

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS**  
**NATURALES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE**  
**RECURSOS NATURALES**



**“CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE LA CÁSCARA DE COCO**  
**PARA LA REMOCIÓN DE COBRE EN RELAVE MINERO**  
**METALÚRGICO, CALLAO, 2022”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES**

**AUTOR:**  
**Bach. SALVADOR ALEJANDRO FAJARDO SANCHEZ**

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Fajardo Sanchez".

**ASESOR(A):**  
**MSc. MARIA PAULINA ALIAGA MARTINEZ**

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Aliaga Martinez".

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**  
**OCEANOGRAFÍA, HIDROLOGIA Y RECURSOS DEL AGUA**

Callao, 2022

PERÚ





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES**  
(Resolución N° 019-2021-CU del 20 de enero de 2021)



III CICLO TALLER DE TESIS

**ANEXO 3**

**ACTA N° 005-2022 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES.**

**LIBRO 01 FOLIO No. 53 ACTA N°005-2022 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES.**

A los 19 días del mes de noviembre del año 2022, siendo las 8:16 horas, se reunieron, en la sala meet: <https://meet.google.com/wbt-okpc-qmv>, el **JURADO DE SUSTENTACION DE TESIS** para la obtención del **TÍTULO Profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales** de la **Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:

<b>Ms.C. María Teresa Valderrama Rojas</b>	<b>: Presidente</b>
<b>Mtra. Janet Mamani Ramos</b>	<b>: Secretaria</b>
<b>Mtro. Dan Skipper Anarcaya Torres</b>	<b>: Vocal</b>
<b>Dr. Miguel Ángel De La Cruz Cruz</b>	<b>: Suplente</b>
<b>M.C. María Paulina Aliaga Martínez</b>	<b>: Asesora</b>

Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis del Bachiller Salvador Alejandro Fajardo Sanchez, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales, sustenta la tesis titulada: **"CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE LA CÁSCARA DE COCO PARA LA REMOCIÓN DE COBRE EN RELAVE MINERO METALÚRGICO, CALLAO, 2022"**, cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N°039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 095-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario";

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por Aprobado con la escala de calificación cualitativa Muy Bueno y calificación cuantitativa 18 la presente Tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 099-2021-CU del 30 de junio de 2021.

Se dio por cerrada la Sesión a las 16:30 horas del día sábado 19 de noviembre del año en curso.

Presidente

Secretaria

Vocal

Asesora

## **INFORMACIÓN BÁSICA**

**FACULTAD:** FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

**UNIDAD DE INVESTIGACIÓN:** UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

**TÍTULO:** CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE LA CÁSCARA DE COCO PARA LA REMOCIÓN DE COBRE EN RELAVE MINERO METALÚRGICO, CALLAO, 2022

**AUTOR:** Bach. SALVADOR ALEJANDRO FAJARDO SANCHEZ

**CODIGO ORCID DEL AUTOR:** 0000-0002-5288-6208

**DNI DEL AUTOR:**46733131

**ASESOR(A):**MsC. MARIA PAULINA ALIAGA MARTINEZ

**CODIGO ORCID DE LA ASESOR(A):** 0000-0003-2767-4825

**DNI DE LA ASESORA:** 08663264

**LUGAR DE EJECUCIÓN:** LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO.

**UNIDAD DE ANALISIS:** COBRE EN EL RELAVE MINERO METALÚRGICO

**TIPO DE INVESTIGACIÓN:** APLICADA

**ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN:** CUANTITATIVO

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:** EXPERIMENTAL

**TEMA OCDE:** 1.05.11—OCEANOGRAFIA,HIDROLOGÍA ,RECURSOS HÍDRICOS

## HOJA DE REFERENCIA DE JURADO

### MIEMBROS DEL JURADO EVALUADOR:

Ms.C. María Teresa Valderrama Rojas	: Presidente
Mtra. Janet Mamani Ramos	: Secretaria
Mtro. Dan Skipper Anarcaya Torres	: Vocal
Dr. Miguel Ángel De La Cruz Cruz	:Suplente

## **DEDICATORIA**

A mi familia, por su paciencia, apoyo constante y soporte brindado; especialmente a mi madre por ser mi ejemplo de esfuerzo y superación.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi alma máter, la Universidad Nacional del Callao, por la formación impartida durante mi etapa universitaria.

A la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales, por brindarme el apoyo al acceder a sus respectivos laboratorios para realizar mis pruebas experimentales.

A mi asesora, la Ms. C. María Aliaga, por todo su apoyo, orientación y siempre tener la disposición de absolver las dudas en el desarrollo de mi investigación.

## ÍNDICE

RESUMEN.....	15
ABSTRACT.....	16
INTRODUCCIÓN.....	17
<b>I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>19.</b>
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	19
1.2. Formulación del problema.....	20
1.2.1. Problema general.....	20
1.2.2. Problemas específicos.....	20
1.3. Objetivos.....	21
1.3.1. Objetivo general.....	21
1.3.2. Objetivos específicos.....	21.
1.4. Justificación.....	21
1.4.1. Justificación teórica.....	21
1.4.2. Justificación ambiental.....	22
1.4.3. Justificación tecnológica y económica.....	22
1.4.4. Justificación Legal.....	22
1.5. Delimitantes de la Investigación.....	22
1.5.1. Teórico.....	22
1.5.2. Temporal.....	23
1.5.3. Espacial.....	23
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>23</b>
2.1. Antecedentes:.....	23
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	23
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	25
2.2. Bases teóricas.....	26
2.2.1. El empleo de residuos de la industria agroalimentaria para la obtención del carbón activado.....	26
2.2.2. El carbón activado utilizado como adsorbente de metales pesados.....	27
2.3. Marco conceptual.....	28
2.3.1. Carbón activado.....	28
2.3.2. Cáscara de coco.....	30
2.3.3. Cobre en relave minero metalúrgico.....	31
2.3.3.1..Cobre.....	31
2.3.3.2. Relaves minero metalúrgicos.....	32
2.4. Definición de términos básicos.....	34
<b>III. HIPÓTESIS Y VARIABLES.....</b>	<b>36</b>
3.1. Hipótesis.....	36
3.1.1 Operacionalización de variable.....	37

<b>IV. METODOLOGIA DEL PROYECTO.....</b>	<b>39</b>
4.1.    Diseño metodológico.....	39
4.2.    Método de investigación.....	39
4.3.    Población y muestra.....	52
4.3.1 Población.....	52
4.3.2 Muestra.....	52
4.4.    Lugar de estudio y periodo desarrollado .....	52
4.5.    Técnicas e instrumentos para la recolección de la información .....	53
4.5.1. Técnicas.....	53
4.5.2. Instrumentos de recolección de datos.....	53.
4.6.    Análisis y procesamiento de datos .....	53
4.7.    Aspectos Éticos en investigación.....	54
<b>V.    RESULTADOS .....</b>	<b>55</b>
5.1.    Resultados descriptivos.....	55
5.1.1. Resultados de los parámetros físicos del material precursor (residuo cáscara de Coco.....	55
5.1.2. Resultados de las características de los carbones activados obtenidos.....	58
5.2.    Resultados inferenciales.....	62
5.2.1 Cantidades de Cobre adsorbido.....	62
5.2.2. Porcentaje de remoción de Cobre.....	63
<b>VI.    DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>67</b>
6.1.    Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.....	67
6.1.1. Parámetros físicos del material precursor.....	67
6.1.2. Características del carbón activado.....	69
6.2.    Contrastación de los resultados con otros estudios similares.....	70
6.2.1. Parámetros físicos del material precursor.....	70
6.2.2. Características del carbón activado.....	70
6.2.3. Cantidad de Cobre adsorbido.....	71
6.2.4. Porcentaje de remoción de Cobre.....	73
6.3.    Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes.....	74
<b>VII.  CONCLUSIONES .....</b>	<b>75</b>
<b>VIII.  RECOMENDACIONES.....</b>	<b>76</b>
<b>IX.    REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>77</b>
<b>X.    ANEXOS.....</b>	<b>83</b>
ANEXO I. MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	83
ANEXO II. INSTRUMENTOS VALIDADOS.....	84
ANEXO III. INFORMES TÉCNICOS DEL LABORATORIO LABICER.....	88

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 01:</b> Composición física del carbón activado de la cáscara de coco.....	30
<b>Tabla 02:</b> Composición química del Coco.....	31
<b>Tabla 03:</b> Composición física de la cáscara de coco y otros precursores empleados para la activación del carbón activado.....	31
<b>Tabla 04:</b> Usos del Cobre y otras materias primas.....	32
<b>Tabla 05:</b> Caracterización del relave en diferentes procesos de tratamiento.....	34
<b>Tabla 06:</b> Matriz de operacionalización de variables.....	38
<b>Tabla 07:</b> Densidad aparente de las muestras de las cáscaras de Coco.....	55
<b>Tabla 08:</b> Contenido de humedad de las cáscaras de Coco.....	56
<b>Tabla 09:</b> Contenido de ceniza de las cáscaras de Coco.....	56
<b>Tabla 10:</b> Contenido de material volátil de las cáscaras de Coco.....	57
<b>Tabla 11:</b> Media de los parámetros físicos de las cáscaras de Coco.....	57
<b>Tabla 12:</b> Rendimientos de los carbones activados.....	58
<b>Tabla 13:</b> Densidades aparentes de los carbones activados.....	59
<b>Tabla 14:</b> Contenido de humedad de los carbones activados.....	59
<b>Tabla 15:</b> Contenido de material volátil de los carbones activados.....	60
<b>Tabla 16:</b> Contenido de ceniza de los carbones activados.....	61
<b>Tabla 17:</b> Ph de los carbones activados.....	61
<b>Tabla 18:</b> Media de las características de los carbones activados.....	62
<b>Tabla 19:</b> Cantidades de Cobre adsorbido en muestras de efluentes mineros metalúrgicos.....	63
<b>Tabla 20:</b> Porcentajes de remoción de Cobre en muestras de efluentes mineros metalúrgicos .....	64
<b>Tabla 21:</b> Razones de impregnación VS Concentración promedio final de Cobre.....	64
<b>Tabla 22:</b> Prueba de normalidad para la razón de impregnación y concentración promedio final de Cobre.....	65
<b>Tabla 23:</b> Prueba estadística ANOVA de un factor intersujetos.....	65

<b>Tabla 24:</b> Coeficientes del modelo cuadrático elegido para las variables “Razón de impregnación” y “Concentración final de Cobre” .....	66
<b>Tabla 25:</b> Parámetros físicos del material precursor VS concentraciones finales de Cobre.....	68
<b>Tabla 26:</b> Características del carbón activado VS Concentraciones finales de Cobre.....	69
<b>Tabla 27:</b> Contrastación de los parámetros físicos de la cáscara de Coco con otros resultados similares.....	70
<b>Tabla 28:</b> Contrastación de las características de los carbones activados obtenidos con otros resultados similares.....	71
<b>Tabla 29:</b> Contrastación de la cantidad de Cobre adsorbido con otros resultados similares .....	71
<b>Tabla 30:</b> Cantidad de Cobre adsorbido en cada muestra de efluente minero metalúrgico.....	72
<b>Tabla 31:</b> Contrastación del porcentaje de remoción de Cobre con otros resultados similares.....	73
<b>Tabla 32:</b> Porcentajes de remoción de Cobre en cada muestra de efluentes mineros metalúrgicos.....	73

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 01:</b> Representación esquemática de la estructura del carbón activado.....	29
<b>Figura 02:</b> Composición estructural del coco.....	30
<b>Figura 03:</b> Tubos de Cobre.....	32
<b>Figura 04:</b> Cobre como conductor eléctrico.....	32
<b>Figura 05:</b> Relave en el distrito de Huallanca, Ancash.....	33
<b>Figura 06:</b> Cáscaras de Coco en estudio .....	40
<b>Figura 07:</b> Cáscaras de Coco molido.....	40
<b>Figura 08:</b> Pesado de cascaras de Coco .....	40
<b>Figura 09:</b> Muestras de cáscaras de Coco .....	40
<b>Figura 10:</b> Probeta con cáscara de Coco .....	41
<b>Figura 11:</b> Pesado de Cáscara de Coco.....	42
<b>Figura 12:</b> Temperatura de 110 °C de la estufa .....	42
<b>Figura 13:</b> Pesado de Cáscara de Coco en una cápsula .....	43
<b>Figura 14:</b> Cáscara de Coco en una mufla .....	43
<b>Figura 15:</b> Pesado de 4 g de cascara de Coco en una cápsula .....	43
<b>Figura 16:</b> Temperatura de 700 °C en la mufla .....	43
<b>Figura17:</b> Muestras de cáscaras de Coco .....	44
<b>Figura 18:</b> Cáscaras de Coco en la mufla.....	44
<b>Figura 19:</b> Cáscaras de Coco carbonizadas.....	44
<b>Figura 20:</b> Cáscaras de Coco carbonizadas Impregnadas con ácido fosfórico( $H_3CO_4$ ) al 25%.....	44
<b>Figura 21:</b> Carbones activados generados.....	45
<b>Figura 22:</b> Secado de carbones activados generados.....	45
<b>Figura 23:</b> Cáscaras de Coco carbonizadas.....	45
<b>Figura 24:</b> Carbones activados empaquetados.....	45
<b>Figura 25:</b> Probeta con carbón activado.....	46
<b>Figura 26:</b> Pesado de un carbón activado.....	47

<b>Figura 27:</b> Carbones activados en la estufa.....	47
<b>Figura 28:</b> Carbón activado a 950 °C.....	47
<b>Figura 29:</b> Peso del carbón activada a 950°C con crisol .....	47
<b>Figura 30:</b> Carbón activado a 730 °C.....	48
<b>Figura 31:</b> Peso del carbón activado a 730 °C con crisol .....	48
<b>Figura 32:</b> Carbones activados disueltos con agua destilada .....	49
<b>Figura 33:</b> Lectura del pH.....	49
<b>Figura 34:</b> Efluente del relave minero metalúrgico.....	49
<b>Figura 35:</b> Proceso de adsorción con carbones activados .....	50
<b>Figura 36:</b> Filtración al vacío.....	50
<b>Figura 37:</b> Muestras de los efluentes del relave minero metalúrgico luego de la adsorción.....	51
<b>Figura 38:</b> Zona de estudio donde se obtuvieron los relaves mineros metalúrgicos.....	52
<b>Figura 39:</b> Grafico de razón de impregnación VS concentración final de Cobre en SPSS 26.....	67
<b>Figura 40:</b> Grafico de razón de impregnación VS concentración final de Cobre en EXCEL.....	67
<b>Figura 41:</b> Parámetros físicos del material precursor VS concentraciones finales de Cobre.....	68
<b>Figura 42:</b> Características del carbón activado VS concentraciones finales de Cobre.....	69

## INDICE DE ABREVIATURAS

Ph: Potencial de hidrógeno

Cu:Cobre

T<sub>ambiente</sub> :Temperatura de ambiente

H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>:Ácido fosfórico

mg/L:Miligramos por litro

CA: Carbón activado

LMP: Límite máximo permisible

Ci: Concentraciones iniciales

Cf: Concentraciones finales

UNI: Universidad Nacional de Ingeniería

$\bar{X}$ :Media aritmetica

Ti:Tratamiento en el caso i

Sig:Valor de significancia

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal determinar como el carbón activado a partir de la cáscara de coco influye en la remoción de Cobre en relave minero metalúrgico. El tipo de investigación para este trabajo fue aplicada y de diseño experimental, se utilizó como muestra representativa 1 Kg de relave minero metalúrgico procedente de la planta concentradora de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Los resultados disponibles señalan que a medida que una característica particular del carbón activado llamado razón de impregnación aumenta , las concentraciones de las muestras de los efluentes del relave minero disminuyen hasta la razón de impregnación de valor igual a 1/1, donde ocurre la remoción máxima de Cobre, luego, a partir de esa razón de impregnación en adelante las concentraciones finales de Cobre aumenta, concluyendo que no se genera tanta remoción de Cobre a comparación de la remoción de Cobre generado a partir del carbón activado de razón de impregnación igual a 1/1.

La densidad aparente, contenido de humedad, contenido de ceniza y contenido de material volátil de la cáscara de coco analizado fueron de 0,62052 g/mL; 8,45128 %; 1,51746 % y 84,45026 % respectivamente. El carbón activado que mejor rendimiento tubo fue el carbón activado de razón de impregnación de 5/4, con un 100 % de rendimiento, el de mayor densidad aparente fue el carbón activado de razón de impregnación de 3/2, con un valor de 0,355 g/ml, el de mayor contenido de humedad fue el carbón activado de razón de impregnación de 3/4, con un valor de 1,796 % ,y el de mayor contenido de material volátil, contenido de ceniza y pH fue el carbón activado con razón de impregnación de 1/2, con valores de 2,0667 %, 16,8561 % y 9,5 respectivamente.

## ABSTRACT

The main objective of this research work was to determine how activated carbon from coconut shells influences the removal of copper in metallurgical mining tailings. The type of research for this work was applied and experimental design, 1 kg of metallurgical mining tailings from the concentrator plant of the National University of Engineering was used as a representative sample.

The available results indicate that as a particular characteristic of activated carbon called the impregnation ratio increases, the concentrations of the mining tailings effluent samples decrease until the impregnation ratio equals 1/1, where the maximum removal of carbon occurs. Copper, then, from that impregnation ratio onwards, the final concentrations of Copper increase, concluding that not as much Copper removal is generated compared to the removal of Copper generated from activated carbon with an impregnation ratio equal to 1/1.

The bulk density, moisture content, ash content and volatile material content of the analyzed coconut shell were 0.62052 g/mL; 8.45128%; 1.51746% and 84.45026%, respectively. The activated carbon with the best tube performance was activated carbon with an impregnation ratio of 5/4, with 100% performance, the one with the highest apparent density was activated carbon with an impregnation ratio of 3/2, with a value of 0.355. g/ml, the one with the highest moisture content was activated carbon with an impregnation ratio of 3/4, with a value of 1.796%, and the one with the highest content of volatile material, ash content and pH was activated carbon with a ratio of 3/4. of impregnation of 1/2, with values of 2.0667%, 16.8561% and 9.5 respectively.

## INTRODUCCIÓN

El tema de la remoción de metales pesados en soluciones acuosas ha sido estudiada por muchos autores, en su empeño de minimizar estos contaminantes presentes en las fuentes de agua o en los diferentes tipos de efluentes, ya sean también efluentes provenientes de relaves mineros metalúrgicos, que se descargan a los cuerpos receptores, dado que no son biodegradables y tienden a acumularse en los organismos, causando numerosas enfermedades y trastornos, razón por la cual han sido catalogados como una clase emergente de cancerígenos humanos (Rosales y Quevedo 2019).

Para la remoción de metales pesados en soluciones acuosas diferentes métodos se han empleado como el intercambio iónico, la precipitación química, ósmosis inversa, procesos de biorremediación, entre otros. Sin embargo, estos métodos de tratamiento son costosos y en algunos casos el proceso es lento, también sufren de remoción incompleta además de su compleja operación y alto requerimiento energético, es por esto, que la búsqueda de tecnologías nuevas y rentables que logren capturar o eliminar especies metálicas presentes en efluentes acuosos ha sido orientada a la adsorción utilizando materiales con capacidades de adsorción altas y que tengan un costo de fabricación y de aplicación accesible (Saha, Datta y Sanyal 2010).

Ante dicha situación, la industria minera ha presentado especial interés en remover metales pesados procedentes de sus efluentes, entre ellos el Cobre, pero también toman interés en recuperar tales metales valiosos, para su interés comercial (Mansilla, Guinez y Jeldes 2021).

La adsorción es un método interesante para la eliminación de compuestos orgánicos y metales de medios acuosos contaminantes, debido a la alta eficiencia y el fácil manejo de los materiales adsorbentes utilizados; siendo el carbón activado el adsorbente más versátil y comúnmente usado debido a su alta área superficial y alta capacidad de adsorción, con cinética rápida, y relativamente fácil regeneración, se trata de un grupo de materiales preparados mediante reacción de un material carbonizado con gases oxidantes o mediante la carbonización de un material precursor impregnado con agentes químicos deshidratantes (Rosales y Quevedo 2019).

Se ha demostrado que el carbón activado procedente del residuo cascara de coco revela alta adsorptividad, además este material es utilizado exitosamente en procesos de purificación de aguas, entre otros, pero esta adsorptividad depende de varios factores para que esta sea alta o baja, las cuales estos factores son los siguientes: los parámetros físicos del material precursor, que en este caso es la cáscara de Coco; estos parámetros físicos son la densidad aparente, contenido de humedad, contenido de ceniza, contenido de material volátil, temperatura de activación, tiempo de impregnación y concentración del agente activante, todo haciendo referencia a la cáscara de Coco (Carriazo, Saavedra y Molina 2010).

Además de los parámetros físicos del material precursor, la adsorptividad también depende de las características del mismo carbón activado en la cual va actuar como adsorbente en la purificación de aguas residuales, estas características son el rendimiento, densidad aparente, contenido de humedad, contenido de material volátil, contenido de ceniza, pH y razón de impregnación, todo haciendo referencia del carbón activado (Carriazo, Saavedra y Molina 2010).

El propósito principal del presente estudio fue demostrar que el carbón activado obtenido a partir del residuo cáscara de coco remueve Cobre en los relaves mineros metalúrgicos, esta remoción se realizó mediante carbones activados con diferentes valores de razones de impregnación, las cuales para en este estudio estos valores fueron de  $1/2$ ,  $3/4$ ,  $1/1$ ,  $5/4$  y  $3/2$ .

## **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Descripción de la realidad problemática**

A nivel mundial uno de los problemas de contaminación ambiental se debe al desarrollo de la actividad minera e industrial, éstas generan efluentes residuales con una acumulación alta de metales pesados y otros contaminantes nocivos para la salud y el medio ambiente. Según un estudio (Morán e Hidalgo 2016), revela que los contaminantes, en este caso, contaminantes metálicos, en comparación a los contaminantes orgánicos, no se degradan con facilidad en el medio ambiente debido a que forman sustancias complejas llamadas quelatos, y éstos contaminantes tienden a acumularse en la cadena alimenticia, los cuales son venenos acumulativos en los consumidores.

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos señala a cinco metales pesados como los más relevantes en cuanto a su impacto a la salud y al medio ambiente, las cuales son Cadmio, Cromo, Cobre, Plomo y Mercurio. La fuente principal de contaminación de estos metales pesados son las actividades provocadas por el hombre, que involucra: acabado de metales, rellenos sanitarios, actividades agrícolas, actividades industriales (minería, textil, galvanoplastia), producción de energía y procesamiento de cuero, entre otras (Sanchez et al. 2020, p.02)

También en una localidad llamada Chapinero, en Bogotá, existe un acueducto llamado Acualcos, donde actualmente se evidencian varios problemas que se han incrementado en épocas de lluvia, afectando algunas características físicas del agua como son la turbidez, color, olor y sabor, por consiguiente, la calidad del agua puede afectar la salud de quien la consume. Para mitigar estas características físicas del agua, Acualcos dispone de un sistema de tratamiento continuo con varias operaciones unitarias, sin embargo, estas operaciones no son tan efectivas al realizar el tratamiento de estas aguas (Rodríguez, Leiton y Bohórquez 2020).

Ya mencionando a nivel nacional, se han identificado que las aguas de consumo de la población de Paragsha, Cerro de Pasco, posee grandes concentraciones de Hierro y Plomo, esto es debido por las actividades mineras que se realizan cerca de dicha población (Ponce 2019).

En Tumbes, sin bien es cierto se cuenta con una planta de tratamiento para la producción de agua potable, esta no es la más eficiente, esto se

debe a que en la planta de tratamiento se evidencia que entre sus procesos hace falta agregar un filtro de tal manera que el sistema de tratamiento sea más eficiente en cuanto realice el proceso de la adsorción hacia las impurezas que pueda tener el agua residual a tratar (Silva 2018).

Mencionando, también a nivel nacional, en los últimos años se viene acrecentando la demanda de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en todo el Perú, debido al desarrollo de la industria, crecimiento de la población y legislaciones más exigentes entorno a la protección de los recursos hídricos, sin embargo, uno de los mayores problemas de estas PTAR es el manejo de los lodos residuales generados (Mayta 2017).

Finalmente, por los problemas expuestos, se justifica en este estudio el uso del carbón activado a partir de un residuo orgánico la cual para en este caso fue la cáscara de coco, como una alternativa para la remoción de contaminantes mencionados en los problemas anteriores, en este caso el estudio se enfocó en la remoción de Cobre en relave minero metalúrgico, siendo esta investigación un aporte en la reducción de la contaminación de los recursos hídricos que es provocado por la descarga de los relaves mineros metalúrgicos hacia tales cuerpos de aguas.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

- ¿De qué manera el carbón activado a partir de la cáscara de coco influye en la remoción de Cobre en relave minero metalúrgico?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- ¿Cuáles son los parámetros físicos del material precursor del carbón activado a partir de la cáscara de coco para la remoción de Cobre en relave minero metalúrgico?
- ¿Cuáles son las características del carbón activado a partir de la cáscara de coco para la remoción de Cobre en relave minero metalúrgico?

- ¿Cuánto es la cantidad de Cobre adsorbido producto del carbón activado a partir de la cáscara de coco para la remoción de Cobre en relave minero metalúrgico?
- ¿Cuánto es el porcentaje de remoción de Cobre producto del carbón activado a partir de la cáscara de coco para la remoción de Cobre en relave minero metalúrgico?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general**

- Evaluar la influencia del carbón activado a partir de la cáscara de coco en la remoción de Cobre en relave minero metalúrgico

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Identificar los parámetros físicos del material precursor del carbón activado a partir de la cáscara de coco para la remoción de Cobre en relave minero metalúrgico
- Identificar las características del carbón activado a partir de la cáscara de coco para la remoción de Cobre en relave minero metalúrgico
- Determinar la cantidad de Cobre adsorbido producto del carbón activado a partir de la cáscara de coco para la remoción de Cobre en relave minero metalúrgico
- Determinar el porcentaje de remoción de Cobre producto del carbón activado a partir de la cáscara de coco para la remoción de Cobre en relave minero metalúrgico

### **1.4. Justificación**

#### **1.4.1. Justificación teórica**

El proceso de adsorción es el método más usado y aplicado en las industrias. Puede ocurrir en un interfaz entre líquido-sólido, líquido-líquido o gas-líquido. Se ha comprobado que los carbones activados como un método de adsorción son eficientes en la remoción de Cromo, Cobre, Zinc, aguas residuales y Cadmio (Ugwu y Agunwamba 2020), por lo cual se

justifica el poder utilizar este método de adsorción para remover Cobre en los efluentes de los relaves minero metalúrgicos de las muestras obtenidas desde la planta concentradora de la UNI.

#### **1.4.2. Justificación Ambiental**

El carbón activado a base de cáscara coco es un material poroso con una gran área superficial, es capaz de absorber una gran diversidad de sustancias, tanto gaseosas como líquidas, y es conocido desde el principio del siglo pasado, por sus propiedades absorbentes. En la actualidad es ampliamente utilizado para remover el color, olor, sabor y un sin número de impurezas orgánicas durante el tratamiento del agua para el uso doméstico e industrial. También se usa en la recuperación de solventes, en la remoción de color, en las diversas esencias azucaradas, en el control de la contaminación ambiental, en las industrias farmacéuticas y médicas (Flores, Ruiz y Espinoza 2017).

#### **1.4.3. Justificación tecnológica y económica**

Los fenómenos de adsorción se hacen presentes en diversos procesos de la industria química, tales como los procesos de catálisis heterogénea, procesos de separación de mezclas, tratamiento de residuos en solución acuosa, y procesos de purificación de gases y líquidos. Para muchas de estas aplicaciones se recurre al uso de carbón activado como material adsorbente, debido a sus reconocidas propiedades: área superficial muy grande, microporosidad elevada y económicamente de bajo costo (Carriazo, Saavedra y Molina 2010).

#### **1.4.4. Justificación Legal**

Esta investigación tiene justificación legal porque contribuye al cumplimiento de una norma peruana cuya finalidad de dicha norma es el cuidado de los recursos hídricos, y en la cual estos recursos captarán efluentes de relave minero metalúrgicos provenientes de las actividades Minero-Metalúrgicas. Esta norma a la cual nos referimos es el DECRETO SUPREMO N°010-2010-MINAM. (Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero-Metalúrgicas).

### **1.5. Delimitantes de la Investigación**

Las delimitaciones o percances que ha tenido el presente trabajo de investigación se puede explicar en función a los siguientes conceptos:

**1.5.1. Teórica:** Las delimitantes teóricas para la presente investigación

fueron de que a pesar de encontrar múltiples informaciones teóricas acerca del carbón activado y sus parámetros de caracterización, hay escasos estudios anteriores acerca del parámetro de caracterización de la razón de impregnación del carbón activado, la cual es uno de los parámetros analizados en el presente trabajo de investigación.

**1.5.2. Temporal:** La delimitación temporal para el presente estudio radicó en que se requirió más de tiempo para realizar la parte experimental, por lo cual, se empezó antes de las fechas programadas para alcanzar los resultados experimentales deseados.

**1.5.3. Espacial:** El desarrollo experimental del presente estudio se realizó en el laboratorio de fisicoquímica de la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales de la Universidad Nacional del Callao, y que para acceder a este laboratorio se requiso de una programación específica, por lo que no fue de un espacio de libre acceso para poder realizar la parte experimental.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes**

#### **2.1.1 Antecedentes Internacionales**

(**Serrano 2019**), en su trabajo de investigación titulado " Síntesis de carbón activado a partir del endocarpio de Cocos nucifera y su aplicación en la adsorción de algunos metales pesados", elaborado en Ecuador, el proceso de la adsorción de los metales pesados analizados (Plomo, Mercurio y Cromo) generado por el carbón activado obtenido, la adsorción de Cromo resultó ser la más removida. Este proceso de adsorción se llevó a cabo en diferentes condiciones del carbón activado, donde el porcentaje de adsorción de Cromo por el carbón activado en el aire sin cubrir fue de 37%, para el carbón activado con Nitrógeno el porcentaje fue de 32 %, para el carbón con dióxido de carbono fue de 28% y, por último, el carbón con aire y cubierto fue de 19%.

(**Ortiz y Puerto 2019**), en su investigación titulado "Uso del carbón activado de guadua para el tratamiento de aguas residuales: Revisión y vigilancia tecnológica", realizado en Colombia, hace referencia a que la guadua pueda ser considerada como una base para la creación de un

carbón activado, debido a la gran cantidad de sustancias y compuestos químicos que posee que hacen que el carbón activado generado tenga una buena eficiencia en la remoción de los contaminantes presentes en las aguas residuales a tratar, dando así una buena alternativa en el tratamiento de estas aguas, y así generar un impacto ambiental de forma positiva. Actualmente, en las diferentes industrias colombianas, no realizan un tratamiento adecuado en sus aguas residuales generadas, por lo que fue necesario realizar este trabajo de investigación, con la finalidad de dar solución al problema del tratamiento de estas aguas residuales.

**(Bañón 2018)**, en su investigación titulado "Diseño de un sistema de adsorción en carbón activado para la eliminación de cromo hexavalente en disolución acuosa", realizado en España, tuvo como objetivo principal remover Cromo hexavalente en una muestra de agua residual sintética a partir de un carbón comercial. Se procedió de forma inmediata a impregnar el carbón comercial hacia las muestras de las aguas residuales sintéticas, se utilizó la técnica de agitación múltiple para la adsorción del Cromo hexavalente por parte del carbón activado comercial, obteniendo como resultado final que el carbón comercial removió el Cromo hexavalente en las muestras en estudio, con un porcentaje de remoción del 70 %.

**(Canales 2018)**, en su investigación titulado "Obtención y caracterización de carbones activados a partir de residuos agroindustriales", realizada en México, estableció que la cascarilla de cebada, los olotes de maíz y las hojas de Agave salmiana son potenciales precursores para la obtención de materiales carbonosos novedosos que permiten construir la base de una línea de investigación enfocada hacia el aprovechamiento viable y ambientalmente responsable de los residuos lignocelulósicos para la obtención de materiales de mayor valor agregado y potencial aplicación en procesos de adsorción de moléculas o iones cargados positivamente.

**(Carrasco y Londa 2018)**, en su trabajo de investigación titulado "Obtención de carbón activado a partir de la cáscara de coco" *Cocos Nucifera L*", elaborado en Ecuador, estableció una comparativa entre distintos tipos de carbones activados realizados por activación química,

siendo el carbón activado con ácido fosfórico, a una concentración de 40 %, con una temperatura de activación de 300 °C y tiempo de activación de 2.5 horas, la que mejor resultado se obtuvo de acuerdo a los requisitos normativos establecidos para la adsorción, como por ejemplo ,temperatura de activación, tiempo de residencia y concentración del ácido.

### **2.1.1 Antecedentes Nacionales**

**(Suero 2020)**, en su trabajo de investigación titulado “Degradación del contenido de Hierro(II) y (III) en agua residual de lixiviación ácida de Cobre con carbón activado en tanque agitado”, elaborado en la provincia constitucional del Callao, se realizó la caracterización del carbón comercial Hydriffin 40, obtenido a partir de leña de corteza dura, que es similar al pino, obteniendo los siguientes resultados: densidad aparente de 440 Kg/m<sup>3</sup>, área total disponible de 900 m<sup>2</sup> /g que es determinado por el método BET y, granulometría de medición aproximada entre 0.4 a 1.7 mm. También se utilizó el carbón comercial para degradar el contenido de hierro(II) y (III) en aguas residuales de lixiviación ácida de Cobre.

**(Rosales y Quevedo 2019)**, en su tesis titulado” Adsorción con carbón activado obtenido de la semilla de aguaje para la remoción de Plomo y Cromo en aguas contaminadas”, elaborado en la provincia constitucional del Callao, el carbón activado obtenido a partir de la semilla de aguaje llegó adsorber Plomo y Cromo en las muestras de las aguas sintéticas contaminadas, concluyendo además que el carbón activado obtenido tiene mayor afinidad con el Plomo presente en las muestras, esto se debe a las características del radio solvatado de cada metal, la cual causa que los iones de Plomo sean los primeros en ser adsorbidos y por ende se reflejará en un mayor porcentaje de remoción en las muestras.

**(Ruiz y Orbegoso 2019)**, en su tesis titulado “Eficiencia del carbón activado obtenido a partir del endocarpo de “coco” (Cocos nucifera) y semilla de “aguaje” (Mauritia flexuosa), en la remoción de la DBO5 de las aguas residuales domésticas en el distrito de Habana– Moyobamba, 2018”, se realizó la comparación de las remociones de DBO5 realizadas

por los carbones activados obtenidos del endocarpo de “coco” y semilla de “aguaje”, dando como resultado que los valores finales de las concentraciones de la DBO5 luego de las adsorciones generados por ambos carbones activados se encontraron que están dentro de los límites máximos permisibles. Las condiciones iniciales de las muestras de las aguas residuales obtenidas para el análisis fueron: concentración inicial de DBO5 de 130 mg/L y temperaturas iniciales de 600°C y 500°C.

**(Ponce 2019)**, en su investigación titulado “Aplicación del Carbón Activado de la cáscara de Coco, en la purificación y absorción del hierro y plomo del agua de consumo de los pobladores de Paragsha - Pasco 2018”, se obtuvieron resultados que demuestran que la aplicación del carbón activado de cáscara de coco logró purificar y absorber Hierro y Plomo del agua de consumo de los pobladores de la comunidad de Paragsha. Para esta investigación se extrajo una muestra piloto del agua residual proveniente del mercado principal de la zona de estudio (Mercado Sr. de Exaltación de Paragsha).

**(Ruiz 2018)**, en su tesis titulado” Obtención de carbón activado a partir de cáscara de naranja (*Citrus sinensis* L. Obseck) y su aplicación como adsorbente de plomo(II) en disolución acuosa”, realizado en el distrito de la Molina, la aplicación de los carbones activados obtenidos a partir de la cáscara de naranja con razones de impregnación distintos, en la remoción de Plomo(II) en una disolución acuosa, cumplió con los parámetros normativos de calidad indicados, para su uso en el tratamiento de aguas residuales.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. El empleo de residuos de la industria agroalimentaria para la obtención del carbón activado.**

En el trabajo de investigación titulado “**Obtención de carbón activado a partir de la pepa de la aceituna para adsorción de metales pesados (Pb, As) en efluentes líquidos**” nos dice que para la producción de carbón activado se debe partir de una materia primabien definida, tales como abundancia, dureza, estructura inherente deporos, alto contenido de carbono, bajo contenido de cenizas y alto rendimiento de masa durante el proceso de carbonización.

Uno de los residuos de la industria agroalimentaria de mayor interés son los materiales lignocelulosicos, debido a su estructura resistente, donde los materiales constituyentes más importantes de un material lignocelulosico son la celulosa Hemicelulosa y la Lignina, y con estos materiales se pueden elaborar carbones activados que remuevan gran cantidad de metales pesados (Barreto 2013).

Los residuos de la industria agroalimentaria son materias primas que se pueden emplear en la preparación de carbones activados, esto según indica en la tabla 1 del capítulo 1 de la tesis doctoral **“Carbón activado: evaluación de nuevos precursores y del proceso de activación con dióxido de carbono”**, y que además se menciona que la calidad final del carbon activado depende en gran medida del tipo de precursor, a la vez, que el rendimiento final en la producción también es otro aspecto a considerar a la hora de la elección del precursor, de este modo, en principio, un precursor con un contenido en carbono elevado y bajo en cenizas (materia inorgánica) es un candidato idóneo (Plaza 2015).

En el trabajo de investigación titulado **“Análisis de factibilidad para la creación de una empresa de producción de carbón orgánico mediante el reciclaje de la corteza de coco con visión de exportación”** nos dice que el residuo cascara de coco, al ser un residuo de la industria agroalimentaria, ofrece una gran perspectiva para el reciclaje, ya que con esta materia prima se puede fabricar muchas cosas, de aquí nace la idea del reciclaje para elaborar briquetas de carbón en forma de ladrillos pequeños, pasando del reciclaje a un procedimiento especial para que sea reutilizable. En Asia, las cáscaras de coco se reciclan después de rallar la pulpa y sacar el agua del mismo; para elaborar platos tradicionales de dicho país, y también la utilizan para elaborar carbones activados de coco (Mejía 2017).

### **2.2.2. El carbón activado utilizado como adsorbente de metales pesados**

El carbón activado es una gran alternativa para la adsorción de contaminantes, ya que posee una gran superficie específica y una alta capacidad de carga, esto según el artículo de investigación **“Uso de residuos de café como biosorbente para la remoción de metales**

**pesados en aguas residuales**". Además, estos materiales son de amplio uso en el tratamiento de aguas residuales; comercialmente son de fácil adquisición y presentan precios asequibles. Existen dos tipos de adsorbentes usados en la remoción de contaminantes: los naturales (biosorbentes) y los sintéticos, siendo los segundos más utilizados, siendo el carbón activado perteneciente al grupo de los sintéticos (Carvajal y Marulanda 2020).

Se tiene dos formas de poder obtener carbón activado, esto según el tipo de activación que se realice, es así como lo explica la tesis titulada **"Adsorción con carbón activado obtenido de la semilla de aguaje para la remoción de plomo y cromo en aguas contaminadas"**, y estas formas son las siguientes:

(I) Por activación física: Esta activación puede realizarse bien en dos etapas o en una sola etapa, dependiendo si la carbonización y activación tienen lugar en dos etapas separadas o simultáneamente.  
(II) Por activación química: Esta activación involucra la carbonización de la materia prima previamente impregnada con un agente químico. Se puede utilizar como agente activador: hidróxido de potasio (KOH), cloruro de zinc ( $ZnCl_2$ ) y ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ) (Rosales y Quevedo 2019).

Existen numerosos compuestos que podrían ser usados como agentes activantes para la producción de los carbones activados, esto según el artículo **"Residuos de biomasa para la producción de carbones activos y otros materiales de interés tecnológico"**, sin embargo, los más usados industrialmente son el cloruro de zinc ( $ZnCl_2$ ), el ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ) y el hidróxido de potasio (KOH), pero se sugiere emplear  $H_3PO_4$  como agente activante frente al  $ZnCl_2$  debido a que este último genera significativos problemas de contaminación medioambiental. Mientras que, por otro lado, el KOH es un agente de activación ideal cuando se tiene materiales con alto contenido de carbón y bajo contenido de volátiles como por ejemplo carbón mineral (Menéndez 2008).

## **2.3. Marco conceptual**

### **2.3.1. Carbón activado:**

El carbón activado es un término que se utiliza para describir materiales

a base de carbón con una estructura porosa interna bien desarrollada. Es un material que se caracteriza por ser carbonoso, microcristalino y no grafitico el cual preparado por un proceso de carbonización teniendo

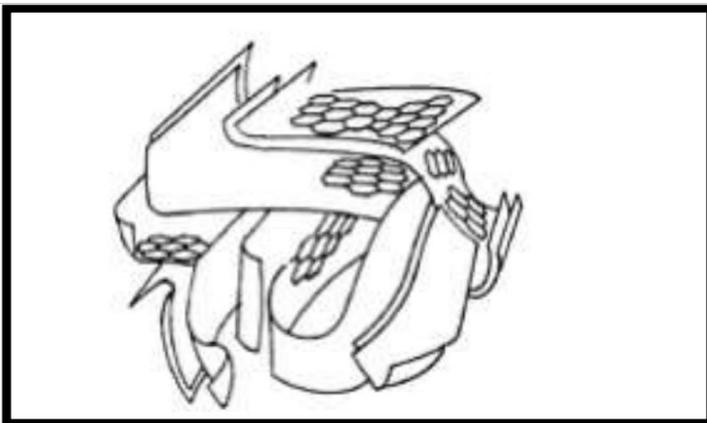
como precursores materiales orgánicos, los cuales son sometidos a procesos de activación con el objetivo de aumentar su porosidad y desarrollar su superficie interna, potenciando así su capacidad como adsorbente (Canales 2018).

Otra definición del carbón activado es que es un material sólido preparado artificialmente, y que para su caracterización para la adsorción se debe tener en cuenta los parámetros físicos químicos del material precursor (residuo cascara de coco), los parámetros de activación química del material precursor (residuo cascara de coco), las características físico-químicas del carbón activado obtenido y la razón de impregnación del mismo (Ruiz 2018).

Entonces tomando en cuenta estas definiciones del carbón activado, para el presente trabajo de investigación se asumirá la definición señalada por “Ruiz Menéndez”, debido a que es la definición que mejor se ajusta a la finalidad del presente estudio.

Ahora también definiendo particularmente para el presente estudio el carbón activado de la cáscara de coco, este se hace a partir de la cáscara mencionada, que es de alta calidad, ya sea por la activación química o física. Este carbono es fácil de ser reactivada y con filtración rápida (Ponce 2019).

Figura 01: Representación esquemática de la estructura del carbón activado



Fuente:(Serrano 2019) " Síntesis de carbón activado a partir del endocarpio de Cocos nucifera y su aplicación en la adsorción de algunos metales pesados"

Tabla 01: Composición física del carbón activado de la cáscara de coco

<b>Propiedades %</b>	<b>Base humedad</b>
Humedad	12.01
Volátiles	71.45
Carbón fijo	15.28
Cenizas	1.26
<b>Total</b>	<b>100</b>

Fuente:(Cóndor y Maza 2020) "Remoción de plomo para mejorar el agua de Mórrope utilizando carbón activado del endocarpio de aceituna y cáscara de coco"

### 2.3.2. Cáscara de coco

#### a) El coco:

El fruto conocido como coco ofrece muchas utilidades, desde combustible hasta medicina. Hace miles de años que el hombre conoce sus utilidades, pero la investigación para desarrollar su potencial todavía está en una fase inicial (Laib 2017)

El coco cuenta con dos partes comestibles. La cáscara está formada por dos capas, una capa superior externa que es fibrosa y normalmente es retirada y desechada para comercializar los cocos; y la otra capa, la cual es rígida, es la cáscara interior, pertenece al "hueso" y envuelve a las partes comestibles, que son la pulpa y el agua (Laib 2017).

Tomando en cuenta estas definiciones del coco, para el presente trabajo de investigación se puede tomar cualquiera de estas definiciones, esto debido a que estas señalan diferentes enfoques respecto al coco.

Figura 02: Composición estructural del coco



Fuente:(Carrasco y Londa 2018) "Obtención de carbón activado a partir de la cáscara de coco "Cocos Nucifera L""

Tabla 02: Composición química del coco

Compuesto químico	Porcentaje
% Extractivo	6.4
% Holocelulosa	56.3
α- celulosa	44.2
% Lignina	32.8
% Ceniza	2.2

Fuente:(Carrasco y Londa 2018) "Obtención de carbón activado a partir de la cáscara de coco "Cocos Nucífera L""

Tabla 03: Composición física de la cáscara de coco y otros precursores empleados para la activación del carbón activado

Precursor	Humedad (%)	Material volátil (%)	Ceniza (%)	Carbono fijo (%)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Fuente
Hueso de aceituna	12,9	80,9	0,73	5,47	-	Obregón, 2012
Cáscara de coco	7,9	72,5	1,1	18,5	-	Wand, 2004
Carbón bituminoso	6,96	27,69	4,35	65,7	-	Bastidas, 2010
Madera (caoba)	12,47	-	1,37	-	279	Teruya, 2003

Fuente:(Ruiz 2018) "Obtención de carbón activado a partir de cáscara de naranja (citrus sinensis l. obseck) y su aplicación como adsorbente de plomo (ii) en disolución acuosa"

### 2.3.3. Cobre en relave minero metalúrgico

#### 2.3.3.1. Cobre:

Su símbolo está representado por Cu, es un elemento químico de número atómico 29, perteneciendo al mismo grupo de la tabla periódica que la plata y el oro y siendo un metal de transición de color rojizo, que se caracteriza por ser uno de los metales con mejor conducción de electricidad, es el segundo mejor conductor después de la plata (Bustamante 2016).

Otra definición del Cobre es que es un metal de color rojizo que se encuentra en la naturaleza combinado con otros metales como el oro, la plata y el plomo. Ahora para analizar la alteración del Cobre en el relave minero metalúrgico luego del contacto con el carbón activado se tendrá en cuenta la cantidad de Cobre adsorbido y el porcentaje de remoción de Cobre en el mismo relave minero metalúrgico.

(Salvatierra 2021)

Entonces tomando en cuenta estas definiciones del Cobre, para el presente trabajo de investigación se asumirá la definición señalada

por “Salvatierra Carhuallanqui”, debido a que es la definición que mejor se ajusta a la finalidad del presente estudio.

Figura 03: Tubos de Cobre



Figura 04: Cobre como conductor eléctrico



Fuente:(Osinergmin 2017)  
“La industria de la minería en el Perú”

Fuente:(Osinergmin 2017)  
“La industria de la minería en el Perú”

Tabla 04: Usos del Cobre y otras materias primas

Producto	Usos y sustitutos
Cobre	En equipos eléctricos, radiadores de autos y refrigeradores. El aluminio podría sustituirlo en varios productos. El titanio, el acero, la fibra óptica y el plástico podrían ser sustitutos en ciertas aplicaciones.
Zinc	Revestimientos galvanizados de zinc para hierro y acero, productos de aleación fundida, pigmentos y óxido de zinc en la fabricación de caucho. Los sustitutos incluyen plásticos, aluminio y magnesio en fundición a presión.
Plata	En joyería, papel fotográfico, películas, enchapado en vajilla, espejos, aplicaciones dentales y monedas. Los sustitutos incluyen acero inoxidable, aluminio y rodio, tantalio y oro en ciertas aplicaciones.
Plomo	Baterías de plomo ácido; entre otros usos incluyen protección en la radiografía médica, en la construcción se usan como intermitentes, pesos y aditivos de vidrio. Los sustitutos son el plástico, el aluminio, el estaño y el acero en ciertas aplicaciones.
Oro	En joyería y en aplicaciones eléctricas y electrónicas. Los posibles sustitutos serían el paladio, el platino y la plata.
Estaño	Placa de estaño para envasado de alimentos, soldadura para uso en electrónica. Sustitutos incluyen el vidrio, el aluminio y los plásticos para contenedores y latas.

Fuente:(Osinergmin 2017)“La industria de la minería en el Perú”

### 2.3.3.2. Relaves minero metalúrgicos:

Son los residuos generados a partir del procesamiento metalúrgico en la planta de beneficio. El mineral proveniente de la extracción minera es ingresado a la planta, y es triturado y molido hasta un tamaño adecuado para los subsiguientes procesos fisicoquímicos que separan el producto conteniendo la parte valiosa de aquella que no posee valor comercial, esta última conocida como relave. Al no

poder ser comercializado, el relave debe ser manejado y almacenado, bajo la responsabilidad de la empresa minera (MEM 2020).

Otra definición del relave minero metalúrgico es que son desechos producidos después de la extracción del metal seleccionado del mineral mediante trituración y molienda para obtener partículas que consisten en un mineral y separar los minerales por sus características físicas o de superficie, esto según (Vilela, Espinosa y Bravo 2020).

De acuerdo a las definiciones mencionadas con respecto a los relaves minero metalúrgicos descritas líneas arriba, para el presente trabajo de investigación se puede asumir cualquiera de las definiciones mencionadas, ya que dichas definiciones son similares descritas por diferentes autores.

Figura 05: Relave en el distrito de Huallanca, Ancash



Fuente:(Cárdenas 2019) "Propuesta de uso de relaves de mina polimetálica en la fabricación de unidades de albañilería - caso ex unidad minera Mercedes 3"

Tabla 05: Caracterización del relave en diferentes procesos de tratamiento

INDICADOR	UNIDAD	CANTIDAD
<b>Cantidad de mineral de tratamiento (330 días)</b>	t/d	800
	t/a	264.000
Ley de mineral: Au	g/t	7,23
Ley de mineral: Ag	g/t	50,00
<b>Producción concentrado gravimétrico</b>	t/a	3816,00
Contenido: Au	kg/a	520,56
Contenido: Ag	kg/a	3660,00
<b>Relave del concentrado gravimétrico (1)</b>	<b>t/a</b>	<b>3811,81</b>
<b>Producción de concentrado de flotación</b>	t/a	7344,00
Contenido: Au	kg/a	867,60
Contenido: Ag	kg/a	5.250,00
<b>Relave del concentrado de flotación (2)</b>	<b>t/a</b>	<b>7337,88</b>
<b>Producción de concentrado de Lixiviación</b>	kg/a	5.490,00
Contenido: Au	kg/a	178,73
Contenido: Ag	kg/a	1080,00
<b>Relave del concentrado de lixiviación (3)</b>	<b>kg/a</b>	<b>4231,27</b>
<b>RELAVE DE MATERIAL ESTERIL (4)</b>	<b>t/a</b>	<b>228840,00</b>
<b>TOTAL DE RELAVE GENERADO PROCESO (1)+(2)+(3)+(4)</b>	<b>t/a</b>	<b>239.993,92</b>

Fuente: (Espín, Jarrín y Escobar 2017) "Manejo, gestión, tratamiento y disposición final de relaves mineros generados en el proyecto río blanco".

#### 2.4. Definición de Términos básicos

**Activación:** Acondicionamiento físico o químico de un material. (Rosales y Quevedo 2019).

**Adsorbato:** Es un contaminante soluble contenido en agua y es eliminado mediante adsorción (Suero 2020),

**Adsorbente:** Agente que tiene la capacidad de retener sobre su superficie iones, átomos o moléculas que pertenecen a un cuerpo diferente (Rosales y Quevedo 2019).

**Adsorción:** Es un fenómeno fisicoquímico por el cual átomos, iones o moléculas de gases, líquidos o sólidos disueltos son atrapados o retenidos en una superficie (Suero 2020).

**Agente activante:** Se define como aquel compuesto químico que descompone las diferentes moléculas presentes en los materiales precursores en los que se forman enlaces estructurados que permiten el desarrollo de poros en el material obtenido (carbón activado) (Gutierrez y Perilla 2019).

**Contenido de ceniza:** Es la cantidad de residuos que quedan tras la calcinación de un material a una temperatura de aproximadamente 650 ° C., hasta que se alcanza un peso constante y se expresa en porcentaje (Callo y Flores 2020).

**Contenido de humedad:** Es la cantidad de agua que se encuentra en el suelo o en todo material en la cual pueda retenerse y retirarse, se expresa en % (Condori 2019).

**Contenido de material volátil:** Se define como la pérdida de peso de productos gaseosos excluyendo el vapor húmedo en la muestra de un carbón activado u otro material analizado (Ruiz 2018).

**Densidad aparente:** Es la relación de masa del carbón activado o material precursor por unidad de volumen (Carrasco y Londa 2018).

**Efluente:** Líquido que sale de un proceso de tratamiento (Ruiz y Orbegoso 2019).

**Efluentes metalúrgicos:** Efluentes que provienen principalmente de procesos metalúrgicos de plantas concentradoras (Flores 2009)

**Material precursor:** Es un material con alto contenido de carbono y se utiliza como punto de partida para la obtención de carbones activados (Gutierrez y Perilla 2019).

**PH:** Es el potencial de hidrogeno presente en los carbones activados generados (Ruiz 2018).

**Razón de impregnación:** Es una característica del carbón activado que indica la relación de masas entre su material precursor y el agente activante utilizado (Ruiz 2018).

**Remoción:** Acción y efecto de extraer una sustancia de un lugar a otro (Rosales y Quevedo 2019).

**Rendimiento del carbón activado:** Es un parámetro que permite conocer si el material precursor y el método usado para la activación resultan económicamente viables. Depende de los siguientes factores: la naturaleza del material precursor, la temperatura de activación, el tipo de agente activante y la razón de impregnación (Ruiz 2018).

**Soluto:** Es la sustancia que se disuelve en una solución, por lo general el soluto es un sólido (gaseosa o líquido) en la solución, el soluto suele encontrarse en menor proporción que el solvente (Campos y Cárdenas 2020).

**Solvente o disolvente:** Es una sustancia química en la que se diluye un soluto (sólido, líquido o gas químicamente diferente), resultando en una disolución; normalmente es el componente de una disolución presente en mayor cantidad (Campos y Cárdenas 2020).

**Temperatura de activación:** Es aquella temperatura en la cual genera que un material de origen se transforme en carbón activado. Es uno de los parámetros fundamentales que controlan el proceso de activación química del carbón activado, junto con la relación de impregnación y el tiempo de residencia (Marín 2019).

**Tiempo de impregnación:** Es el tiempo en el cual un material precursor estará en contacto con un agente activante para la generación de un carbón activado en presencia de una determinada temperatura (Prías et al. 2011, p. 163).

### III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

#### 3.1. Hipótesis

##### **Hipótesis General**

- El carbón activado a partir de la cáscara de coco influye en la remoción de Cobre en relave minero metalúrgico.

##### **Hipótesis Específicas**

- Los parámetros físicos del material precursor del carbón activado a partir de la cáscara de coco influyen en la remoción de Cobre en relave minero metalúrgico

- Las características del carbón activado a partir de la cáscara de coco influyen en la remoción de Cobre en relave minero metalúrgico.
- La cantidad de Cobre adsorbido producto del carbón activado a partir de la cáscara de coco indica la remoción de Cobre en relave minero metalúrgico.
- El porcentaje de remoción de Cobre producto del carbón activado a partir de la cáscara de coco indica el grado de remoción de Cobre en relave minero metalúrgico.

### 3.1.1 Operacionalización de variables

**Variable independiente:** Carbón activado a partir de la cáscara de coco

**Definición conceptual:** El carbón activado a partir de la cascara de coco es un material sólido preparado artificialmente, y sus propiedades en la adsorción son los parámetros físicos del material precursor (residuo cascara de coco) y las características del mismo carbón activado (Ruiz 2018).

**Variable dependiente:** Cobre en relave minero metalúrgico

**Definición conceptual:** El Cobre es un metal de color rojizo que se encuentra en la naturaleza combinado con otros metales como el Oro, la Plata y el Plomo. Ahora para analizar la alteración del Cobre en el efluente del relave minero metalúrgico luego del contacto con el carbón activado se tendrá en cuenta la cantidad de Cobre adsorbido y el porcentaje de remoción de Cobre en el mismo efluente del relave minero metalúrgico (Salvatierra 2021).

Tabla 06: Matriz de operacionalización de variables

TÍTULO: CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE LA CÁSCARA DE COCO PARA LA REMOCIÓN DE COBRE EN RELAVE MINERO METALÚRGICO, CALLAO,2022					
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES DE MEDICIÓN
Carbón activado a partir de la cáscara de coco	El carbón activado a partir de la cascara de coco es un material sólido preparado artificialmente, y sus propiedades en la adsorción son los parámetros físicos del material precursor (residuo cascara de coco) y las características del mismo carbón activado (Ruiz 2018).	Tipos de parámetros físicos del material precursor (cáscara de coco) y características del carbón activado que se estudian durante su elaboración. Se analizará mediante la aplicación de instrumentos analíticos	Parámetros físicos del material precursor(residuo cascara de coco)	Densidad aparente	g/ml
				Contenido de humedad	%
				Contenido de ceniza	%
				Contenido de material volátil	%
				Temperatura de activación(T ambiente)	°C
				Tiempo de impregnación(4)	h
				Concentración del agente activante (H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> ) (25)	%
			Características del carbón activado	Rendimiento del carbón activado	%
				Densidad aparente	g/ml
				Contenido de humedad	%
				Contenido de material volátil	%
				Contenido de ceniza	%
				pH	0-14
				Razón de impregnación(Peso del agente activante (H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )/peso del material precursor(residuo cascara de coco)	g/g
Cobre en relave minero metalúrgico	El Cobre es un metal de color rojizo que se encuentra en la naturaleza combinado con otros metales como el Oro, la Plata y el Plomo. Ahora para analizar la alteración del Cobre en el efluente del relave minero metalúrgico luego del contacto con el carbón activado se tendrá en cuenta la cantidad de Cobre adsorbido y el porcentaje de remoción de Cobre en el mismo efluente del relave minero metalúrgico (Salvatierra 2021).	Cantidad adsorbida y porcentaje de remoción de Cobre durante la adsorción con carbón activado. Se analizará mediante la aplicación de instrumentos analíticos	Cantidad de Cobre adsorbido	Concentración inicial de Cobre	mg/L
				Concentración final de Cobre	mg/L
			Porcentaje de remoción de Cobre	Concentración inicial de Cobre	mg/L
				Concentración final de Cobre	mg/L

## **IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO:**

### **4.1. Diseño metodológico**

La investigación es de tipo o nivel aplicativo porque buscó dar un aporte a la solución del problema de la contaminación de los recursos hídricos en la universidad nacional de ingeniería mediante la remoción de Cobre en el relave minero metalúrgico que va hacer descargado hacia tales recursos hídricos. Al respecto, (Hernández y Mendoza 2018), expresa que una investigación aplicada es la que busca dar aporte a un problema que se presenta en la realidad.

Por otro lado, (Hernández y Mendoza 2018), señala que una investigación es de diseño experimental si administra estímulos o tratamientos y/o intervenciones, o también si hay una manipulación intencional de las variables independientes. En este sentido, la investigación es de diseño experimental, esto es debido a que se manipuló la variable independiente (carbón activado a partir de la cascara de Coco). En el laboratorio, se midió el efecto del carbón activado a partir de la cáscara de coco en la remoción de Cobre en el relave minero metalúrgico en estudio.

### **4.2. Método de investigación**

(Hernández y Mendoza 2018), señala que el método de investigación inductiva es aquel método en la cual, a partir del análisis de un caso particular y observaciones de la realidad, se extrae conclusiones de carácter general, entonces, basándose en este concepto, el método a utilizar en la presente investigación fue de carácter inductivo, debido a que se partirá de una muestra del relave minero metalúrgico para poder sacar conclusiones sobre el efecto del carbón activado hacia el relave minero metalúrgico perteneciente a la planta concentradora de la Universidad Nacional de Ingeniería(UNI).

Específicamente, el relave minero metalúrgico a utilizar en el presente trabajo de investigación procedió de la planta concentradora de la Facultad de Ingeniería geológica, minera y metalúrgica de la UNI, donde dicho relave posee variedades metales pesados, entre ellos el Cobre, esta afirmación se demuestra por estudios anteriores realizados por alumnos de la facultad de ingeniería ambiental y de recursos naturales de la Universidad Nacional del Callao.

Ahora bien, para el desarrollo de los procedimientos se consideró la

técnica presentada por la NTP 311.331:2019 (Carbón activado para el tratamiento de aguas-requisitos), y en un trabajo de investigación (Ruiz 2018) realizado en la Universidad Nacional Agraria de La Molina, las cuales fueron los siguientes:

#### 1. ACONDICIONAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA:

El acondicionamiento de la materia prima consistió en tomar una porción de cáscara de coco de 1300 g, a continuación, se prosiguió a un proceso de trituración, en el que se empleó un martillo, y luego, se continuo a su lavado con agua destilada y secado al sol durante un periodo de 24 horas, esto con la finalidad de eliminar las impurezas y la humedad producto del lavado de la cáscara de coco. Y finalmente, luego del secado, se le realizó a un proceso de molienda a través de un molino tradicional marca Corona. Al final, luego del proceso de la molienda, la cáscara de Coco fue dividido en 5 muestras colocadas en vasos precipitados, resultando una cantidad de 260 g de cáscara de Coco por vaso precipitado.

**Figura 6.** Cáscaras de Coco en estudio



Nota: información procesada por el autor

**Figura 7.** Cáscaras de Coco molido



Nota: información procesada por el autor

**Figura 8.** Pesado de cáscaras de Coco



Nota: información procesada por el autor

**Figura 9.** Muestras de cáscaras de Coco



Nota: información procesada por el autor

2. ANALISIS DE LA MATERIA PRIMA: Se realizaron los siguientes análisis del material precursor (cáscara de coco):

- Densidad aparente

Se colocaron las cáscaras de Coco en una probeta de 50 ml que ha sido colocado previamente en una balanza analítica, se colocaron las cáscaras de Coco hasta donde marcara la línea de 50 ml, determinando con ello el peso del material precursor (cáscara de coco) y el respectivo volumen ocupado, entonces, la densidad aparente se calculó mediante la siguiente Ecuación:

$$\text{Densidad aparente (g/ml)} = \frac{\text{Peso del materia precursor (g)}}{\text{Volumen ocupado (ml)}}$$

Figura 10: Probeta con cáscara de Coco



Fuente: Elaboración propia

- Contenido de humedad

Se colocaron 5 g de cáscara de Coco molido en un crisol y posteriormente fueron llevados a una estufa a 110 °C por un tiempo de 60 minutos. El porcentaje o contenido de humedad se determinó empleando la siguiente ecuación:

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{A - B}{A} \times 100$$

Donde:

A: Peso inicial de la cáscara de coco(g)

B: Peso seco de la cáscara de coco (g)

Figura 11: Pesado de Cáscara de Coco    Figura 12: Temperatura de 110 °C de la estufa



Nota: información procesada por el autor



Nota: información procesada por el autor

- Contenido de ceniza

Se emplearon aproximadamente 5 g de cáscara de coco molido. La cáscara de coco se colocó en una cápsula de porcelana e introducido en una mufla a una temperatura de 700 °C durante 60 minutos. Luego se dejó la muestra a enfriar colocándolo en un desecador durante aproximadamente 1 hora y se pesó. El porcentaje o contenido de ceniza se calculó mediante la siguiente ecuación.

$$\text{Ceniza (\%)} = \frac{A - B}{C} \times 100$$

Donde:

A: Peso de la cápsula y residuo de ceniza (g)

B: Peso de la cápsula vacía (g)

C: Peso inicial del material precursor (g)

Figura 13: Pesado de Cáscara de Coco en una cápsula



Nota: información procesada por el autor

Figura 14: Cáscara de Coco en una mufla



Nota: información procesada por el autor

- Contenido de material volátil

Para este análisis se emplearon 4 g de cáscara de coco molido. La muestra fue colocada en una capsula e introducida en una mufla a 700 °C durante 15 minutos. El porcentaje de material volátil se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Material volátil (\%)} = \left[ \frac{A - B}{A} \times 100 \right] - D$$

Donde:

A: Peso inicial de la muestra (g)

B: Peso de la muestra luego de calcinar

D: Humedad (%)

Figura15: Pesado de 4 g de cascara de Coco en una cápsula



Nota: información procesada por el autor

Figura 16: Temperatura de 700 °C en la mufla



Nota: información procesada por el autor

### 3. PREPARACIÓN DEL CARBÓN ACTIVADO

Se colocaron una cantidad de 52 g de cáscara de Coco libre de impurezas que provienen en cada vaso precipitado, que fueron en total 5 vasos precipitados, que representan las muestras de las cascara de Coco por cada carbón activado que se generó, haciendo una cantidad total de 260 g de cáscara de Coco que fueron colocados en una mufla, a una temperatura de 400 °C, durante 30 minutos. Al cabo de este tiempo se demostró que se recuperaron 129,4 g, proporcionando un rendimiento de 49,77 % para el proceso de calcinación en estas condiciones. Luego, el producto carbonizado fue triturado en mortero, tamizado en malla N° 60-ASTM, y posteriormente fue sometido al proceso de activación. Para la activación de los carbones se colocaron cantidades de 16,7 g, 21,45 g, 25 g, 28 g y 30 g de ácido fosfórico al 25 % en 33,4 g, 28,6 g, 25 g, 22,4 g y 20 g de cáscara de Coco carbonizada, respectivamente, esto con la finalidad de obtener cantidades respectivas de razones de impregnación para los carbones activados generados, las cuales fueron de 1/2 ,3/4 ,1/1 ,5/4 y 3/2. El tiempo de impregnación fue de 4 horas a temperatura ambiente y con agitación constante por medio de una bagueta. Finalmente, los carbones fueron secados en una estufa durante 10 horas a 50 °C y luego tres horas a 160 °C.

Figura17: Muestras de cáscaras de Coco



Nota: información procesada por el autor

Figura 18: Cáscaras de Coco en la mufla



Nota: información procesada por el autor

Figura 19: Cáscaras de Coco carbonizadas



Nota: información procesada por el autor

Figura 20: Cáscaras de Coco carbonizadas Impregnadas con ácido fosfórico( $H_3CO_4$ ) al 25%



Nota: información procesada por el autor

Figura 21: Carbones activados generados



Nota: información procesada por el autor

Figura 22: Secado de carbones activados generados



Nota: información procesada por el autor

4. EVALUACION DEL CARBÓN ACTIVADO: Para este procedimiento se realizaron los siguientes pasos:

- Determinación del rendimiento del carbón activado obtenido

El rendimiento del carbón activado obtenido se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Y(\%) = \frac{M_{CA}}{M_p} \times 100$$

Donde:

$M_{CA}$ : Masa del carbón activado(g)

$M_p$ : Masa de la cáscara de Coco carbonizado(g)

Figura 23: Cáscaras de Coco carbonizadas    Figura 24: Carbones activados empaquetados



Nota: información procesada por el autor



Nota: información procesada por el autor

- Determinación de la densidad aparente

En una probeta de 10 ml se llena 1ml con carbón activado. Se golpea suavemente hasta que no varíe el volumen del carbón activado. Se determinó la densidad aparente mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Densidad aparente (g/ml)} = \frac{\text{Peso del carbón activado (g)}}{\text{Volumen ocupado (ml)}}$$

Figura 25: Probeta con carbón activado



Nota: información procesada por el autor

- Determinación del contenido de humedad

Se colocaron 4 g de carbón activado en un crisol y/o capsulas de porcelanas, posteriormente fueron llevados a la estufa a 105 °C por 3 horas. Luego se deja enfriar. El porcentaje o contenido de humedad se determina mediante la siguiente ecuación:

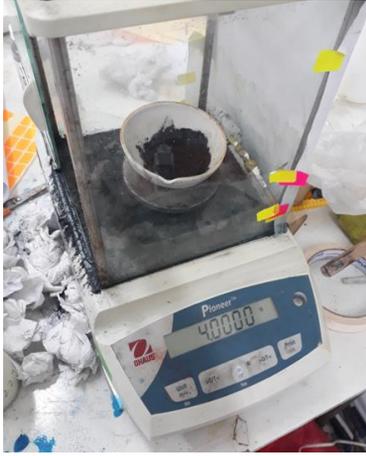
$$\text{Humedad (\%)} = \frac{A - B}{A} \times 100$$

Donde:

A: Peso inicial del carbón activado (g)

B: Peso seco del carbón activado (g) a 105 °C

Figura 26: Pesado de un carbón activado



Nota: información procesada por el autor

Figura 27: Carbones activados en la estufa



Nota: información procesada por el autor

- Determinación del contenido de material volátil

Para el análisis del contenido del material volátil se emplearon 4 g de carbón activado. La muestra fue colocada en un crisol e introducida en una mufla a 950 °C por 15 minutos. Luego dejar enfriar la muestra en un desecador por 1 hora y luego pesar. El porcentaje o contenido de material volátil se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Material volátil (\%)} = \frac{B-C}{B} \times 100$$

Donde:

B: Peso seco del carbón activado (g) a 105 °C

C: Peso del carbón activado sin materiales volátiles (g) a 950 °C

Figura 28: Carbón activado a 950 °C



Nota: información procesada por el autor

Figura 29: Peso del carbón activado a 950°C con crisol



Nota: información procesada por el autor

- Determinación del contenido de ceniza

Colocar 4 g de carbón activado en un crisol e introducirlo en una mufla a 730 °C durante 1 hora. Luego retirar el crisol de la mufla e introducirla en el desecador por 1 hora y pesar. Para hallar el contenido de ceniza se usa la siguiente ecuación.

$$\text{Ceniza (\%)} = \frac{B}{A} \times 100$$

Donde:

A: Peso seco del carbón activado (g) a 105 °C

B: Peso de la ceniza (g) a 730 °C

Figura 30: Carbón activado a 730 °C



Nota: información procesada por el autor

Figura 31: Peso del carbón activado a 730 °C con crisol

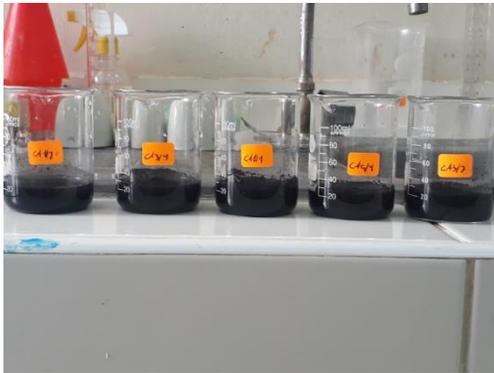


Nota: información procesada por el autor

- Determinación del pH

Colocar 0,5 g de carbón activado a una estufa a 110 °C durante 60 minutos. Luego, transferir la muestra del carbón activado a un vaso de precipitado de 50 ml y se añaden 25 ml de agua., finalmente, se realiza la lectura del ph con el phmetro digital "Hanna"

Figura 32: Carbones activados disueltos con agua destilada



Nota: información procesada por el autor

Figura 33: Lectura del pH



Nota: información procesada por el autor

**5. PROCESO DE ADSORCIÓN DEL COBRE:** Para este procedimiento se realizaron los siguientes pasos:

- Obtención de efluentes del relave minero metalúrgicos

Para esta etapa se tomaron 1 Kg de relave minero metalúrgico procedente de la planta concentradora de la UNI y se mezcló con 5 litros de agua destilada en un balde libre de impurezas.

Figura 34: Efluente del relave minero metalúrgico



Nota: información procesada por el autor

- Interacción de los carbones activados obtenidos y las muestras de los efluentes mineros metalúrgicos

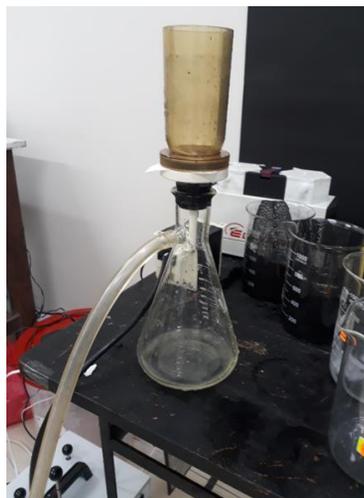
Todos los ensayos de adsorción se realizaron en sistema batch, en cada caso se utilizaron 50 mg del adsorbente (carbón activado) y se pusieron en contacto con 50 ml de una muestra de efluente del relave minero metalúrgico, en un agitador múltiple a una velocidad de 500 rpm a temperatura ambiente. Esta agitación se realizó por un tiempo de 3 horas con el fin de asegurar el equilibrio. Finalizada la etapa de adsorción, las fases fueron separadas por filtración al vacío

Figura 35: Proceso de adsorción con carbones activados



Nota: información procesada por el autor

Figura 36: Filtración al vacío



Nota: información procesada por el autor

## 6. EVALUACIÓN DE LA ADSORCIÓN DE COBRE EN EL LABORATORIO:

Para este procedimiento se realizaron los siguientes pasos:

- Determinación de la concentración de Cobre en el efluente del relave metalúrgico obtenido, tanto sin la presencia del carbón activado como con la presencia del carbón activado obtenido

Para determinar dichos valores, se llevaron las muestras de los efluentes al laboratorio LABICER para realizar los respectivos análisis.

Figura 37: Muestras de los efluentes del relave minero metalúrgico luego de la adsorción



Nota: información procesada por el autor

- Determinación del porcentaje de remoción de Cobre en cada una de las muestras de los efluentes del relave minero metalúrgico obtenidos.

Luego de obtener los resultados de las concentraciones iniciales y finales de Cobre por parte del laboratorio LABICER, se determinaron los porcentajes de remoción de Cobre en cada una de las muestras obtenidas luego de la adsorción con carbón activado mediante la siguiente fórmula:

$$Ads(\%) = 100 \times \left(1 - \frac{C_f}{C_i}\right)$$

Donde:

Ads (%): Porcentaje de Cu adsorbido por el carbón activado

Cf: Concentración final de la solución de Cu (mg/L)

Ci: Concentración inicial de la solución de Cu (mg/L)



## **4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información**

### **4.5.1. Técnicas**

Las técnicas de recolección de datos que se utilizó en el presente trabajo de investigación fueron las siguientes:

- a) **Análisis documental:** Esta técnica permitió utilizar el material necesario (documento normativo) para la obtención de la información precisa para realizar una comparativa entre dicho material a utilizar y los resultados obtenidos en el laboratorio.
- b) **Observación:** Esta técnica permitió obtener visualmente datos que se van a conseguir en el laboratorio, tanto datos relacionados a las propiedades de adsorción de cada carbón activado obtenido como datos relacionados a la alteración del contenido de Cobre en el efluente del relave minero metalúrgico en estudio.

### **4.5.2. Instrumentos de recolección de datos**

Los instrumentos de recolección de datos que se utilizó en el presente trabajo de investigación fueron los siguientes:

- a) **Documento normativo:** Para este trabajo de investigación el documento normativo que se utilizó es el Decreto Supremo N°010-2010 MINAM, que estipula los límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero-metalúrgicas. Este documento normativo se utilizó para realizar la comparativa entre sus valores estipulados y los resultados que obtendremos al realizar nuestro análisis en el laboratorio.
- b) **Fichas de observación:** Estos instrumentos fueron de apoyo para anotar los resultados obtenidos en el laboratorio, tanto resultados relacionados a las propiedades de adsorción de cada carbón activado obtenido como resultados relacionados a la alteración del contenido de Cobre en el efluente del relave minero metalúrgico en estudio.

## **4.6. Análisis y procesamiento de datos**

En la presente investigación se usó el programa EXCEL y SPSS versión 26 para obtener resultados a partir de los datos obtenidos en la parte experimental, éstos datos fueron ordenados mediante tablas y gráficos

estadísticos. En este caso los datos que fueron analizados fueron principalmente las razones de impregnación de cada carbón activado obtenido y las concentraciones finales de Cobre luego de la acción de los mismos carbones activados producidos hacia las muestras de los efluentes de los relaves minero metalúrgicos conseguidos. Por último, la prueba estadística paramétrica que se utilizó en este análisis fue el ANOVA de un factor intersujetos.

#### **4.7. Aspectos Éticos en investigación**

Yo, **Salvador Alejandro Fajardo Sanchez**, bachiller de la carrera de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales de la Universidad Nacional del Callao, declaro que se ha redactado el presente informe final de investigación respetando el reglamento de propiedad intelectual (Res.1206-2019-R) y el código de ética del investigador (Res.260-2019-CU), es decir, que asumo la responsabilidad del contenido del informe y al usar el aporte de otros autores lo he realizado respetando la propiedad intelectual

## V.RESULTADOS

### 5.1. Resultados descriptivos

Según los objetivos planteados, en este ítem se presentan los resultados obtenidos sobre los parámetros físicos del material precursor (residuo cascara de coco) y las características de cada carbón activado obtenido.

#### 5.1.1. Resultados de los parámetros físicos del material precursor (residuo cáscara de coco)

- DENSIDAD APARENTE (g/mL):

De la muestra total de la cáscara de coco se dividieron en 5 muestras, obteniéndose los siguientes resultados en cuanto a la densidad aparente:

**Tabla 07** Densidad aparente de las muestras de las cáscaras de Coco

N° de muestra de cáscara de Coco	Código de la muestra	Densidad aparente(g/ml)
1	CA 1/2	0,6209
2	CA 3/4	0,6194
3	CA 1/1	0,6221
4	CA 5/4	0,6213
5	CA 3/2	0,6189

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 07 se observa los valores de las densidades aparentes de las muestras de las cáscaras de Coco a partir de los carbones activados generados, donde la muestra de cáscara de Coco con código de muestra de CA 3/2 presenta el valor mínimo de densidad aparente, con un valor de 0,6189 g/ml, y la muestra de cáscara de Coco de código de muestra de CA 1/1 presenta el mayor valor de densidad aparente, con un valor de 0,6221 g/ml. Las cáscaras de Coco con códigos de muestras de CA 3/2 y CA 1/1 se utilizarán para obtener los carbones activados de razones de impregnación de 3/2 y 1/1 respectivamente.

- **CONTENIDO DE HUMEDAD (%):**

De la muestra total de la cáscara de coco se dividieron en 5 muestras obteniéndose los siguientes resultados en cuanto al contenido de humedad:

Tabla 08: Contenido de humedad de las cáscaras de Coco

N° de muestra de cáscara de Coco	Código de la muestra	Contenido de humedad (%)
1	CA 1/2	8,4496
2	CA 3/4	8,4516
3	CA 1/1	8,4532
4	CA 5/4	8,4508
5	CA 3/2	8,4512

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 08 se observa los valores de los contenidos de humedad de las muestras de cáscaras de Coco a partir de los carbones activados generados, donde la muestra de cáscara de Coco con código de muestra de CA 1/2 presenta el valor mínimo de contenido de humedad, con un valor de 8,4496 % ,y la muestra de cáscara de Coco de código de muestra de CA 1/1 presenta el mayor valor de contenido de humedad, con un valor de 8,4532 %

- **CONTENIDO DE CENIZA (%)**

De la muestra total de la cáscara de coco se dividieron en 5 muestras, obteniéndose los siguientes resultados en cuanto al contenido de ceniza:

Tabla 09: Contenido de ceniza de las cáscaras de Coco

N° de muestra de cáscara de Coco	Código de la muestra	Contenido de ceniza (%)
1	CA 1/2	1,5823
2	CA 3/4	1,3648
3	CA 1/1	1,6151
4	CA 5/4	1,4834
5	CA 3/2	1,5417

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 09 se observa los valores de los contenidos de ceniza de las

muestras de cáscaras de Coco a partir de los carbones activados generados, donde la muestra de cáscara de Coco con código de muestra de CA 3/4 presenta el valor mínimo de contenido de ceniza, con un valor de 1,3648 %, y la muestra de cáscara de Coco de código de muestra de CA 1/1 presenta el mayor valor de contenido de ceniza, con un valor de 1,6151 %

- CONTENIDO DE MATERIAL VOLATIL (%)

De la muestra total de la cáscara de coco se dividieron en 5 muestras, obteniéndose los siguientes resultados en cuanto al contenido de material volátil:

Tabla 10: Contenido de material volátil de las cáscaras de Coco

N° de muestra de cáscara de Coco	Código de la muestra	Contenido de material volátil (%)
1	CA 1/2	84,3721
2	CA 3/4	84,4135
3	CA 1/1	84,4862
4	CA 5/4	84,5128
5	CA 3/2	84,4667

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 10 se observa los valores de los contenidos de material volátil de las muestras de cáscaras de Coco a partir de los carbones activados generados, donde la muestra de cáscara de Coco con código de muestra de CA 1/2 presenta el valor mínimo de contenido de material volátil, con un valor de 84,3721 %, y la muestra de cáscara de Coco de código de muestra de CA 5/4 presenta el mayor valor de contenido de material volátil, con un valor de 84,5128 %

De los cuadros anteriores se señala los resultados de los parámetros físicos del material precursor (residuo de cáscara de Coco), en la cual podemos sacar la media de cada uno de estos parámetros, las cuales se señalan en la tabla que se presenta a continuación:

Tabla 11: Media de los parámetros físicos de las cáscaras de Coco

Parametro fisico	Media( $\bar{X}$ )
Densidad aparente(g/mL)	0,62052
Contenido de humedad (%)	8,45128
Contenido de ceniza (%)	1,51746
Contenido de material volátil(%)	84,45026

Fuente:Elaboración propia

## 5.1.2. Resultados de las características de los carbones activados obtenidos

- RENDIMIENTO DEL CARBÓN ACTIVADO (%)

Se obtuvieron 5 carbones activados, en los cuales a cada carbón se le tomó dos mediciones en cuanto a su rendimiento, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 12: Rendimientos de los carbones activados

N° de muestra de carbón activado	Código de la muestra	Rendimiento del carbon activado(%)
1	CA 1/2	72,455
2	CA 1/2	72,356
3	CA 3/4	91,007
4	CA 3/4	91,125
5	CA 1/1	77,223
6	CA 1/1	77,256
7	CA 5/4	100
8	CA 5/4	100
9	CA 3/2	96,442
10	CA 3/2	96,461

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 12 se observa los valores de los rendimientos de los carbones activados obtenidos, en los cuales a cada carbon activado generado se le tomaron doble mediciones, resultando que el carbón activado con razón de impregnación de 1/2 tuvo un menor rendimiento, con valores de 72,455 % y 72,356 %, mientras que el carbon activado con razón de impregnación de 5/4 presentó mayor rendimiento, con un valor de 100 %.

- DENSIDAD APARENTE (g/mL)

Se obtuvieron 5 carbones activados, en los cuales a cada carbón se le tomó dos mediciones en cuanto a su densidad aparente, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 13: Densidades aparentes de los carbones activados

N° de muestra de carbón activado	Código de la muestra	Densidad aparente del carbón activado(g/mL)
1	CA 1/2	0,32
2	CA 1/2	0,31
3	CA 3/4	0,3
4	CA 3/4	0,3
5	CA 1/1	0,29
6	CA 1/1	0,29
7	CA 5/4	0,3
8	CA 5/4	0,3
9	CA 3/2	0,35
10	CA 3/2	0,36

Fuente:Elaboración propia

En la tabla 13 se observa los valores de las densidades aparentes de los carbones activados obtenidos, en los cuales a cada carbon activado generado se le tomaron doble mediciones, resultando que el carbón activado con razón de impregnación de 1/1 tuvo una menor densidad aparente, con un valor de 0,29 mg/l, mientras que el carbon activado con razón de impregnación de 3/2 presentó mayor densidad aparente, con valores de 0,35 mg/l y 0,36 mg/l

- CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

Se obtuvieron 5 carbones activados, en los cuales a cada carbón se le tomó dos mediciones en cuanto a su contenido de humedad, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 14: Contenido de humedad de los carbones activados

N° de muestra de carbón activado	Código de la muestra	Contenido de humedad (%)
1	CA 1/2	1,6613
2	CA 1/2	1,6678
3	CA 3/4	1,7929
4	CA 3/4	1,7991
5	CA 1/1	1,4772
6	CA 1/1	1,4718
7	CA 5/4	0,4371
8	CA 5/4	0,4356
9	CA 3/2	0,2032
10	CA 3/2	0,2041

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 14 se observa los valores de los contenidos de humedad de los carbones activados obtenidos, en los cuales a cada carbon activado generado se le tomaron doble mediciones, resultando que el carbón activado con razón de impregnación de 3/2 tuvo un menor contenido de humedad, con valores de 0,2032 % y 0,2041 %, mientras que el carbón activado con razón de impregnación de 3/4 presentó mayor contenido de humedad, con valores de 1,7929 % y 1,7991 %

- CONTENIDO DE MATERIAL VOLATIL (%)

Se obtuvieron 5 carbones activados, en los cuales a cada carbón se le tomó dos mediciones en cuanto a su contenido de material volátil, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 15: Contenido de material volátil de los carbones activados

N° de muestra de carbón activado	Código de la muestra	Contenido de material volátil (%)
1	CA 1/2	2,0664
2	CA 1/2	2,0669
3	CA 3/4	2,0448
4	CA 3/4	2,0441
5	CA 1/1	2,0356
6	CA 1/1	2,0352
7	CA 5/4	2,0189
8	CA 5/4	2,0183
9	CA 3/2	2,0097
10	CA 3/2	2,0094

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 15 se observa los valores de los contenidos de material volátil de los carbones activados obtenidos, en los cuales a cada carbon activado generado se le tomaron doble mediciones, resultando que el carbón activado con razón de impregnación de 3/2 tuvo un menor contenido de material volátil, con valores de 2,0097 % y 2,0094 %, mientras que el carbón activado con razón de impregnación de 1/2 presentó mayor contenido de material volátil, con valores de 2,0664 % y 2,0669 %

- CONTENIDO DE CENIZA (%)

Se obtuvieron 5 carbones activados, en los cuales a cada carbón se le tomó dos mediciones en cuanto a su contenido de ceniza, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 16: Contenido de ceniza de los carbones activados

N° de muestra de carbón activado	Código de la muestra	Contenido de ceniza (%)
1	CA 1/2	16,8557
2	CA 1/2	16,8564
3	CA 3/4	14,5672
4	CA 3/4	14,5679
5	CA 1/1	13,4336
6	CA 1/1	13,4362
7	CA 5/4	12,5667
8	CA 5/4	12,5663
9	CA 3/2	10,9936
10	CA 3/2	10,9945

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 16 se observa los valores de los contenidos de ceniza de los carbones activados obtenidos, en los cuales a cada carbón activado generado se le tomaron doble mediciones, resultando que el carbón activado con razón de impregnación de 3/2 tuvo un menor contenido de ceniza, con valores de 10,9936 % y 10,9945 %, mientras que el carbón activado con razón de impregnación de 1/2 presentó mayor contenido de ceniza, con valores de 16,8557 % y 16,8564 %

- PH

Se obtuvieron 5 carbones activados, en los cuales a cada carbón se le tomó dos mediciones en cuanto a su pH, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 17: pH de los carbones activados

N° de muestra de carbón activado	Código de la muestra	pH
1	CA 1/2	9,51
2	CA 1/2	9,49
3	CA 3/4	8,65
4	CA 3/4	8,66
5	CA 1/1	8,63
6	CA 1/1	8,62
7	CA 5/4	8,52
8	CA 5/4	8,55
9	CA 3/2	8,28
10	CA 3/2	8,26

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 17 se observa los valores de los pH de los carbones activados obtenidos, en los cuales a cada carbón activado generado se le tomaron doble mediciones, resultando que el carbón activado con razón de impregnación de 3/2 tuvo un menor pH, con un valor de 8,28, mientras que el carbón activado con razón de impregnación de 1/2 presentó mayor pH, con valores de 9,51 y 9,49.

De acuerdo a las tablas anteriores se observaron las características de cada carbón activado obtenido, entonces de acuerdo a estos resultados podemos realizar la media de cada característica de los diferentes carbones activados realizados, las cuales resultaron las siguientes:

Tabla 18: Media de las características de los carbones activados

CA 1/2	CA 3/4	CA 1/1	CA 5/4	CA 3/2
$\bar{X}_{\text{Rendimiento}}=72,406$	$\bar{X}_{\text{Rendimiento}}=91,066$	$\bar{X}_{\text{Rendimiento}}=77,239$	$\bar{X}_{\text{Rendimiento}}=100$	$\bar{X}_{\text{Rendimiento}}=96,451$
$\bar{X}_{\text{Densidad aparente}}=0,315$	$\bar{X}_{\text{Densidad aparente}}=0,3$	$\bar{X}_{\text{Densidad aparente}}=0,29$	$\bar{X}_{\text{Densidad aparente}}=0,3$	$\bar{X}_{\text{Densidad aparente}}=0,355$
$\bar{X}_{\text{Contenido de humedad}}=1,6646$	$\bar{X}_{\text{Contenido de humedad}}=1,796$	$\bar{X}_{\text{Contenido de humedad}}=1,4745$	$\bar{X}_{\text{Contenido de humedad}}=0,4364$	$\bar{X}_{\text{Contenido de humedad}}=0,2037$
$\bar{X}_{\text{Contenido de material volátil}}=2,0667$	$\bar{X}_{\text{Contenido de material volátil}}=2,0445$	$\bar{X}_{\text{Contenido de material volátil}}=2,0354$	$\bar{X}_{\text{Contenido de material volátil}}=2,0186$	$\bar{X}_{\text{Contenido de material volátil}}=2,0096$
$\bar{X}_{\text{Contenido de ceniza}}=16,8561$	$\bar{X}_{\text{Contenido de ceniza}}=14,5675$	$\bar{X}_{\text{Contenido de ceniza}}=13,4349$	$\bar{X}_{\text{Contenido de ceniza}}=12,5665$	$\bar{X}_{\text{Contenido de ceniza}}=10,994$
$\bar{X}_{\text{pH}}=9,5$	$\bar{X}_{\text{pH}}=8,655$	$\bar{X}_{\text{pH}}=8,625$	$\bar{X}_{\text{pH}}=8,535$	$\bar{X}_{\text{pH}}=8,27$

Fuente: Elaboración propia

## 5.2. Resultados inferenciales

Según los objetivos planteados, en este ítem se presentan los resultados obtenidos sobre las cantidades de Cobre adsorbidos y los porcentajes de remoción producto de la acción de los carbones activados obtenidos.

### 5.2.1. Cantidades de Cobre adsorbido

En este caso la muestra total de los efluentes mineros metalúrgicos fueron divididos en dos muestras, y en cada una de estas muestras divididas se dividieron en 5 muestras más, obteniendo en total 10 muestras de efluentes del relave minero metalúrgico, en las cuales en cada una de estas muestras fueron impregnados con los 5 carbones activados preparados, exactamente en 2 muestras de efluentes mineros fueron impregnados con 2 carbones activados con las mismas razones de impregnación, ocupando así la impregnación de los 5 carbones

activados en las 10 muestras de los efluentes del relave minero metalúrgico, obteniendo también las cantidades adsorbidas de Cobre producto de la acción de los carbones activados hacia las muestras

Tabla 19: Cantidades de Cobre adsorbido en muestras de efluentes mineros metalúrgicos

N°	Código de la muestra	Concentración inicial de Cobre(mg/L)	Concentración final de Cobre(mg/L)	Cantidad de Cobre adsorbido(mg/L)
1	CA 1/2 M1	0,82	0,69	0,13
2	CA 1/2 M2	0,86	0,73	0,13
3	CA 3/4 M1	0,82	0,52	0,3
4	CA 3/4 M2	0,86	0,56	0,3
5	CA 1/1 M1	0,82	0,43	0,39
6	CA 1/1 M2	0,86	0,47	0,39
7	CA 5/4 M1	0,82	0,54	0,28
8	CA 5/4 M2	0,86	0,6	0,26
9	CA 3/2 M1	0,82	0,73	0,09
10	CA 3/2 M2	0,86	0,77	0,09

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 19 se observa los valores de las cantidades de Cobre adsorbido por los diferentes carbones activados obtenidos, resultando que el carbón activado con razón de impregnación de 1/1 adsorbió mayor cantidad de Cobre, con un valor de 0,39 mg/l de Cobre, mientras que el carbón activado con razón de impregnación de 3/2 removió menor cantidad de Cobre, con un valor de 0,09 mg/l de Cobre.

### 5.2.2. Porcentaje de remoción de Cobre:

Para hallar este porcentaje se deduce de las cantidades adsorbidas de Cobre señaladas en el cuadro anterior, obteniendo así los resultados siguientes:

Tabla 20: Porcentajes de remoción de Cobre en muestras de efluentes mineros metalúrgicos

N°	Código de la muestra	Concentración inicial de Cobre(mg/L)	Concentración final de Cobre(mg/L)	Porcentaje de remoción de Cobre(%)
1	CA 1/2 M1	0,82	0,69	15,85
2	CA 1/2 M2	0,86	0,73	15,12
3	CA 3/4 M1	0,82	0,52	36,58
4	CA 3/4 M2	0,86	0,56	34,88
5	CA 1/1 M1	0,82	0,43	47,56
6	CA 1/1 M2	0,86	0,47	45,35
7	CA 5/4 M1	0,82	0,54	34,14
8	CA 5/4 M2	0,86	0,6	30,23
9	CA 3/2 M1	0,82	0,73	10,97
10	CA 3/2 M2	0,86	0,77	10,47

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 20 se observa los valores de los porcentajes de remoción de Cobre adsorbido por los diferentes carbones activados obtenidos, resultando que el carbón activado con razón de impregnación de 1/1 generó mayor porcentaje de remoción de Cobre ,con valores de 47,56 % y 45,35 %, mientras que el carbón activado con razón de impregnación de 3/2 generó menor porcentaje de remoción de Cobre,con valores de 10,97 % y 10,47 %.

Ahora, para contrastar la hipótesis general de la investigación utilizaremos una prueba estadística, y para escoger dicha prueba estadística utilizaremos la prueba de normalidad mediante los datos simplificados de las razones de impregnaciones de cada carbón activado generado y las concentraciones finales de Cobre generados por dichos carbones activados, estos datos se presentan a continuación:

Tabla 21: Razones de impregnación VS concentración promedio final de Cobre

Razones de impregnación del carbón activado	Concentración promedio final de Cobre
0,5	0,71
0,75	0,54
1	0,45
1,25	0,57
1,5	0,75

Fuente: Elaboración propia

**Prueba de normalidad:**

Ho: Los datos tienen distribución normal

H1: Los datos no tienen distribución normal

Tabla 22: Prueba de normalidad para la razón de impregnación y concentración promedio final de Cobre

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Concentración_promedio_final_de_Cobre	,208	5	,200*	,940	5	,663
Razones_de_impregnación_de_carbón_activado	,136	5	,200*	,987	5	,967

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.  
a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

Como el valor del Sig., en ambos datos, es mayor que el alfa (0.05) entonces se acepta la Ho. Por lo tanto, ambos datos son normales.

Entonces al tener ambos datos numéricos y normales, y además la muestra principal está dividida en dos muestras o grupos, entonces aplicamos la “Prueba estadística de ANOVA de un factor intersujetos”

Para aplicar esta prueba estadística planteamos las siguientes hipótesis:

Ho:  $T_1=T_2=T_3=T_4=T_5$  (No existe efecto en el tratamiento)

H1:  $T_1 \neq T_2 \neq T_3 \neq T_4 \neq T_5$  (Al menos dos tratamientos son diferentes)

Aplicamos ANOVA en el SPSS versión 26

Tabla:23: Prueba estadística ANOVA de un factor intersujetos

ANOVA					
Concentración_final_de_Cobre					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,123	4	,031	30,760	,001
Dentro de grupos	,005	5	,001		
Total	,128	9			

Fuente: Elaboración propia

Como el sig(0.001) es menor alfa(0.05) entonces se rechaza Ho. Con un 5% de significancia existe evidencia estadística para afirmar que los tratamientos son

diferentes, es decir los carbones activados representados por sus razones de impregnación tienen un efecto significativo en las remociones de Cobre, representados con las concentraciones finales de Cobre en el efluente minero metalúrgico.

Entonces, llegamos a la conclusión de que la **hipótesis general “El carbón activado a partir de la cascara de Coco influye en la remoción de Cobre en relave minero metalúrgico”** es afirmativa.

Para analizar qué tan influyente sea la adsorción de Cobre producto de los carbones activados obtenidos se buscará un modelo que relacione las variables “razón de impregnación” y “concentración final de Cobre”, en la cual se señala en la tabla 21

Luego de procesar los datos en SPSS versión 26, buscamos un modelo y validarlo para encontrar una relación entre las 2 variables en estudio, resultando al final el modelo siguiente:

Tabla 24: Coeficientes del modelo cuadrático elegido para las variables “razón de impregnación” y “Concentración final de Cobre”

Coeficientes					
	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados Beta	t	Sig.
	B	Desv. Error			
Razones_de_impregnación_de_carbón_activado	-2,036	,208	-6,489	-9,779	,010
Razones_de_impregnación_de_carbón_activado** 2	1,040	,103	6,702	10,099	,010
(Constante)	1,470	,096		15,356	,004

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al SPSS versión 26 el modelo presentado sería:

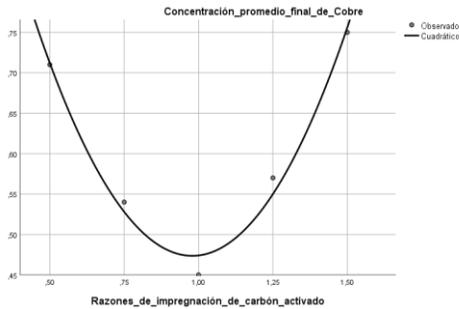
$$\hat{Y}=1,470 - 2,036X + 1,040X^2$$

Donde:

Ŷ: Concentración promedio final de Cobre

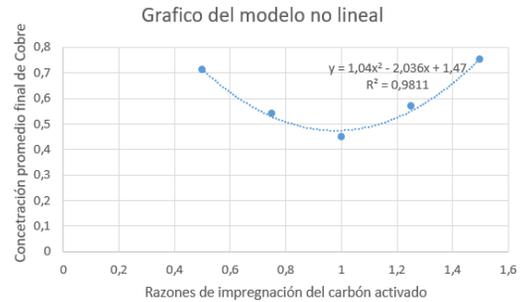
X: Razones de impregnación del carbón activado

Figura 39: Grafico de “razón de impregnación” VS “Concentración final de Cobre” en SPSS 26



Fuente: Elaboración propia

Figura 40: Grafico de “razón de impregnación” VS “concentración final de Cobre” en EXCEL



Fuente: Elaboración propia

Del modelo cuadrático elegido y de los gráficos presentados, podemos observar que el carbón activado con la razón de impregnación de 1/1 presenta la menor concentración final de la muestra de efluente del relave minero metalúrgico en la cual ha sido impregnado el carbón, por lo que se deduce que se presentó la mayor cantidad de Cobre removido en dicha muestra.

## VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

En este punto se contrastará y demostrará la hipótesis general de la investigación con los resultados presentados

#### 6.1.1. Parámetros físicos del material precursor

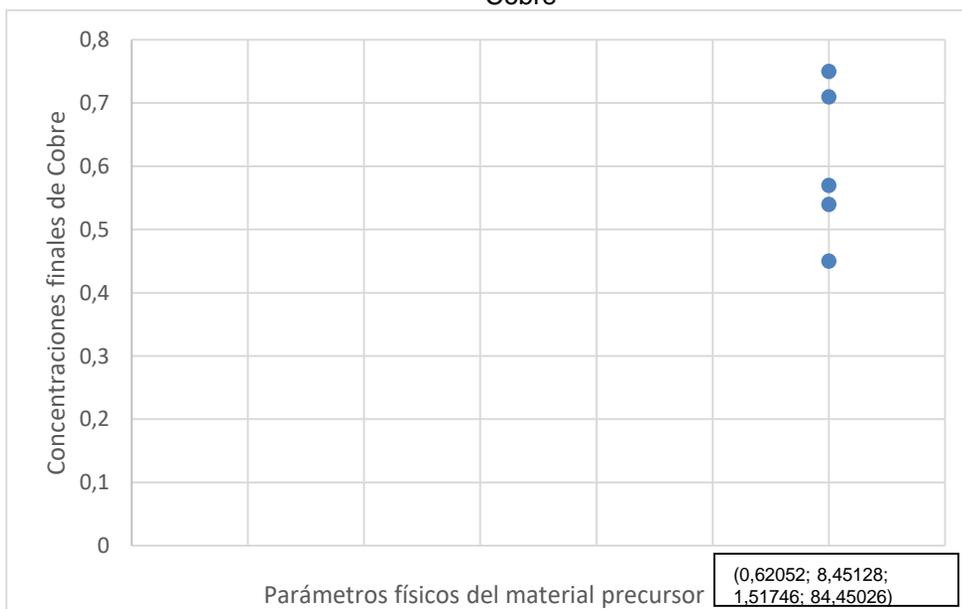
En cuanto a los parámetros físicos del material precursor relacionados con las concentraciones finales de Cobre se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 25: Parámetros físicos del material precursor VS concentraciones finales de Cobre

Razón de impregnación del carbón activado	Parámetros físicos del material precursor(densidad aparente, contenido de humedad, contenido de ceniza, contenido de material volátil)	Concentraciones finales de Cobre
0,5	(0,62052; 8,45128; 1,51746; 84,45026)	0,71
0,75	(0,62052; 8,45128; 1,51746; 84,45026)	0,54
1	(0,62052; 8,45128; 1,51746; 84,45026)	0,45
1,25	(0,62052; 8,45128; 1,51746; 84,45026)	0,57
1,5	(0,62052; 8,45128; 1,51746; 84,45026)	0,75

Fuente: Elaboración propia

Figura 41: Parámetros físicos del material precursor VS concentraciones finales de Cobre



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico superior, podemos observar que la cáscara de coco tiene un único valor de referencia, que se encuentra en forma de coordenadas, en la cual señala todos los valores de sus parámetros físicos, esto es debido a que todas las muestras de cascara de coco proviene de un mismo origen, por lo tanto, a través de este indicar no podemos afirmar la hipótesis general

### 6.1.2. Características del carbón activado

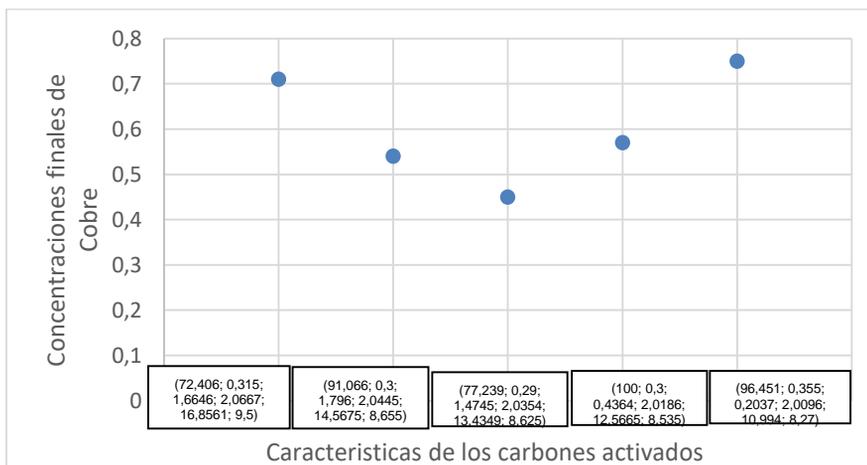
En cuanto a las características del carbón activado relacionados con las concentraciones finales de Cobre se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 26: Características del carbón activado VS Concentraciones finales de Cobre

Razón de impregnación del carbón activado	Características del carbón activado (rendimiento, densidad aparente, contenido de humedad, contenido de material volátil, contenido de ceniza, pH)	Concentraciones finales de Cobre
0,5	(72,406; 0,315; 1,6646; 2,0667; 16,8561; 9,5)	0,71
0,75	(91,066; 0,3; 1,796; 2,0445; 14,5675; 8,655)	0,54
1	(77,239; 0,29; 1,4745; 2,0354; 13,4349; 8,625)	0,45
1,25	(100; 0,3; 0,4364; 2,0186; 12,5665; 8,535)	0,57
1,5	(96,451; 0,355; 0,2037; 2,0096; 10,994; 8,27)	0,75

Fuente: Elaboración propia

Figura 42: Características del carbón activado VS Concentraciones finales de Cobre



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico podemos observar que las características de los carbones si

influye en las concentraciones finales de Cobre, por lo que la **hipótesis general “El carbón activado a partir de la cascara de Coco influye en la remoción de Cobre en relave minero metalúrgico”** es afirmativa.

## 6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares

### 6.2.1. Parámetros físicos del material precursor

Para la producción de un carbón activado se utiliza un material orgánico que contenga un alto contenido de material volátil y que tenga un bajo contenido de cenizas.

Para nuestra investigación se seleccionó el material precursor cáscara de Coco, la cual se caracterizó obteniendo los resultados promedios mostrados en la Tabla , donde se observa que la cantidad de material volátil es 84,45026% y de cenizas con un valor de 1,51746%, resultados que son semejantes a los valores de otros materiales orgánicos que también fueron utilizados para la elaboración de un carbón activado como se muestra en la Tabla 6.1, donde se ha demostrado que éstas presentan buenas propiedades para la activación, lo que nos indica que el precursor de cáscara de Coco que se usó para esta investigación es adecuado para la elaboración de los carbones activados .

Tabla 27: Contrastación de los parámetros físicos de la cáscara de coco con otros resultados similares

Parámetros	Cáscara de Coco	Semilla de aceituna(Valencia 2012)	Semilla de aguaje(Rosales y Quevedo 2019)	Semilla de níspero(Delgado 2009)
Cenizas(%)	1,51746	0,73	1,7120	0,46
Humedad(%)	8,45128	12,9	8,671	2,93
Material volátil(%)	84,45026	80,9	79,597	81,33

Fuente: Elaboración propia

### 6.2.2. Características del carbón activado:

Como puede observarse en la tabla, el contenido de humedad del carbón activado de la cascara de coco en las razones de impregnación de 0,5 y 1 es mucho menor que los contenidos de humedades que los carbones activados a partir de la cáscara de naranja, esto claro esta debido a que la cascara de coco es un material más seco que la cascara de naranja, por ende sus carbones activados generados por esos residuos orgánicos también tendrán ese mismo comportamiento. Y también podemos analizar

el contenido de ceniza, en las cuales, los carbones activados provenientes de las cáscaras de Coco resultaron contener mayor contenido de ceniza con respecto a los carbones provenientes de las cáscaras de naranja, esta diferencia se produce debido a que la cascara de Coco es más combustible que la cascara de Naranja, y por ende se genera mayor contenido de ceniza.

Tabla 28: Contrastación de las características de los carbones activados obtenidos con otros resultados similares

Razón de impregnación	Características del carbón activado	Carbón activado de Cáscara de Coco	Carbón activado de Cáscara de naranja (Ruiz 2018)
0,5	Humedad(%)	1,6646	5,264
	Material volátil(%)	2,0667	4,699
	Ceniza(%)	16,8561	11,417
	Densidad aparente(g/mL)	0,315	0,5564
	pH	9,5	2,741
1	Humedad(%)	1,4745	7,146
	Material volátil(%)	2,0354	1,4831
	Ceniza(%)	13,4349	7,601
	Densidad aparente(g/MI)	0,29	0,49715
	pH	8,625	2,751

Fuente: Elaboración propia

### 6.2.3. Cantidad de Cobre adsorbido:

En esta parte se analizará las cantidades de Cobre adsorbido mediante diferentes carbones activados realizados y bajo otros estudios similares realizados

Tabla 29: Contrastación de la cantidad de cobre adsorbido con otros resultados similares

Ensayo	Carbón activado(g)	Concentración inicial de Cobre(mg/L)	Concentración final de Cobre(mg/L)	Cantidad de Cobre adsorbido(mg/L)
1	30,0023	5,0250	3,5725	1,4525
2	29,9999	5,0250	3,1450	1,8800
3	30,0066	5,0250	3,1375	1,8875
4	30,0031	5,0250	3,1263	1,8988

Fuente:(Valdivieso 2014)

Tabla 30: Cantidad de Cobre adsorbido en cada muestra de efluente minero metalúrgico

N°	Código de la muestra	Concentración inicial de Cobre(mg/L)	Concentración final de Cobre(mg/L)	Cantidad de Cobre adsorbido(mg/L)
1	CA 1/2 M1	0,82	0,69	0,13
2	CA 1/2 M2	0,86	0,73	0,13
3	CA 3/4 M1	0,82	0,52	0,3
4	CA 3/4 M2	0,86	0,56	0,3
5	CA 1/1 M1	0,82	0,43	0,39
6	CA 1/1 M2	0,86	0,47	0,39
7	CA 5/4 M1	0,82	0,54	0,28
8	CA 5/4 M2	0,86	0,6	0,26
9	CA 3/2 M1	0,82	0,73	0,09
10	CA 3/2 M2	0,86	0,77	0,09

Fuente: Elaboración propia

Podemos observar que, en los dos estudios realizados, tanto de este estudio realizado como el estudio realizado por Valdivieso (2014), el carbón activado, bajo ciertas condiciones, adsorbe cantidades de Cobre dentro de diferentes muestras de efluentes de relave minero metalúrgico, ahora las cantidades adsorbidas serán de gran magnitud de acuerdo a las propiedades que presenta dichos carbones activados. ya sean cantidades de masas de carbones activados hacer impregnados hacia las muestras donde se encuentran el metal Cobre, o también de acuerdo a la razón de impregnación en la cual se encuentren dichos carbones activados

#### 6.2.4. Porcentaje de remoción de Cobre:

En esta parte se analizará los porcentajes de remoción de Cobre mediante diferentes carbones activados realizados y bajo otros estudios similares realizados.

Tabla 31: Contrastación del porcentaje de remoción de cobre con otros resultados similares

Ensayo	Carbón activado(g)	Concentración inicial de Cobre(mg/L)	Concentración final de Cobre(mg/L)	Porcentaje de remoción de Cobre adsorbido(%)
1	30,0023	5,0250	3,5725	28,91
2	29,9999	5,0250	3,1450	59,77
3	30,0066	5,0250	3,1375	60,16
4	30,0031	5,0250	3,1263	60,73

Fuente:(Valdivieso 2014)

Tabla 32: Porcentajes de remoción de Cobre en cada muestra de efluentes mineros metalúrgico

N°	Código de la muestra	Concentración inicial de Cobre(mg/L)	Concentración final de Cobre(mg/L)	Porcentaje de remoción de Cobre(%)
1	CA 1/2 M1	0,82	0,69	15,85
2	CA 1/2 M2	0,86	0,73	15,12
3	CA 3/4 M1	0,82	0,52	36,58
4	CA 3/4 M2	0,86	0,56	34,88
5	CA 1/1 M1	0,82	0,43	47,56
6	CA 1/1 M2	0,86	0,47	45,35
7	CA 5/4 M1	0,82	0,54	34,14
8	CA 5/4 M2	0,86	0,6	30,23
9	CA 3/2 M1	0,82	0,73	10,97
10	CA 3/2 M2	0,86	0,77	10,47

Fuente: Elaboración propia

Al igual que en el análisis anterior, el carbón activado para que pueda remover gran cantidad de Cobre depende de varios parámetros mencionados con anterioridad, pero de la cantidad de Cobre adsorbido también se puede deducir el porcentaje de remoción de dicho Cobre 73

adsorbido, en la cual estos porcentajes se encuentran señalados en las tablas

### **6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes**

Esta investigación se realizó respetando el código de ética de la Universidad Nacional del Callao y la directiva N° 004-2022-R “Directiva para la elaboración de proyecto e informe final de investigación de pregrado, posgrado, equipos, centros e institutos de investigación”. Aprobado mediante resolución rectoral N° 319-2022-R con fecha 22 de Abril de 2022, con la finalidad de elaborar una investigación que aporte conocimiento a la comunidad científica y sociedad. En este sentido, esta investigación proporciona resultados reales en torno al tema de investigación, asimismo estará al servicio y disposición del público en el repositorio de la Universidad Nacional del Callao.

## VII. CONCLUSIONES

-Se identificaron los parámetros físicos de la cáscara de coco como material precursor de los diferentes carbones activados obtenidos, las cuales según por investigaciones pasadas estos parámetros son los siguientes: densidad aparente, contenido de humedad, contenido de ceniza y contenido de material volátil, siendo estos valores de tales parámetros una cantidad promedio de 0,62052 g/ml, 8,45128 %, 1,51746 % y 84,45026 %, respectivamente.

-Se identificaron las características de los diferentes carbones activados obtenidos a partir de la cáscara de Coco, las cuales según por investigaciones pasadas estas características son las siguientes: rendimiento del carbón activado, densidad aparente, contenido de humedad, contenido de material volátil, contenido de ceniza, PH y razón de impregnación; siendo el carbón activado de razón de impregnación de 5/4 que mayor rendimiento obtuvo, con un valor de 100 %, el carbón activado de razón de impregnación de 3/2 obtuvo la mayor densidad aparente, con un valor de 0,355 mg/L, el carbón activado de razón de impregnación de 3/4 obtuvo el mayor contenido de humedad, con un valor de 1,796 % y el carbón activado de razón de impregnación de 1/2 obtuvo el mayor contenido de material volátil, contenido de ceniza y Ph obtuvo, con valores de 2,0667%, 16,8561 % y 9,5 respectivamente.

-Se determinó la cantidad de Cobre adsorbido producto de los diferentes carbones activados obtenidos a partir de la cáscara de Coco, siendo el carbón activado de razón de impregnación de 1/1 que mayor cantidad de Cobre adsorbió en las muestras del relave minero metalúrgico con respecto a los demás carbones activados, en la cual este carbón activado adsorbió una cantidad de 0,39 mg/L de Cobre.

-Se determinó el porcentaje de remoción de Cobre producto de los diferentes carbones activados obtenidos a partir de la cáscara de Coco, siendo el carbón activado de razón de impregnación de 1/1 que mayor porcentaje de remoción de Cobre generó en la muestra del relave minero metalúrgico con respecto a los demás carbones activados, en la cual generó porcentajes de remoción de 47,56 % y 45,35% de Cobre.

## VIII. RECOMENDACIONES

-Se recomienda el uso del carbón activado a partir de la cáscara de Coco con la finalidad de evaluar su influencia como adsorbente en la remoción del Cobre en relaves mineros metalúrgicos.

-Promover técnicas alternativas con respecto a las habituales en el tratamiento de efluentes de relaves minero metalúrgicos siendo el uso del carbón activado una técnica de tratamiento más económico y el que mayor remoción de metales pesados en relaves mineros metalúrgicos genera, mencionando como su única desventaja que se utiliza habitualmente a menor escala.

-Analizar la reducción de Cobre en las muestras de los efluentes del relave minero metalúrgico obtenidas en este estudio generadas por los distintos carbones activados realizados y observar cuales de estos carbones produce mayor reducción del metal analizado.

-Hallar los valores numéricos, tanto de los parámetros físicos del material precursor elegido para este estudio (cáscara de Coco), como de las características de los carbones activados generados, encontrándose estos valores siguiendo el procedimiento establecido con la finalidad de no obtener valores numéricos erróneos.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BARRETO PIO, C. 2013. *Obtención de carbón activado a partir de la a pepa de la aceituna para adsorción de metales pesados (Pb, As) en efluentes líquidos*. Informe de Investigación. Universidad Nacional del Callao. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12952/2005>
- BRAULIO-MORÁN, A.; AUBERTO-HIDALGO, M. 2016. *Contaminantes en la bahía Puerto Pizarro*. Revista de Investigación Científica, 33 pp. 33-42. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2016.014>
- BUSTAMANTE CUADROS, A.2016. *Lixiviación de Cobre con EDTA en minerales oxidados de Cobre de la compañía minera Tintaya Antapaccay*. CARPIO RAMOS, D. (ases.) Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano-Puno. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2853>
- CALLO CHOQUEPUMA, A.; FLORES QUISPE, N.2020. *Caracterización del carbón activado de huesos de Alpaca (Vicugna pacos) por activación química con hidróxido de sodio, ácido fosfórico y tiempo de pirólisis*. VIGO RIVERA, J. (ases.) Tesis de pregrado, Universidad Peruana Unión. Disponible en:<https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/4858>
- CAMPOS CACHIQUE, C.; CÁRDENAS GARCÍA, M.2020. *Identificación primaria y verificación de la calidad de tabletas de paracetamol 500mg. expendido en boticas de Iquitos por ensayo de disolución y cromatografía de capa fina*. NONATO RAMIREZ, L.D. (ases.) Tesis de pregrado, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Disponible en: <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/6747?show=full>
- CANALES FLORES, R. 2018. *Obtención y Caracterización de Carbones Activados a Partir de Residuos Agroindustriales*. Tesis doctoral, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Disponible en: <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/handle/231104/2070>
- CARBAJAL-FLÓREZ, E.; MARULANDA-GIRALDO, L. 2020. *Uso de residuos de café como biosorbente para la remoción de metales pesados en aguas residuales*. Ingenierías USBMED, 45, pp. 44-55. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7973093>

- ZEVALLOS, J. (ases.) Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Disponible en:  
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/625225>
- CARRASCO TITO, B.; LONDA VELETANGA, E.2018. *Obtención de carbón activado a partir de la cáscara de coco "Cocos Nucifera L"*. ESPINOZA GARATE, J.D. (dir.) Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca. Disponible en:  
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/31705>
- CARRIAZO, J. [et al.]. 2010. *Propiedades adsorptivas de un carbón activado y determinación de la ecuación de Langmuir empleando materiales de bajo costo*. Universidad Nacional Autónoma de México, 227, 1910. Disponible en:  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-893X2010000300007](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2010000300007)
- CÓNDOR MENA, J.; MAZA PARRILLA, D.2020. *Remoción de plomo para mejorar el agua de Mórrope utilizando carbón activado del endocarpio de aceituna y cáscara de coco*. PONCE AYALA, J.E. (ases.) Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo. Disponible en:  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/50262>
- CONDORI QUISPE, B. 2019. *El contenido de humedad en la simulación del comportamiento elastoplástico de los suelos, Huancayo en el año 2016*. RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, C. (ases.) Tesis doctoral, Universidad Nacional Federico Villareal. Disponible en:  
<http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/3994>
- ESPÍN, D. [et al.]. 2017. *Manejo, gestión, tratamiento y disposición final de relaves mineros generados en el proyecto río blanco*. Revista de Ciencias de Seguridad y Defensa, 4, 2017. Disponible en:  
<http://geo1.espe.edu.ec/wp-content/uploads/2018/01/Art1.pdf>
- FLORES CHÁVEZ, S. 2009. *Tratamiento de remediación de efluentes metalúrgicos con énfasis en el abatimiento de cobre con dolomita*. LOVERA DÁVILA, D. (ases.) Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Disponible en:  
<https://www.redalyc.org/pdf/816/81619989013.pdf>
- FLORES-MURILLO, C. [et al.]. 2017. *Cáscara de coco para mitigar el impacto ambiental producido por el carbón natural empleado en los asaderos*. Polo del Conocimiento, 338, 2017. Disponible en:  
[DOI: 10.23857/casedelpo.2017.2.5.may.332-345](https://doi.org/10.23857/casedelpo.2017.2.5.may.332-345)

- GUTIERRÉZ LARA, A.; PERILLA ROJAS, P. 2019. *Carbón activado mediante activación química con ácido fosfórico a partir de la cascarilla de cacao para la captura de CO<sub>2</sub>*. ROSA RIVERA, L.C. (dir.) Tesis de pregrado, Universidad Jorge Tadeo Lozano. Disponible en: <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/8244/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=3&isAllowed=n>
- IKECHUKWU-UGWU, E.; CHUKWUEMEKA-AGUNWAMBA, J. 2020. *Optimal conditions for adsorption of zinc from industrial wastewater using groundnut husk ash*. Environ Monit Assess, 3, pp. 1-18. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08262-w>
- LAIB LÓPEZ, I. 2017. *Diseño de investigación: uso de cáscara de coco para la reducción de la demanda energética de leña, en el sector residencial del departamento de suchitepéquez*. BENAVIDES LÁZARO, L.M. (ases.) Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala. Disponible en: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_3560\\_IN.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3560_IN.pdf)
- MANSILLA, P. [et al.]. 2021. *Cuando la comunidad es invisible: responsabilidad social empresarial en la industria minera*. Revista latinoamericana de estudios socioambientales, 78, 2008. Disponible en: <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.31.2022.5082>
- MARÍN VÁSQUEZ, J. 2019. *obtención de carbón activado a partir de la cáscara de naranja por método de activación química para la adsorción de Cloro y materia orgánica del agua, en la provincia de Jaén*. Trabajo de investigación, Universidad de Lambayeque. Disponible en: <https://repositorio.udl.edu.pe/xmlui/handle/UDL/242>
- MAYTA CASAS, C. 2017. *Elaboración de carbón activado a partir de lodos residuales*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. Disponible en: [http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/247/1/Mayta\\_Consumo\\_Trabajo\\_Profesional\\_2017.pdf](http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/247/1/Mayta_Consumo_Trabajo_Profesional_2017.pdf)
- MEJÍA GUTIÉRREZ, E. 2017. *Análisis de factibilidad para la creación de una empresa de producción de carbón orgánico mediante el reciclaje de la corteza de coco con visión de exportación*. ARMAS, M. (ases.) Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Disponible en: <https://repositorio.pucese.edu.ec/handle/123456789/1137>

- MENÉNDEZ DÍAZ, J.2008. *Residuos de biomasa para la producción de carbones activos y otros materiales de interés tecnológico*. Informe de Investigación. Universidad de Oviedo. Disponible en:  
<https://digital.csic.es/bitstream/10261/4698/1/CursoResiduos.pdf>
- MINEM. 2020. *La minería peruana en modo COVID-19*. Disponible en:  
<https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/VARIABLES/2020/BEMMAR20.pdf>
- ORTIZ QUINTERO, J.; PUERTO ANGARITA, N.2019. *uso del carbón activado de guadua para el tratamiento de aguas residuales: revisión y vigilancia tecnológica*. ORTIZ MUÑOZ, E.Y. (dir.) Tesis de pregrado, Universidad Católica de Bogotá. Disponible en:  
[https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/23859/1/65\\_Jhoan%20Ortiz%20y%20Nelson%20Puerto.pdf](https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/23859/1/65_Jhoan%20Ortiz%20y%20Nelson%20Puerto.pdf)
- OSINERGMIN. 2017. *La industria de la minería en el Perú*. Disponible en:  
[https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/Estudios\\_Economicos/Libros/Osinergmin-Industria-Mineria-Peru-20años.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Industria-Mineria-Peru-20años.pdf)
- PLAZA RECOBERT, M.2015. *Carbón activado: Evaluación de nuevos precursores y del proceso de activación con dióxido de carbono*. ALCÁÑIZ MONGE, J. (dir.) Tesis doctoral, Universidad de Alicante. Disponible en:  
[file:///C:/Users/HP/Downloads/tesis\\_minerva\\_plaza\\_recobertL%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/tesis_minerva_plaza_recobertL%20(1).pdf)
- PONCE BRAVO, D. 2019. *Aplicación del carbón activado de la cáscara de coco, en la purificación y absorción del Hierro y Plomo del agua de consumo de los pobladores de Paragsha - Pasco 2018*. MARCELO MANRIQUE, A. (ases.) Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Disponible en: <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1563>
- PRÍAS-BARRAGÁN, J. [et al.]. 2011. *Identificación de las variables óptimas para la obtención de carbón activado a partir del precursor guadua angustifolia kunth*. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 42, 2009. Disponible en:  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0370-39082011000200004&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0370-39082011000200004&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- RODRÍGUEZ, D. [et al.]. 2020. *Obtención de carbón activado a partir de cáscara de mangostino para ser utilizado en la retención de  $Al^{3+}$  en aguas potables*. Universidad Piloto de Colombia, 16, 2020. Disponible en:

[https://www.sdp.gov.co/sites/default/files/02\\_chapinero\\_diagnostico\\_pot\\_2020\\_version\\_2.pdf](https://www.sdp.gov.co/sites/default/files/02_chapinero_diagnostico_pot_2020_version_2.pdf)

- ROSALES FERNÁNDEZ, D.; QUEVEDO SANCHEZ, A.2019. *Adsorción con carbón activado obtenido de la semilla de aguaje para la remoción de plomo y cromo en aguas contaminadas*. VALDERRAMA ROJAS, M.T. (ases.) Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Callao. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12952/5114>
- RUIZ MENENDEZ, A.2018. *Obtención de carbón activado a partir de cáscara de naranja (citrus sinensis l. obseck) y su aplicación como adsorbente de Plomo (II) en disolución acuosa*. GONZALES MORA, H.E. (ases.) Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12996/4043>
- RUIZ VALLES, L.; ORBEGOSO ALVAREZ, K.2019. *Eficiencia del carbón activado obtenido a partir del endocarpo de “coco” (Cocos nucifera) y semilla de “aguaje” (Mauritia flexuosa), en la remoción de la DBO5 de las aguas residuales domésticas en el distrito de Habana – Moyobamba, 2018*. AZABACHE LIZA, Y.F. (ases.) Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto. Disponible en: <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3345>
- SAHA, P. [et al.]. 2010. *Application of Natural Clayey Soil as Adsorbent for the Removal of Copper from Wastewater*. Journal of Environmental Engineering, 136, 2010. Disponible en: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EE.1943-7870.0000289](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0000289)
- SALVATIERRA CARHUALLANQUI, J.2021. *Remoción de Cobre (II) en aguas de efluentes minero-metalúrgico con compost*. USCAMAYTA VERASTEGUI, D. (ases.) Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú. Disponible en: <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/7467?show=full>
- SANCHEZ, J. [et al.]. 2020. *Utilización de subproductos agroindustriales para la bioadsorción de metales pesados*. Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas, 23, 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.261>
- SERRANO GUERRERO, D. 2019. *Síntesis de carbón activado a partir del endocarpo de Cocos nucifera y su aplicación en la adsorción de algunos metales pesados*. Fernando

Novillo. (ases.) Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador. Disponible en:  
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/20332>

- SILVA CHÁVEZ, J. 2018. *Uso del carbón activado obtenido a partir de la cascara de Zapallo (Cucurbitasp.) en la remoción de Cloro total y libre en Agua Potable de la ciudad de Tumbes*. CRUZ CERRO, G. (ases.) Tesis de maestría, Universidad Nacional de Tumbes. Disponible en:  
<https://repositorio.untumbes.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12874/862/TESIS%20-%20SILVA%20CHAVEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- SUERO IQUIAPAZA, P. 2020. *Degradación del contenido de hierro (ii) y (iii) en agua residual de lixiviación ácida de cobre con carbón activado en tanque agitado*. Tesis doctoral, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Disponible en:  
<http://hdl.handle.net/20.500.12952/5160>
- VILELA-PINCAJ, W. [et al.]. 2020. La contaminación ambiental ocasionada por la minería en la provincia de El Oro. *Revista internacional de Administración*, 8, 2017. Disponible en:  
<https://revistas.uasb.edu.ec/index.php/eg/article/view/2437>
- YADIRA CARRILLO, V.; SANCHEZ MUÑOZ, N. 2013. *Elaboración de un filtro a base de carbón activado obtenido del endocarpo de coco con el propósito de reducir la dureza en el agua potable*. ARÉVALO DE MÁRQUEZ, Z.I. (ases.) Tesis de pregrado, Universidad de El Salvador. Disponible en:  
<https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/5307/>
- ZEVALLOS, J. (ases.) Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Disponible en:  
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/625225>

## ANEXOS

### ANEXO I. MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	METODOLOGIA	POBLACIÓN Y MUESTRA
<p><b>Problema general:</b> ¿De qué manera el carbón activado a partir de la cáscara de coco influye en la remoción de Cobre en relave minero metalúrgico?</p> <p><b>Problemas específicos:</b></p> <p>¿Cuáles son los parámetros físicos del material precursor del carbón activado a partir de la cáscara de coco para la remoción de Cobre en relave minero metalúrgico?</p> <p>¿Cuáles son las características del carbón activado a partir de la cáscara de coco para la remoción de Cobre en relave minero metalúrgico?</p> <p>¿Cuánto es la cantidad de Cobre adsorbido producto del carbón activado a partir de la cáscara de coco para la remoción de Cobre en relave minero metalúrgico?</p> <p>¿Cuánto es el porcentaje de remoción de Cobre producto del carbón activado a partir de la cáscara de coco para la remoción de Cobre en relave minero metalúrgico?</p>	<p><b>Objetivo general:</b> Determinar como el carbón activado a partir de la cascara de coco influye en la remoción de Cobre en relave minero metalúrgico.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <p>Determinar los parámetros físicos del material precursor del carbón activado a partir de la cascara de coco para la remoción de Cobre en relave minero metalúrgico.</p> <p>Determinar las características del carbón activado a partir de la cáscara de coco para la remoción de Cobre en relave minero metalúrgico</p> <p>Determinar la cantidad de Cobre adsorbido producto del carbón activado a partir de la cáscara de coco para la remoción de Cobre en relave minero metalúrgico</p> <p>Determinar el porcentaje de remoción de Cobre producto del carbón activado a partir de la cáscara de coco para la remoción de Cobre en relave minero metalúrgico</p>	<p><b>Hipótesis general:</b> El carbón activado a partir de la cáscara de coco influye en la remoción de Cobre en relave minero metalúrgico.</p> <p><b>Hipótesis específicas:</b></p> <p>Los parámetros físicos del material precursor del carbón activado a partir de la cáscara de coco influyen en la remoción de Cobre en relave minero metalúrgico</p> <p>Las características del carbón activado a partir de la cáscara de coco influyen en la remoción de Cobre en relave minero metalúrgico.</p> <p>La cantidad de Cobre adsorbido producto del carbón activado a partir de la cáscara de coco indica la remoción de Cobre en relave minero metalúrgico.</p> <p>El porcentaje de remoción de Cobre producto del carbón activado a partir de la cáscara de coco indica el grado de remoción de Cobre en relave minero metalúrgico.</p>	<p><b>Tipo:</b> El presente estudio reúne las condiciones metodológicas de una investigación tipo aplicada.</p> <p>Diseño de tipo experimental</p> <p><b>Método:</b> El método a utilizar es el inductivo, analítico.</p>	<p><b>Población:</b> Relave minero metalúrgico de una planta concentradora</p> <p><b>Muestra:</b> 1 Kg de relave minero metalúrgico de una planta concentradora</p>

## ANEXO II. INSTRUMENTOS VALIDADOS



### FICHA DE OBSERVACIÓN 1: “CARBON ACTIVADO A PARTIR DE LA CÁSCARA DE COCO”

#### Objetivo principal:

Determinar los valores de las propiedades de adsorción de cada carbón activado obtenido.

Datos de las muestras obtenidas		<b>Objetivo específico 1:</b> Determinar los parámetros físicos del material precursor del carbón activado a partir de la cascara de coco para la remoción de Cobre en relave minero metalúrgico							<b>Objetivo específico 2:</b> Determinar las características del carbón activado a partir de la cascara de coco para la remoción de Cobre en relave minero metalúrgico						
		<b>Dimensión 1:</b> Parámetros físicos del material precursor (residuo cáscara de coco)							<b>Dimensión 2:</b> Características del carbón activado						
N°	Código de la muestra	Densidad aparente	Contenido de humedad	Contenido de ceniza	Contenido de material volátil	Temperatura de activación	Tiempo de impregnación	Concentración del agente activante (H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )	Rendimiento del carbón activado	Densidad aparente	Contenido de humedad	Contenido de material volátil	Contenido de ceniza	pH	Razón de Impregnación
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															

Fuente: Elaboración propia

Firma del ejecutante de la ficha de observación 1



## FICHA DE OBSERVACIÓN 2: “COBRE EN RELAVE MINERO METALÚRGICO”

### Objetivo principal:

Determinar los valores numéricos que involucren la alteración del contenido de Cobre en el efluente del relave minero metalúrgico en estudio.

Datos de las muestras obtenidas		Objetivo específico 1: Determinar la cantidad de Cobre adsorbido producto del carbón activado a partir de la cascara de coco para la remoción de Cobre en relave minero metalúrgico.			Objetivo específico 2: Determinar el porcentaje de remoción de Cobre producto del carbón activado a partir de la cascara de coco para la remoción de Cobre en relave minero metalúrgico.		
		Dimensión 1: Cantidad de Cobre adsorbido			Dimensión 2: Porcentaje de remoción de Cobre		
N°	Código de la muestra	Concentración inicial de Cobre	Concentración final de Cobre	Cantidad de Cobre adsorbido	Concentración inicial de Cobre	Concentración final de Cobre	Porcentaje de remoción de Cobre
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							

Fuente: Elaboración propia

\_\_\_\_\_  
Firma del ejecutante de la ficha de observación 2

# DOCUMENTO NORMATIVO: “DS N°010-2010-MINAM (LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LA DESCARGA DE EFLUENTES LÍQUIDOS DE ACTIVIDADES MINERO METALÚRGICAS)”

las capacidades de los funcionarios del OSIPTEL, siendo la línea de contar con un mecanismo regional que fortalezca la capacidad de generar conocimiento y experiencia para el talento humano de más alto nivel de la Región Américas y contribuir a su capacitación y desarrollo;

Que, en el IV Foro Internacional Futuro de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la Región Américas se tratarán importantes temas del sector, tales como la participación empresarial necesaria para el aporte de las TIC al desarrollo social, las redes de bajo costo en la inclusión digital, las aplicaciones TIC en las Américas, la regulación de aplicaciones, contenidos y televisión digital;

## AMBIENTE

### Aprueban Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero - Metalúrgicas

DECRETO SUPREMO  
N° 010-2010-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

El Peruano  
Lima, sábado 21 de agosto de 2010

## NORMAS LEGALES

424115

### CONSIDERANDO:

Que, el artículo 3° de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, dispone que el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, las políticas, normas, instrumentos, incentivos y sanciones que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en dicha ley;

Que, el artículo 32° de la Ley N° 28611 modificado por el Decreto Legislativo N° 1055, establece que la determinación del Límite Máximo Permisible - LMP, corresponde al Ministerio del Ambiente y su cumplimiento es exigible legalmente por éste y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental;

Que, el numeral 33.4 del artículo 33° de la Ley N° 28611 en mención dispone que, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de la gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, el literal d) del artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente - MINAM, modificado por el Decreto Legislativo N° 1039, establece como función específica de dicho Ministerio elaborar los ECA y LMP, de acuerdo con los planes respectivos. Deben contar con la opinión del sector correspondiente, debiendo ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 011-96-EM-VMM, se aprobaron los niveles máximos permisibles para efluentes líquidos minero-metalúrgicos;

Que, el conocimiento actual de las condiciones de biodisponibilidad y biotoxicidad de los elementos que contiene los efluentes líquidos descargados al ambiente por acción antrópica y la forma en la que éstos pueden afectar los ecosistemas y la salud humana, concluyen que es necesario que los LMP se actualicen para las Actividades Minero-Metalúrgicas, a efecto que cumplan

desarrollo de actividades mineras o actividades conexas, incluyendo exploración, explotación, beneficio, transporte y cierre de minas, así como campamentos, sistemas de abastecimiento de agua o energía, talleres, almacenes, vías de acceso de uso industrial (excepto de uso público), y otros;

b) Cualquier planta de procesamiento de minerales, incluyendo procesos de trituración, molienda, flotación, separación gravimétrica, separación magnética, amalgamación, reducción, tostación, sinterización, fundición, refinación, lixiviación, extracción por solventes, electrodeposición y otros;

c) Cualquier sistema de tratamiento de aguas residuales asociado con actividades mineras o conexas, incluyendo plantas de tratamiento de efluentes mineros, efluentes industriales y efluentes domésticos;

d) Cualquier depósito de residuos mineros, incluyendo depósitos de relaves, desmontes, escorias y otros;

e) Cualquier infraestructura auxiliar relacionada con el desarrollo de actividades mineras; y,

f) Cualquier combinación de los antes mencionados.

**3.3 Ente Fiscalizador.-** Autoridad que ejerce las funciones de fiscalización y sanción de la actividad minera-metalúrgica; para la gran y mediana minería será el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería - OSINERGMIN, hasta que el Organismo de Evaluación y Fiscalización del Ambiente - OEFA asuma dichas funciones, y para la pequeña minería y minería artesanal de los Gobiernos Regionales.

**3.4 Límite Máximo Permisible (LMP).-** Medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan al efluente líquido de actividades minero-metalúrgicas, y que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el sistema de gestión ambiental.

Minas aprobará los Términos de Referencia conforme a los cuales debe elaborarse el Plan de Implementación para el Cumplimiento de los LMP, así como el procedimiento de evaluación de dichos planes.

**Tercera.** En el plazo de dos (02) años contados a partir de la entrada en vigencia del presente Decreto Supremo, el Ministerio del Ambiente en coordinación con el Ministerio de Energía y Minas evaluará la necesidad de establecer nuevos LMP para los siguientes parámetros:

- Nitrógeno amoniacal
- Nitrógeno como nitratos
- Demanda Química de Oxígeno
- Aluminio
- Arsénico
- Manganeso
- Molibdeno
- Niquel
- Fenol
- Radio 226
- Selenio
- Sulfatos

Para tal efecto, el Ministerio de Energía y Minas dispondrá la modificación de los Programas de Monitoreo de las actividades mineras en curso de modo que se incluyan los parámetros aquí mencionados.

#### DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA TRANSITORIA

Única.- Hasta la aprobación del Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes Líquidos se aplicará supletoriamente, el Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua, aprobado por Resolución Directoral N° 004-94-EM/DGAA.

#### DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA DEROGATORIA

Única.- Deróguese la Resolución Ministerial N° 011-96-EM/VM, salvo los artículos 7°, 9°, 10°, 11° y 12°, así como los Anexos 03, 04, 05 y 06, los cuales mantienen su vigencia hasta la aprobación y entrada en vigencia del Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes Líquidos.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veinte días del mes de agosto del año dos mil diez.

ALAN GARCÍA PÉREZ  
Presidente Constitucional de la República

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG  
Ministro del Ambiente

PEDRO SÁNCHEZ GAMARRA  
Ministro de Energía y Minas

#### ANEXO 01

#### LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LA DESCARGA DE EFLUENTES LÍQUIDOS DE ACTIVIDADES MINERO - METALÚRGICAS

Parámetro	Unidad	Límite en cualquier momento	Límite para el Promedio anual
pH		6 - 9	6 - 9
Sólidos Totales Suspensión	mg/L	50	25
Aceites y Grasas	mg/L	20	10
Carbono Total	mg/L	1	0,8
Arsénico Total	mg/L	0,1	0,06
Cadmio Total	mg/L	0,06	0,04
Cromo Hexavalente(*)	mg/L	0,1	0,06
Cobre Total	mg/L	0,5	0,4
Hierro (Disuelto)	mg/L	2	1,8
Plomo Total	mg/L	0,3	0,16
Mercurio Total	mg/L	0,002	0,0016
Zinc Total	mg/L	1,5	1,2

#### C) En muestra no filtrada

- Los valores indicados en la columna "Límite en cualquier momento" son aplicables a cualquier muestra colectada por el Titular Minero, el Ente Fiscalizador o la Autoridad Competente, siempre que el muestreo y análisis hayan sido realizados de conformidad con el Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes del Ministerio de Energía y Minas; en este Protocolo se establecerán entre otros aspectos, los niveles de precisión, exactitud y límites de detección del método utilizado.

- Los valores indicados en la columna "Promedio anual" se aplican al promedio aritmético de todas las muestras colectadas durante el último año calendario previo a la fecha de referencia, incluyendo las muestras recolectadas por el Titular Minero y por el Ente Fiscalizador siempre que estas hayan sido recolectadas y analizadas de conformidad con el Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes del Ministerio de Energía y Minas.

533964.1

## COMERCIO EXTERIOR Y TURISMO

### Autorizan viaje de representante de PROMPERÚ a la República Popular China para participar en la Feria "Asia Fruit Logística 2010"

#### RESOLUCIÓN SUPREMA N° 103-2010-MINCETUR

Lima, 20 de agosto de 2010

Visto el Oficio N° 301-2010-PROMPERU/SG, de la Secretaría General de la Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo - PROMPERÚ.

#### CONSIDERANDO:

Que, la Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo - PROMPERÚ, es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, competente para proponer y ejecutar los planes y estrategias de promoción de bienes y servicios exportables, así como de turismo interno y receptivo, promoviendo y difundiendo la imagen del Perú en materia turística y de exportaciones.

Que, PROMPERÚ, conjuntamente con cuatro empresas agroexportadoras y cinco gremios exportadores nacionales, han programado su participación en la Feria "ASIA FRUIT LOGÍSTICA 2010", organizado por la empresa Messe Berlin GmbH, a realizarse en la ciudad de Hong Kong, República Popular China, del 8 al 10 de setiembre del 2010, con el objetivo de promover las exportaciones de frutas y hortalizas frescas en el mercado asiático, a fin de consolidar nuestra presencia como país abastecedor de frutas y hortalizas de calidad.

Que, la participación de PROMPERÚ en este evento permitirá evaluar la participación de las empresas peruanas exportadoras en dicho mercado, así como conocer los aspectos de la cadena de comercialización y distribución de frutas y hortalizas entre las ciudades chinas de Hong Kong y Guangzhou;

Que, la Secretaría General de PROMPERÚ ha solicitado que se autorice el viaje del señor Víctor Germán Sarabia Molina, quien presta servicios en dicha entidad, para que en representación de PROMPERÚ, participe en la referida feria, realizando acciones de promoción de las exportaciones de importancia para el país y coordinando cuanto se refiere a la instalación del stand peruano.

Que, la Ley N° 29485, Ley de Presupuesto del Sector Público para el Año Fiscal 2010, prohíbe los viajes al exterior con cargo a recursos públicos, salvo los casos excepcionales que la misma Ley señala, entre ellos, los viajes que se efectúan en el marco de las acciones de promoción de importancia para el Perú, los que deben realizarse en categoría económica y ser autorizados por Resolución Suprema;

De conformidad con el Decreto de Urgencia N° 001-2010, la Ley N° 27780, de Organización y Funciones del

Enlace del decreto supremo en el siguiente link:

<https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-010-2010-minam/>

# ANEXO III: INFORMES TÉCNICOS DEL LABORATORIO LABICER



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



## INFORME TÉCNICO N° 1042 – 22 – LABICER

1. DATOS DEL SOLICITANTE
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : SALVADOR ALEJANDRO FAJARDO SÁNCHEZ
  - 1.2 DNI : 46733131
2. CRONOGRAMA DE FECHAS
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 27 / 09 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 28 / 09 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 29 / 09 / 2022
3. ANÁLISIS SOLICITADO : ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE HIERRO Y COBRE
4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE EFLUENTE LÍQUIDO DE UN RELAVE MINERO (PROVENIENTE DE UNA PLANTA QUE PROCESA MINERALES)
  - 4.2 CÓDIGO : M1
5. LUGAR DE RECEPCIÓN : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 22.0°C; Humedad relativa: 65 %
7. EQUIPOS UTILIZADOS : Espectrofotómetro de absorción atómica de llama SHIMADZU AA 7000.
8. RESULTADOS

ANÁLISIS	RESULTADOS	MÉTODO DE REFERENCIA <sup>(1)</sup>
Cobre, mg/L	0,62	NTP 214.043:2012
Hierro, mg/L	14,58	

(1) Método de referencia aceptado por el solicitante

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. Kevin Sulcas  
 Analista Químico  
 LABICER – UNI



M.Sc. Iy Marilú Meza 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° 1043 – 22 – LABICER**

1. DATOS DEL SOLICITANTE
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : SALVADOR ALEJANDRO FAJARDO SÁNCHEZ
  - 1.2 DNI : 46733131
2. CRONOGRAMA DE FECHAS
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 27 / 09 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 28 / 09 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 29 / 09 / 2022
3. ANÁLISIS SOLICITADO : ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE HIERRO Y COBRE
4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE EFLUENTE LÍQUIDO DE UN RELAVE MINERO (PROVENIENTE DE UNA PLANTA QUE PROCESA MINERALES)
  - 4.2 CÓDIGO : M2
5. LUGAR DE RECEPCIÓN : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 22.0°C; Humedad relativa: 65 %
7. EQUIPOS UTILIZADOS : Espectrofotómetro de absorción atómica de flama. SHIMADZU, AA 7000.
8. RESULTADOS

ANÁLISIS	RESULTADOS	METODO DE REFERENCIA (1)
Cobre, mg/L	0,60	NTP 214.043:2012
Hierro, mg/L	14,64	

(1) Método de referencia aceptado por el solicitante

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. Kevin Sullca  
Analista Químico  
LABICER – UNI



M.Sc. By Maritú Meza 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° 1044 – 22 – LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : SALVADOR ALEJANDRO FAJARDO SÁNCHEZ
  - 1.2 DNI : 46733131
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 27 / 09 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 28 / 09 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 29 / 09 / 2022
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE HIERRO Y COBRE
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE EFLUENTE LÍQUIDO DE UN RELAVE MINERO (PROVENIENTE DE UNA PLANTA QUE PROCESA MINERALES) MO (CA 1/2 M<sup>3</sup>)
  - 4.2 CÓDIGO : MO (CA 1/2 M<sup>3</sup>)
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 22.0°C; Humedad relativa: 65 %
7. **EQUIPOS UTILIZADOS** : Espectrofotómetro de absorción atómica de flama. SHIMADZU, AA 7000.
8. **RESULTADOS**

ANÁLISIS	RESULTADOS	METODO DE REFERENCIA <sup>(1)</sup>
Cobre, mg/L	0,69	NTP 214.043:2012
Hierro, mg/L	12,62	

(1) Método de referencia aceptado por el solicitante

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. Kevin Sulca,  
 Analista Químico  
 LABICER – UNI



M.Sc. Iy Mariú Meza 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° 1045 – 22 – LABICER**

1. DATOS DEL SOLICITANTE
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : SALVADOR ALEJANDRO FAJARDO SÁNCHEZ
  - 1.2 DNI : 46733131
2. CRONOGRAMA DE FECHAS
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 27 / 09 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 28 / 09 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 29 / 09 / 2022
3. ANÁLISIS SOLICITADO : ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE HIERRO Y COBRE
4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE EFLUENTE LÍQUIDO DE UN RELAVE MINERO (PROVENIENTE DE UNA PLANTA QUE PROCESA MINERALES)
  - 4.2 CÓDIGO : MM (CA 1/2 M2)
5. LUGAR DE RECEPCIÓN : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 22.0°C; Humedad relativa: 65 %
7. EQUIPOS UTILIZADOS : Espectrofotómetro de absorción atómica de flama SHIMADZU, AA 7000.

8. RESULTADOS

ANÁLISIS	RESULTADOS	MÉTODO DE REFERENCIA <sup>(1)</sup>
Cobre, mg/L	6,73	NTP 214.043:2012
Hierro, mg/L	12,68	

(1) Método de referencia aceptado por el solicitante

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. Kevin Sulca  
Analista Químico  
LABICER – UNI



M.Sc. By Mariño Meza Mejía  
Responsable de análisis  
Jefe de Laboratorio  
CQP 1140

(\*) El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.



**INFORME TÉCNICO N° 1046 – 22 – LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : SALVADOR ALEJANDRO FAJARDO SÁNCHEZ
  - 1.2 DNI : 46733131
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 27 / 09 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 28 / 09 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 29 / 09 / 2022
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE HIERRO Y COBRE
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE EFLUENTE LÍQUIDO DE UN RELAVE MINERO (PROVENIENTE DE UNA PLANTA QUE PROCESA MINERALES) MS (CA 34 M1)
  - 4.2 CÓDIGO :
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 22.0°C; Humedad relativa: 65 %
7. **EQUIPOS UTILIZADOS** : Espectrofotómetro de absorción atómica de flama. SHIMADZU, AA 7000.
8. **RESULTADOS**

ANÁLISIS	RESULTADOS	METODO DE REFERENCIA (1)
Cobre, mg/L	0,52	NTP 214.043:2012
Hierro, mg/L	11,51	

(1) Método de referencia aceptado por el solicitante

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. Kevin Sulca,  
 Analista Químico  
 LABICER – UNI



M.Sc. Iy Mariú Meza 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° 1047 – 22 – LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : SALVADOR ALEJANDRO FAJARDO SÁNCHEZ
  - 1.2 DNI : 45733131
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 27 / 09 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 28 / 09 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 29 / 09 / 2022
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE HIERRO Y COBRE
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE EFLUENTE LÍQUIDO DE UN RELAVE MINERO (PROVENIENTE DE UNA PLANTA QUE PROCESA MINERALES)
  - 4.2 CÓDIGO : ME (CA 34 M2)
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 22.0°C; Humedad relativa: 65 %
7. **EQUIPOS UTILIZADOS** : Espectrofotómetro de absorción atómica de flama. SHIMADZU, AA 7000.
8. **RESULTADOS**

ANÁLISIS	RESULTADOS	MÉTODO DE REFERENCIA (*)
Cobre, mg/L	0,56	NTP 214.043:2012
Hierro, mg/L	11,57	

(\*) Método de referencia aceptado por el solicitante

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. Kevin Sulca,  
 Analista Químico  
 LABICER – UNI



M.Sc. Iy Marli 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° 1048 – 22 – LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : SALVADOR ALEJANDRO FAJARDO SÁNCHEZ
  - 1.2 DNI : 46733131
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 27 / 09 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 28 / 09 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 29 / 09 / 2022
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE HIERRO Y COBRE
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE EFLUENTE LÍQUIDO DE UN RELAVE MINERO (PROVENIENTE DE UNA PLANTA QUE PROCESA MINERALES)
  - 4.2 CÓDIGO : M7 (CA 1/1 M1)
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 22,0°C; Humedad relativa: 65 %
7. **EQUIPOS UTILIZADOS** : Espectrofotómetro de absorción atómica de flama SHIMADZU, AA 7000.
8. **RESULTADOS**

ANÁLISIS	RESULTADOS	MÉTODO DE REFERENCIA <sup>(1)</sup>
Cobre, mg/L	0,43	NTP 214.043:2012
Hierro, mg/L	10,72	

(1) Método de referencia aceptado por el solicitante

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. Kevin Sulcas,  
Analista Químico  
LABICER – UNI



M.Sc. Ry 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° 1049 – 22 – LABICER**

1. DATOS DEL SOLICITANTE
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : SALVADOR ALEJANDRO FAJARDO SÁNCHEZ
  - 1.2 DNI : 48730131
2. CRONOGRAMA DE FECHAS
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 27 / 09 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 28 / 09 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 29 / 09 / 2022
3. ANÁLISIS SOLICITADO : ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE HIERRO Y COBRE
4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE EFLUENTE LÍQUIDO DE UN RELAYE MINERO (PROVENIENTE DE UNA PLANTA QUE PROCESA MINERALES)  
MB (CA. 1/1 M2)
  - 4.2 CÓDIGO :
  5. LUGAR DE RECEPCIÓN : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
  6. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 22.0°C; Humedad relativa: 65 %
  7. EQUIPOS UTILIZADOS : Espectrofotómetro de absorción atómica de llama. SHIMADZU, AA 7000.
8. RESULTADOS

ANÁLISIS	RESULTADOS	METODO DE REFERENCIA (1)
Cobre, mg/L	0,47	NTP 214.043:2012
Hierro, mg/L	10,78	

(1) Método de referencia aceptado por el solicitante

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. Kevin Sulica.  
 Analista Químico  
 LABICER – UNI



M.Sc. Ily Marli 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° 1050 – 22 – LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : SALVADOR ALEJANDRO FAJARDO SÁNCHEZ
  - 1.2 DNI : 45733131
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 27 / 09 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 28 / 09 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 29 / 09 / 2022
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE HIERRO Y COBRE
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE EFLUENTE LÍQUIDO DE UN RELAVE MINERO (PROVENIENTE DE UNA PLANTA QUE PROCESA MINERALES)
  - 4.2 CÓDIGO : M9 (CA 514 M1)
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 22.0°C; Humedad relativa: 65 %
7. **EQUIPOS UTILIZADOS** : Espectrofotómetro de absorción atómica de llama. SHIMADZU, AA 7000.
8. **RESULTADOS**

ANÁLISIS	RESULTADOS	METODO DE REFERENCIA (1)
Cobre, mg/L	0,54	NTP 214.043:2012
Hierro, mg/L	11,18	

(1) Método de referencia aceptado por el solicitante

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. Kevin Sulca  
 Analista Químico  
 LABICER – UNI



M.Sc. Iv Marió Mesa 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° 1051 – 22 – LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
    - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : SALVADOR ALEJANDRO FAJARDO SÁNCHEZ
    - 1.2 DNI : 46733131
  2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
    - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 27 / 09 / 2022
    - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 28 / 09 / 2022
    - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 29 / 09 / 2022
  3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE HIERRO Y COBRE
  4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
    - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE EFLUENTE LÍQUIDO DE UN RELAVE MINERO (PROVENIENTE DE UNA PLANTA QUE PROCESA MINERALES)
    - 4.2 CÓDIGO : M10 (CA 54 M2)
  5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
  6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 22.0°C; Humedad relativa: 65 %
  7. **EQUIPOS UTILIZADOS** : Espectrofotómetro de absorción atómica de llama, SHIMADZU, AA 7000.
8. **RESULTADOS**

ANÁLISIS	RESULTADOS	METODO DE REFERENCIA (1)
Cobre, mg/L	0,6	NTP 214.043:2012
Hierro, mg/L	11,24	

(1) Método de referencia aceptado por el solicitante

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. Kevin Sulca,  
 Analista Químico  
 LABICER – UNI



M.Sc. Iry Mariño 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° 1052 – 22 – LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : SALVADOR ALEJANDRO FAJARDO SÁNCHEZ
  - 1.2 DNI : 46733131
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 27 / 09 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 28 / 09 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 29 / 09 / 2022
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE HIERRO Y COBRE
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE EFLUENTE LÍQUIDO DE UN RELAVE MINERO (PROVENIENTE DE UNA PLANTA QUE PROCESA MINERALES)
  - 4.2 CÓDIGO : M11 (CA 3/2 M1)
  5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
  6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 22.0°C; Humedad relativa: 65 %
  7. **EQUIPOS UTILIZADOS** : Espectrofotómetro de absorción atómica de flama. SHIMADZU, AA 7000.
8. **RESULTADOS**

ANÁLISIS	RESULTADOS	MÉTODO DE REFERENCIA <sup>(1)</sup>
Cobre, mg/L	0,73	NTP 214.043:2012
Hierro, mg/L	12,47	

(1) Método de referencia aceptado por el solicitante

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. Kevin Sulca  
 Analista Químico  
 LABICER – UNI



M.Sc. By Marió 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° 1053 – 22 – LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : SALVADOR ALEJANDRO FAJARDO SÁNCHEZ
  - 1.2 DNI : 46733131
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 27 / 09 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 28 / 09 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 29 / 09 / 2022
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE HIERRO Y COBRE
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE EFLUENTE LÍQUIDO DE UN RELAVE MINERO (PROVENIENTE DE UNA PLANTA QUE PROCESA MINERALES)
  - 4.2 CÓDIGO : M12 (CA 3/2 M2)
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 22.0°C; Humedad relativa: 65 %
7. **EQUIPOS UTILIZADOS** : Espectrofotómetro de absorción atómica de flama. SHIMADZU, AA 7000.

**8. RESULTADOS**

ANÁLISIS	RESULTADOS	MÉTODO DE REFERENCIA <sup>(1)</sup>
Cobre, mg/L	0,77	NTP 214.043:2012
Hierro, mg/L	12,53	

(1) Método de referencia aceptado por el solicitante

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. Kevin Sulca  
 Analista Químico  
 LABICER – UNI



M.Sc. By 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.