTP 214.043.2012 (Revisada el 2021)

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**

Los resultados de este informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico

Bach. Jesús Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER –UNI



Sc. Ily Maira Maza Mejía  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 COP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



**INFORME TÉCNICO N° 1337 – 21 – LABICER**

- 1. DATOS DEL SOLICITANTE**
- 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE JHONY FREDY HUARCAYA NINA
- 1.2 D.N.I. 77271786
- 2. CRONOGRAMA DE FECHAS**
- 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 23 / 12 / 2021
- 2.2 FECHA DE ENSAYO 28 / 12 / 2021
- 2.3 FECHA DE EMISIÓN 29 / 12 / 2021
- 3. ANÁLISIS SOLICITADO** ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
- 4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
- 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
- 4.2 CODIFICACIÓN CHC-3.2
- 5. LUGAR DE RECEPCIÓN** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
- 6. CONDICIONES AMBIENTALES** Temperatura: 21.8 °C; Humedad relativa 65 %
- 7. EQUIPO UTILIZADO** Espectrofotómetro de absorción atómica de flama. SHIMADZU, AA 7000.
- 8. RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.370	NTP 214 043:2012 (Revisada el 2021)

- 9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**  
 Los resultados de este Informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico

Bach. Jesús Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER -UNI



Dr. Ily Marjuri Maza Mejía  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



**INFORME TÉCNICO N° 1338 – 21 – LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. 77271786
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 23 / 12 / 2021
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO 28 / 12 / 2021
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN 29 / 12 / 2021
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN CHC-3.3
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** Temperatura: 21.8 °C, Humedad relativa 65 %
7. **EQUIPO UTILIZADO** Espectrofotómetro de absorción atómica de flama SHIMADZU, AA 7000.
8. **RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.380	NTP 214.043.2012 (Revisada el 2021)

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**  
 Los resultados de este Informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico

  
 Bach. Jesús Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER –UNI

  
 Gc. Ily Mariu Maza Mejía  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



**INFORME TÉCNICO N° 1341 - 21 - LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. 77271786
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 23 / 12 / 2021
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO 28 / 12 / 2021
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN 29 / 12 / 2021
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN CHC-4.1
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** Temperatura: 21.8 °C, Humedad relativa 65 %
7. **EQUIPO UTILIZADO** Espectrofotómetro de absorción atómica de flama. SHIMADZU, AA 7000.
8. **RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.210	NTP 214.043.2012 (Revisada el 2021)

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**  
 Los resultados de este informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico

Bach. Jesús Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER -UNI



Sc. Ily Marilú Maza Mejía  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



**INFORME TÉCNICO N° 1341 – 21 – LABICER**

- 1. DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. 77271786
- 2. CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 23 / 12 / 2021
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO 28 / 12 / 2021
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN 29 / 12 / 2021
- 3. ANÁLISIS SOLICITADO** ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
- 4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN CHC-4.2
- 5. LUGAR DE RECEPCIÓN** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
- 6. CONDICIONES AMBIENTALES** Temperatura: 21.8 °C, Humedad relativa 65 %
- 7. EQUIPO UTILIZADO** Espectrofotómetro de absorción atómica de flama. SHIMADZU, AA 7000.
- 8. RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.230	NTP 214.043:2012 (Revisada el 2021)

- 9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**  
 Los resultados de este informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico

Bach. Jesús Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER - UNI

Sc. Ily María Maiza Mejía  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



**INFORME TÉCNICO N° 1341 - 21 - LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. : 77271786
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 23 / 12 / 2021
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 28 / 12 / 2021
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 29 / 12 / 2021
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN : CHC-4.3
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 21.8 °C, Humedad relativa 65 %
7. **EQUIPO UTILIZADO** : Espectrofotómetro de absorción atómica de flama. SHIMADZU, AA 7000.
8. **RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.190	NTP 214.043.2012 (Revisada el 2021)

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**  
 Los resultados de este Informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

Bach. Jesús Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER -UNI



Sc. Ily María Maza Mejía  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



**INFORME TÉCNICO N° 0010 – 22 – LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. 77271786
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 10 / 01 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO 14 / 01 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN 17 / 01 / 2022
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN CHC-5.1
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** Temperatura: 21.8 °C, Humedad relativa 65 %
7. **EQUIPO UTILIZADO** Espectrofotómetro de absorción atómica de flama. SHIMADZU, AA 7000
8. **RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.170	NTP 214.043:2012 (Revisada el 2021)

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**  
 Los resultados de este informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico

Bach. Jesús Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER - UNI



Sc. Ily Marj Maza Mejía  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



**INFORME TÉCNICO N° 0011 - 22 - LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. 77271786
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 10 / 01 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO 14 / 01 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN 17 / 01 / 2022
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN CHC-5.2
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** Temperatura: 21.8 °C, Humedad relativa 65 %
7. **EQUIPO UTILIZADO** Espectrofotómetro de absorción atómica de flama. SHIMADZU, AA 7000.
8. **RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.190	NTP 214.043:2012 (Revisada el 2021)

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**  
 Los resultados de este informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico

Bach. Jesús Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER - UNI



Dr. Ily Marilú Maza Mejía  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



**INFORME TÉCNICO N° 0012 - 22 - LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. 77271786
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 10 / 01 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO 14 / 01 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN 17 / 01 / 2022
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN CHC-5.3
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** Temperatura: 21.8 °C; Humedad relativa 65 %
7. **EQUIPO UTILIZADO** Espectrofotómetro de absorción atómica de flama. SHIMADZU, AA 7000
8. **RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.150	NTP 214.043.2012 (Revisada el 2021)

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**  
 Los resultados de este Informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico

  
 Bach. Jesús Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER - UNI

  
 Sc. Ily Maril Maza Mejía  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



**INFORME TÉCNICO N° 0013 - 22 - LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. 77271786
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 10 / 01 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO 14 / 01 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN 17 / 01 / 2022
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGUN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACION DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACION CHC-6.1
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** Temperatura 21.8 °C, Humedad relativa 65 %
7. **EQUIPO UTILIZADO** Espectrofotómetro de absorción atómica de flama SHIMADZU, AA 7000
8. **RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.160	NTP 214.043.2012 (Revisada el 2021)

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**  
 Los resultados de este Informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

  
 Bach Jesus Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER -UNI

  
 Lic. Ily Marly Maza Mejia  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



**INFORME TÉCNICO N° 0014 – 22 – LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. 77271786
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 10 / 01 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO 14 / 01 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN 17 / 01 / 2022
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN CHC-6.2
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** Temperatura 21.8 °C, Humedad relativa 65 %
7. **EQUIPO UTILIZADO** Espectrofotómetro de absorción atómica de flama. SHIMADZU, AA 7000
8. **RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.130	NTP 214 043:2012 (Revisada el 2021)

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**  
 Los resultados de este informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

  
 Bach Jesús Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER –UNI



  
 Sc. Ily Marija Maza Mejía  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



**INFORME TÉCNICO N° 0015 - 22 - LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. 77271786
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 10 / 01 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO 14 / 01 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN 17 / 01 / 2022
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN CHC-6.3
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** Temperatura: 21.8 °C, Humedad relativa 65 %
7. **EQUIPO UTILIZADO** Espectrofotómetro de absorción atómica de flama SHIMADZU, AA 7000
8. **RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.170	NTP 214.043:2012 (Revisada el 2021)

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**  
 Los resultados de este informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

  
 Bach Jesus Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER -UNI

  
  
 Ily Marily Maza Mejia  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



**INFORME TÉCNICO N° 0016 - 22 - LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. 77271786
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 10 / 01 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO 14 / 01 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN 17 / 01 / 2022
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN CHC-7.1
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** Temperatura 21.8 °C, Humedad relativa 65 %
7. **EQUIPO UTILIZADO** Espectrofotómetro de absorción atómica de flama SHIMADZU, AA 7000
8. **RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.130	NTP 214.043:2012 (Revisada el 2021)

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**  
 Los resultados de este Informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

  
 Bach Jesus Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER - UNI

  
 Ily Marily Maza Mejia  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



**INFORME TÉCNICO N° 0017 - 22 - LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. 77271786
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 10 / 01 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO 14 / 01 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN 17 / 01 / 2022
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACION CHC-7.2
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** Temperatura 21.8 °C, Humedad relativa 65 %
7. **EQUIPO UTILIZADO** Espectrofotómetro de absorción atómica de flama SHIMADZU, AA 7000

8. **RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.030	NTP 214.043.2012 (Revisada el 2021)

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**

Los resultados de este informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

  
 Bach Jesus Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER -UNI



  
 Sc Ily Marilú Maza Mejía  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



**INFORME TÉCNICO N° 0018 - 22 - LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. 77271786
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 10 / 01 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO 14 / 01 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN 17 / 01 / 2022
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACION DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN CHC-7.3
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** Temperatura 21.8 °C, Humedad relativa 65 %
7. **EQUIPO UTILIZADO** Espectrofotómetro de absorción atómica de flama SHIMADZU, AA 7000
8. **RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.150	NTP 214.043:2012 (Revisada el 2021)

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**  
 Los resultados de este informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

  
 Bach Jesus Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER - UNI

  
 Sc Ily Marij Maza Mejia  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



**INFORME TÉCNICO N° 0019 – 22 – LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. 77271786
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 10 / 01 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO 14 / 01 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN 17 / 01 / 2022
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN CHC-8.1
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** Temperatura: 21.8 °C, Humedad relativa 65 %
7. **EQUIPO UTILIZADO** Espectrofotómetro de absorción atómica de flama. SHIMADZU, AA 7000.
8. **RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.310	NTP 214.043:2012 (Revisada el 2021)

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**  
 Los resultados de este informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico

  
 Bach. Jesús Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER –UNI



  
 Sc. Ily María Maza Mejía  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



**INFORME TÉCNICO N° 0020 – 22 – LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. 77271786
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 10 / 01 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO 14 / 01 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN 17 / 01 / 2022
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN CHC-8.2
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** Temperatura: 21.8 °C, Humedad relativa 65 %
7. **EQUIPO UTILIZADO** Espectrofotómetro de absorción atómica de llama. SHIMADZU, AA 7000.
8. **RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.290	NTP 214.043.2012 (Revisada el 2021)

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**  
 Los resultados de este informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones enunciadas del presente informe técnico

Bach. Jesús Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER -UNI



Ing. Sc. Ily María Maza Mejía  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 CQP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



**INFORME TÉCNICO N° 0021 – 22 – LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE JHONY FREDY HUARCAYA NINA
  - 1.2 D.N.I. 77271786
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN 10 / 01 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO 14 / 01 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN 17 / 01 / 2022
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE PLOMO
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 01 MUESTRA DE SOLUCIÓN ACUOSA
  - 4.2 CODIFICACIÓN CHC-8.3
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** Temperatura: 21.8 °C, Humedad relativa 65 %
7. **EQUIPO UTILIZADO** Espectrofotómetro de absorción atómica de flama. SHIMADZU, AA 7000
8. **RESULTADO**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA DE REFERENCIA
Plomo soluble (Pb), ppm	0.320	NTP 214.043.2012 (Revisada el 2021)

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**  
 Los resultados de este informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico

Bach. Jesús Utano Reyes  
 Analista químico  
 LABICER –UNI



Sc. Ily Maritza Maza Mejía  
 Responsable de análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 COP 1149

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra