



Universidad César Vallejo

## **FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

### **ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Eficacia del carbón vegetal de la pepa de palta y cascarilla de cacao para remover soluciones cianuradas en La Libertad, 2023.

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Ambiental**

**AUTOR:**

Guevara Fernandez Randi ([orcid.org/0000-0001-5287-3549](https://orcid.org/0000-0001-5287-3549))

**ASESOR:**

Dr. Lozano Sulca, Yimi Tom ([orcid.org/0000-0002-0803-1261](https://orcid.org/0000-0002-0803-1261))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Calidad y Gestión de Recursos Naturales

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO – PERÚ

**2023**

## DEDICATORIA

A mis Juan Crisontomo Guevara Bernal y Leydi Fernandez Galvez,

Esta culminación académica no sería posible sin el respaldo inquebrantable de quienes han sido faros de orientación y pilares de apoyo. A través de este trabajo final de Tesis, deseo expresar mi sincero reconocimiento a mis padres, Juan y Leydi.

A lo largo de esta travesía académica, el aliento constante y el sacrificio desinteresado de ambos han sido fuente de inspiración para mí, encontrando en ustedes no solo un sólido apoyo, sino también un ejemplo de dedicación y esfuerzo.

A Juan y Leidy, quienes han compartido conmigo las alegrías de mis logros y me han brindado consuelo en los momentos desafiantes, esta obra académica se dedica a Uds.

## **AGRADECIMIENTO**

Este trabajo final de grado marca el culmen de un viaje académico que no habría sido posible sin el apoyo constante y la guía ejemplar de quienes han sido mis pilares fundamentales, mis padres. Desea expresar mi profundo agradecimiento a Juan y Leydi

A lo largo de esta travesía académica, la dedicación y el sacrificio de ambos han sido fuentes invaluable de inspiración. Este logro no solo representa mi esfuerzo individual, sino también la influencia positiva y el respaldo constante de unos padres excepcionales.

Mi agradecimiento a Uds. cuyo apoyo ha sido una fuente inagotable de fortaleza. Su contribución ha sido esencial en el éxito alcanzado en este hito académico.

## Declaratoria de Autenticidad del Asesor



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, LOZANO SULCA YIMI TOM, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Eficacia del carbón vegetal obtenido de pepa de palta y cascarilla de cacao, en la remoción de soluciones cianuradas en Patas, 2023

", cuyo autor es GUEVARA FERNANDEZ RANDI, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 17.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

LIMA, 01 de Diciembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
LOZANO SULCA YIMI TOM DNI: 41134872 ORCID: 0000-0002-0803-1261	Firmado electrónicamente por: YTLOZANOS el 01- 12-2023 13:24:31

Código documento Trilce: TRI - 0676102



## Declaratoria de Originalidad del Autor



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, GUEVARA FERNANDEZ RANDI estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Eficacia del carbón vegetal de la pepa de palta y cascarilla de cacao para remover soluciones cianuradas en La Libertad, 2023", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

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

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

Nombres y Apellidos	Firma
GUEVARA FERNANDEZ RANDI <b>DNI:</b> 61604743 <b>ORCID:</b> 0000-0001-5287-3549	Firmado electrónicamente por: GUEVARAF el 27-12- 2023 17:03:24

Código documento Trilce: INV - 1395548



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
Declaratoria de Autenticidad del Asesor.....	iv
Declaratoria de Originalidad del Autor .....	v
ABSTRACT .....	ix
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA .....	16
3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	16
3.1.1. Tipo de investigación .....	16
3.1.2. Diseño de investigación.....	16
3.2. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN.....	17
Tabla 1: Operacionalización de Variables.....	18
3.3. POBLACIÓN MUESTRA Y MUESTREO .....	20
Tabla 2: Matriz de toma de datos factorial.....	20
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	21
3.5. PROCEDIMIENTOS .....	21
3.6. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS .....	22
3.7. ASPECTOS ÉTICOS.....	23
IV. RESULTADOS.....	24
V. DISCUSIÓN .....	30
VI. CONCLUSIONES.....	34
VII. RECOMENDACIONES .....	35
REFERENCIAS.....	36

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 01: Operacionalización de Variables .....	18
Tabla N° 2: Matriz de toma de datos factorial. ....	20
Tabla 3: Concentración final de cianuro libre (ppm), en función del carbón vegetal de la pepa de palta y cascarilla de cacao. Condiciones: [NaCN] <sub>inicial</sub> =500 ppm, pH=11.8-12 y tiempo de agitación=180 minutos.....	24
Tabla 4. Concentración final de cianuro libre (ppm), en función del carbón vegetal de la pepa de palta. Condiciones: [NaCN] <sub>inicial</sub> =500 ppm, pH=11.8-12 y tiempo de agitación=180 minutos. ....	25
Tabla 5. Concentración final de cianuro libre (ppm), en función del carbón vegetal de la cascarilla de cacao. Condiciones: [NaCN] <sub>inicial</sub> =500 ppm, pH=11.8-12 y tiempo de agitación=180 minutos. ....	26
Tabla 6. Análisis de varianza (Anova) de los datos de concentración final de cianuro libre (ppm) .....	28
Tabla 07: Medias marginales estimadas.....	34

## ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura N° 01: Equilibrio entre los iones cianuro ( $\text{CN}^-$ ) y el cianuro de hidrógeno (HCN) varía en función del pH. ....	11
Figura 2. Comparativa de la concentración final de cianuro libre (ppm) obtenidos en función de la cantidad de carbón vegetal de la pepa de palta (g) y la cascarilla de cacao (g). Condiciones: $[\text{NaCN}]_{\text{inicial}}=500$ ppm, $\text{pH}=11.8-12$ y tiempo de agitación=180 minutos.....	27

## RESUMEN

En esta investigación se evaluó la eficacia del carbón vegetal obtenido de pepa de palta y cascarilla de cacao, en la remoción de soluciones cianuradas en La Libertad 2023; dicho trabajo fue de tipo aplicada con un diseño experimental puro. Se realizaron experimentos utilizando una muestra de 18 soluciones de un litro de cianuro de sodio. La concentración inicial de cianuro fue de 500 partes por millón (ppm). Se utilizó 25, 45 y 65 gramos de carbón de vegetal de la pepa de palta y cascarilla de cacao, en 180 minutos de agitación magnética.

Los resultados demostraron que la concentración de cianuro disminuye a medida que se aumentaban las cantidades de carbón vegetal de la pepa de palta y cascarilla de cacao. En conclusión, se redujo la concentración de cianuro a 0.46 ppm con 99.91% y 1.02 ppm con 99.91% de eficacia en 65 gramos de carbón vegetal para ambos tipos. De esta manera se probó que ambos carbones vegetales si tuvieron efecto significativo en la remoción de cianuro libre; evidenciado por el análisis de Varianza (Anova), donde el valor de P (sig.) es menor que el valor de significancia que es 0.05 al 95% de confianza.

Palabras clave: Cianuro, remoción, concentración, carbón vegetal

## **ABSTRACT**

In this research, the effectiveness of charcoal obtained from avocado seed and cocoa husk in the removal of cyanide solutions in La Libertad 2023 was evaluated. The study was applied in nature with a pure experimental design. Experiments were conducted using a sample of 18 one-liter solutions of sodium cyanide. The initial cyanide concentration was 500 parts per million (ppm). 25, 45, and 65 grams of avocado seed charcoal and cocoa husk charcoal were used in 180 minutes of magnetic stirring.

The results demonstrated that the cyanide concentration decreased as the quantities of avocado seed charcoal and cocoa husk charcoal were increased. In conclusion, the cyanide concentration was reduced to 0.46 ppm with 99.91% and 1.02 ppm with 99.91% efficiency using 65 grams of charcoal for both types. Thus, it was proven that both charcoal types had a significant effect on free cyanide removal, as evidenced by the Analysis of Variance (ANOVA), where the P-value (sig.) is less than the significance value of 0.05 at a 95% confidence level.

Keywords: Cyanide, removal, concentration, charcoal.

## I. INTRODUCCIÓN

Desde que se implementó por primera vez en África y Nueva Zelanda en 1998, el proceso de cianuración ha sido utilizado durante casi un siglo para extraer el oro de los minerales (Mamani, 2017, p.13).

Así mismo en Perú, en cuanto a las operaciones mineras en los últimos tiempos, ha sido posible constatar un aumento significativo, generando un nivel de desarrollo importante hasta el punto de que el desarrollo de la economía del país tiene dependencia de ellas en gran medida. De acuerdo al INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática), en la actualidad, la minería es uno de los primordiales impulsores de la economía peruana, representando en las exportaciones en un 60%, y ocupando el segundo lugar en Latinoamérica en términos de producción de oro y plata (INEI, 2016).

Por otro lado, los procesos mineros que se desarrollan a lo largo del territorio peruano emplean la cianuración como proceso para la obtención de plata y oro, ya que su capacidad de reacción que ofrece en comparación con otros lixiviantes es mucho mayor. No obstante, este método produce residuos de contaminantes líquidos que incluyen contaminantes compuestos de cianuro fuertemente solubles, tiocianatos, cianatos y cianuro acomplejado con metales pesados, los cuales pueden ser altamente tóxicos y presentar diferentes grados de tratabilidad y estabilidad, según lo indica Bardales (2018, p.1)

El reporte inicial "Agua Para Todos, Agua Para la Vida" hace referencia al progreso en la utilización de los recursos hídricos en todo el mundo, presentado por las Naciones Unidas, según dicho informe, el uso industrial del recurso en los países desarrollados, representa el 59% del consumo total de agua, consumo agrícola el 30% y al gasto doméstico un 11%. Se espera que se alcance para el año 2025 un uso de agua industrial de 1.170 Km<sup>3</sup>/año, lo que representa un incremento considerable con respecto a la cifra de 752 Km<sup>3</sup>/año registrado en 1995. El sector industrial no solo consume la mayor cantidad de agua, sino que

al mismo tiempo genera mayor contaminación. De hecho, más del 80% de los contaminantes del mundo son producidos por los países desarrollados con mayor industrialización, por otro lado, los países en proceso de desarrollo un 70% de los contaminantes generados por las industrias son descargados a los cuerpos de agua sin recibir tratamiento adecuado, lo que aporta a la contaminación de los recursos hídricos disponibles, según lo reportado por (Rodríguez, 2016, p.6)

En resumen, la información proporcionada resalta la importancia de procesar de manera efectiva las aguas residuales antes de verterse en los cuerpos de agua naturales, así como la importancia de su reutilización, así poder asegurar el cumplimiento de las disposiciones normativas ambientales actuales en el país.

Es así que, a lo largo del departamento de La Libertad, se han identificado operaciones mineras de empresas ilegales e informales que utilizan para la obtención de metales valiosos como la plata y oro el método de lixiviación con cianuro de sodio. Como resultado, los efluentes producidos contienen concentraciones de contaminantes que superan los Límites Máximos Permisibles, lo que provoca un impacto perjudicial en el medio ambiente y la vida acuática de los cuerpos receptores afectados. En consecuencia, desde una perspectiva ambiental, se evidencia la devastación de la fauna y flora acuática.

Por tanto, se está buscando una solución efectiva y rentable para tratar el cianuro y reducir su concentración en el agua. Uno de los procedimientos de eliminar o minimizar el cianuro es por medio de la oxidación química utilizando el carbón vegetal activado hecho de pepa de palta y cascarilla de cacao. La cantidad de carbón vegetal es un factor que puede influir en el la etapa de transformación u oxidación del cianuro, el pH, la aireación, concentración inicial de la solución cianurada, y la temperatura. Al controlar de forma adecuada estas variables, se puede lograr una buena remoción del cianuro, reduciéndolo por debajo de los límites máximos permitidos. Esta solución puede ser tanto efectiva como rentable para las

empresas mineras en La Libertad que buscan reducir la contaminación de sus efluentes y proteger el medio ambiente acuático.

Debido a esta situación problemática, surge el planteamiento de investigación:

¿En qué medida la eficacia del carbón vegetal obtenido de pepa de palta y cascarilla de cacao, afecta la remoción de soluciones cianuradas en La Libertad, 2023?

Así mismo la presente investigación tiene justificación a nivel teórico, práctico, ambiental y económico.

A nivel teórico se espera dar una contribución a los conocimientos científicos respecto a la eficacia de los dos tipos de carbón vegetal obtenidos a partir de residuos orgánicos como es la pepa de palta y cascarilla de cacao en la remoción de cianuro.

A nivel práctico, el presente estudio busca demostrar a escala de laboratorio la eficacia del carbón vegetal de la pepa de palta y cascarilla de cacao en la remoción de soluciones cianuradas, identificándolo como una alternativa sostenible y económica.

A nivel ambiental, se espera que el uso de carbón vegetal para la remoción de cianuro genere menos residuos tóxicos que otros métodos convencionales consiguiendo su máxima degradación posible y al mismo tiempo darle valor a los residuos como materia prima.

A nivel económico, se espera que la adquisición de carbón vegetal a partir de residuos seleccionados orgánicos nos permita tener una efectiva remoción de cianuro libre, y al mismo tiempo sea rentable en los procesos de tratamientos de efluentes con descarga a los cuerpos hídricos y al mismo tiempo que las concentraciones estén reducidas en cumplimiento de los niveles máximos permisibles, y así posteriormente poder aplicarlo a una escala industrial.

Respondiendo al problema de investigación se plantea la siguiente hipótesis:

Hipótesis General:

H1: La utilización del carbón vegetal obtenido de pepa de palta y cascarilla de cacao será eficaz en la remoción de soluciones cianuradas en La Libertad, 2023

Hipótesis Específicas:

- La cantidad del carbón vegetal obtenido de pepa de palta influirá en la remoción de soluciones cianuradas.
- La cantidad del carbón vegetal obtenido de la cascarilla de cacao influirá en la remoción de soluciones cianuradas.
- La eficacia de la remoción de soluciones cianuradas será diferente al utilizar carbón vegetal obtenido de pepa de palta en comparación con el obtenido de la cascarilla de cacao.

H0: La utilización del carbón vegetal obtenido de pepa de palta y cascarilla de cacao no tendrá efecto significativo en la remoción de soluciones cianuradas en La Libertad, 2023.

En relación al propósito general de este estudio, se estableció como objetivo:

- Evaluar la eficacia del carbón vegetal obtenido de pepa de palta y cascarilla de cacao, en la remoción de soluciones cianuradas en La Libertad, 2023.

Es así que los objetivos específicos a desarrollar se tienen:

- Determinar la eficacia de la cantidad del carbón vegetal obtenido de pepa de palta, en la remoción de soluciones cianuradas.
- Determinar la eficacia de la cantidad del carbón vegetal obtenido de la cascarilla de cacao, en la remoción de soluciones cianuradas.
- Comparar la eficacia de la cantidad del carbón vegetal obtenido de pepa de palta y cascarilla de cacao, en la remoción de soluciones cianuradas.

## II. MARCO TEÓRICO

Frente a esta realidad problemática antes mencionada, los antecedentes siguientes se relacionan con el presente proyecto de investigación

Por un lado, Bardales (2018) en su investigación "Influencia de la dosificación de peróxido de hidrógeno, cantidad de carbón activado impregnado con iones de cobre y tiempo de agitación sobre la concentración de cianuro libre en soluciones de cianuro", ejecutó un modelo trifactorial en sus ensayos experimentales, utilizando 81 muestras con contenido de cianuro de sodio en concentraciones iniciales de 500 ppm. Las variables independientes incluyeron peróxido de hidrógeno con dosis de (1.25, 2.5, 5.0 ml/L), carbón activado con impregnación de iones de cobre en cantidad de (20, 40, 60 g/L) y agitación con tiempos de (60, 120, 180 min). Los resultados indicaron que la concentración más baja de la solución de cianuro libre que se alcanzó fue de 0.79 ppm, logrado con peróxido de hidrógeno a una dosis de de 5.0 ml/L, carbón activado con impregnación de iones de cobre a una cantidad de 60 g/L y una agitación a un tiempo de 180 min, siendo estas variables las que más influyeron en la reducción de cianuro libre.

Es interesante destacar que los resultados logrados por Bardales evidencian la eficacia del uso de carbón vegetal activado con impregnación de iones de cobre y el peróxido de hidrógeno en la eliminación de cianuro libre. Además, la experimentación de distintos niveles de operación y la aplicación de un modelo trifactorial permitió identificar las variables que más tienen influencia en la eliminación del cianuro. Esto proporciona información valiosa para el diseño de procesos de tratado de efluentes de la minería que requieran la eliminación de cianuro.

De igual forma, Arévalo (2021) realizó un estudio titulado "Control de efluentes cianurados mediante oxidación con peróxido de hidrógeno en un laboratorio de análisis de minerales". El objetivo del estudio fue investigar la eficacia para eliminar cianuro. Los experimentos se desarrollaron a

temperatura ambiente, utilizando una solución de 200 ml de prueba de cianuro con 4000 ppm de concentración de  $\text{CN}^-$ . Al agregar peróxido de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) a 10 ml/L como medio oxidante y sulfato de cobre pentahidratado en 0.5 g como catalizador, se logró una minimización de la concentración a 147 ppm de  $\text{CN}^-$  después de un 140 minuto de agitación. La reducción significativa del cianuro tiene mucha importancia de esta investigación ya que incluye la temperatura ambiente y tiempo de agitación, esto radica en la formación de un procedimiento efectivo para controlar la presencia de cianuro en los efluentes, lo que puede coadyuvar a la prevención de la contaminación ambiental y en lo que respecta a la salud al bienestar de las personas y la fauna acuática en las áreas cercanas a las actividades mineras.

Así mismo Pesántez (2020), en su trabajo "Estudio de la influencia de sales de cobre en la oxidación del ion cianuro con aire y carbón activado", se propuso investigar cómo la oxidación puede verse afectada por las sales de cobre mediante catálisis del cianuro libre utilizando carbón vegetal activado y aire. Para lograr esto, se alteró el carbón con sulfato de cobre para aumentar la cinética de reducción de concentración de la solución cianurada. En el experimento, se utilizó cianuro libre a concentraciones iniciales de 177.81 mg/L y se empleó una cantidad de 80g/L de carbón activado modificado (CAM) con agitación mecánica a 400 rpm durante 180 minutos. Los resultados mostraron que la concentración final de  $\text{CN}^-$  se redujo a 0.72 mg/L, lo que indica una efectividad de reducción en la concentración de  $\text{CN}^-$  del 99.6%.

La efectividad de remoción del 99.6% es un resultado significativo, lo que demuestra que el carbón vegetal con la añadidura de sales de cobre mejora significativamente la cinética de remoción del ion cianuro. Este hallazgo es importante en la industria minera, donde la presencia de cianuro en las soluciones acuosas es un problema ambiental y de salud pública. El método propuesto puede ser implementado a nivel industrial para tratar efluentes cianurados y minimizar el impacto ambiental negativo asociado con la descarga de estas soluciones.

También Pesantes y De La Torre (2018) llevaron a cabo un estudio titulado "Influencia del ion cúprico y del cobre metálico en la oxidación del cianuro libre con aire y carbón activado", en dicho trabajo investigaron la influencia que tiene del cobre sobre la oxidación del cianuro libre mediante catálisis, libre utilizando carbón activado y aireación. Luego de experimentar con una solución original de  $\text{CN}^-$  de 270 ppm y 150 g/L de carbón vegetal con impregnación de iones de cobre (1.57% Cu) con agitación a 270 minutos, lograron una disminución de la concentración final a 0.7 ppm de  $\text{CN}^-$  en la solución problema, demostrando la eficiencia de la remoción del cianuro.

Esto muestra que el carbón vegetal activado es una herramienta efectiva para tratar efluentes contaminantes con cianuro en la industria minera, y que la impregnación con iones de cobre puede mejorar su eficiencia en la remoción de cianuro.

Finalmente, Mamami (2017) identificó en su investigación titulada "Implementación de procesos de destrucción de cianuro con sulfato ferroso y peróxido de hidrogeno", que el sulfato cúprico tiene un efecto influyente en la adsorción mediante el carbón vegetal activado en el proceso de tratamiento de soluciones que contienen cianuro total. Se logró llevando a cabo la comparación de dos pruebas antes del proceso de adsorción del carbón vegetal adicionando sulfato ferroso y sin adición, utilizando una solución inicial de 1L a concentración de 27.25 mg/l de  $\text{CN}^-$ . Se utilizó para el tratamiento carbón en gránulo (50g/l) y 0.50 mg/l de  $\text{Cu}^{+2}$  con una agitación en 15 minutos. Los resultados demostraron que la solución de cianuro presentada al inicio y tratada con carbón vegetal activado disminuyó de 27.25 mg/l hasta 21.04 mg/l. Sin embargo, el tratamiento con carbón vegetal activado y sulfato de cobre logró reducir el de  $\text{CN}^-$  de 27.25 mg/l hasta 0.1 mg/l. de concentración.

Las variables de estudio son importantes porque se enfocan en una estrategia efectiva del carbón vegetal activado para mejorar el tratamiento de soluciones de cianuro, lo que puede ser relevante en la industria minera y en otros sectores que manejen este tipo de soluciones.

Por otro lado, los conceptos que guardan relación con la investigación presentada se describen a continuación:

Desde hace un siglo, la tecnología de cianuración ha sido ampliamente utilizada en la gran y mediana minería para la obtención de oro primario, mientras que, en la minería a pequeña escala, su uso es relativamente nuevo. Dado que algunos materiales de oro como lo es el oro fino o refractario no pueden lograr satisfactoriamente su concentración mediante métodos gravimétricos (Camiper, 2021, p.1). Esta tecnología ha tenido una difusión ampliamente en los últimos años en la minería a pequeña escala en países como Colombia Perú, Chile, Venezuela y Ecuador, así como en algunos países de África (Colmenares, 2017, p.2).

Debido a la complejidad de la disolución de cianuro, éste tiene la capacidad de disolver la plata y el oro. Pero el cianuro también da lugar a la formación compuestos complejos en reacción con otros metales como el zinc, mercurio, hierro, cobre, plomo y níquel, lo que ocasiona una alta utilización de cianuro en la extracción aurífera y la producción de efluentes residuales con tratamiento dificultoso (Salinas E. y Rivera I., 2017). El cianuro es ampliamente utilizado en la minería de oro debido a su amplia disponibilidad y a su solubilidad, lo que lo hace una alternativa muy popular en el tratamiento de la extracción de oro (De la Cruz, 2012, p.4).

El agua residual que se produce en una planta de extracción aurífera normalmente contiene concentraciones entre 100 y 500 ppm de NaCN y se almacena en pozos de tratamiento para que se minimice naturalmente. Sin embargo, debido a varios factores, este proceso de minimización puede tardar semanas e incluso meses, lo que representa un latente peligro de eventuales percolaciones en acuíferos cercanos, derrames y emisiones de gas HCN en las inmediaciones del lugar de tratamiento. (Bardales, 2018, p.2)

Actualmente, los procesos de cianuración en la industria minera generan importantes problemas medioambientales, pero existen métodos tanto biológicos como químicos que pueden ser aplicados en los efluentes mineros para su tratamiento. En este contexto, el carbón vegetal ha sido utilizado como una herramienta para reducir el cianuro en soluciones acuosas (Paredes E. y Segura L., 2021, p11). Aunque se ha identificado que el papel del carbón vegetal es el de funcionar como catalizador para que el ion cianuro se oxide a cianato, todavía no se ha podido identificar si esta oxidación se da directamente o a través de un cianógeno intermedio, ya que ambas reacciones tienen viabilidad termodinámica (Roshan, 2018).

Según las regulaciones medioambientales actuales en Perú, Los límites máximos permitidos para la liberación de aguas residuales generadas por las operaciones mineras son establecidos de manera precisa y explícita. El cianuro total en cuanto a su concentración no debe exceder 1 mg/L en ningún tiempo de monitoreo, así como tampoco una cantidad promedio de 0.8 mg/L por año (DS N°010-2010-MINAM), como se muestra en el Anexo A.

En cuanto al cianuro Hernández M. (2014) explica que el cianuro viene a ser una categoría amplia de compuestos químicos que se definen por la existencia de un triple enlace entre un átomo nitrógeno y uno de carbono. Estos dos elementos antes mencionados tienen presencia en nuestro entorno y componen alrededor del 80% del aire. Además, todas las formas de vida tienen como base a ambos componentes en estado de moléculas orgánicas.

En tanto Logsdon (2011), menciona que se hallan diferentes formas en las que se puede encontrar el cianuro. En primer lugar, se puede encontrar de manera natural en más de 2,000 fuentes, como diversas especies de hongos, algas, bacterias, insectos y plantas superiores. En segundo lugar, el cianuro también lo produce el ser humano.

Es así que el cianuro es ampliamente utilizado en procesos industriales que representan el 80% a nivel mundial en su producción. Algunas de estas aplicaciones incluyen la fabricación de productos químicos orgánicos como nylon, como nitrilo, galvanoplastia, plásticos acrílicos, el endurecimiento del acero, la fabricación de goma sintética, la producción de fotografías, y productos farmacéuticos, entre otros (Caem, 2019, p.5)

El 20% restante se utiliza para producir NaCN (cianuro de sodio), KCN (cianuro de potasio) y HCN (cianuro de hidrógeno), o en forma de cristales, los cuales son altamente peligrosos y requieren de una manipulación cuidadosa (Anexo B). Sin embargo, únicamente el 18% del total producido de cianuro es utilizada en la industria minera a nivel mundial, principalmente durante la etapa de extracción y recuperación de plata y oro, a través del proceso de lixiviación, así como en la recuperación de metales base como zinc, plomo y cobre mediante el uso de bajas concentraciones de cianuro como reactivo de flotación (Ruiz J. y López C., P.127)

Durante la extracción de oro, el uso de cianuro de sodio ha estado en práctica durante más de un siglo, con su primer uso documentado en Nueva Zelanda y África en 1898.

Según la ecuación presentada por Elsner (1):



El cianuro de sodio puede disolver el oro de sus minerales debido a la fortaleza del complejo formado entre el oro y el cianuro. Este proceso, según González (2014), puede llevarse a cabo utilizando concentraciones relativamente bajas de cianuro, ya que una solución de NaCN de 100 mg/L (equivalente en aproximación a 50 mg/L de cianuro libre) puede adquirir la máxima velocidad y grado de disolución en falta de otros cianuros complejos metálicos.

Así pues, después de la extracción de plata y oro a través de procesos hidrometalúrgicos, es posible que los efluentes residuales contengan tres

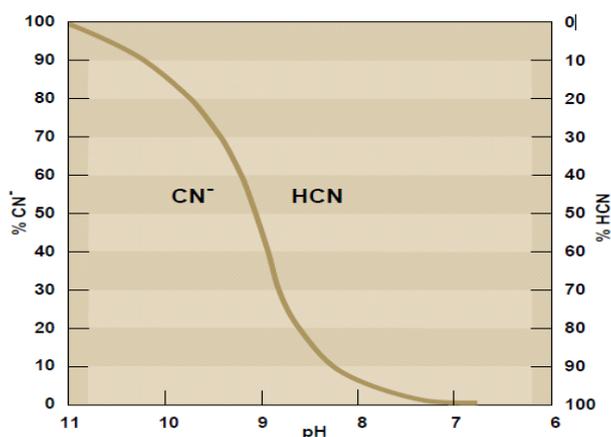
tipos de compuestos de cianuro principales, según Logsdon (2021): los complejos fuertemente estables de cianuro, débilmente estables, y el cianuro libre. En conjunto, estos compuestos de cianuro conforman lo que se conoce como cianuro total.

Por otro lado, Bardales (2018, p.6), indica que la expresión "cianuro libre" es empleada para hacer referencia tanto al ión de cianuro ( $\text{CN}^-$ ), que puede disolverse en agua durante el proceso, como al cianuro de hidrógeno (HCN) generado en la solución.

El proceso de disolución en agua de las briquetas sólidas de cianuro conduce a la formación del anión de cianuro ( $\text{CN}^-$ ) y el ion de sodio. Posteriormente el anión de cianuro tiene reacción con el ion de hidrógeno en el agua creando HCN molecular. La cantidad de iones de hidrógeno disueltos en el agua, que se da con el valor de pH, influye en la proporción de HCN presente en la solución. Cuando el valor de pH es inferior a 8, el HCN puede evaporarse y disiparse en el aire.

En la Figura 1, se puede observar que a pH de 7.0 y a 20 °C, más del 99% del cianuro libre se encuentra en la forma de Cianuro de hidrógeno (HCN) en la solución (Díaz E. 2023, p.8)

**Figura 1: Equilibrio entre los iones cianuro ( $\text{CN}^-$ ) y el cianuro de hidrógeno (HCN) varía en función del pH.**



*Fuente: Logsdon, M. (2021). Gestión del cianuro en el proceso de obtención de oro.*

A un pH de aproximación de 9.4, el HCN y  $\text{CN}^-$  son equivalentes en cuanto a sus concentraciones, en condiciones normales de temperatura y

presión, lo que significa que hay una proporción equilibrada de ambos compuestos. Sin embargo, cuando el pH se eleva por encima de 10.5, hay poca presencia de iones de hidrógeno y la mayoría del cianuro libre se conduce en forma de  $\text{CN}^-$  y no de HCN. Es importante destacar que solo el ion  $\text{CN}^-$  tiene las condiciones de formar complejos con diferentes iones metálicos, lo que lo convierte en un compuesto útil para la aplicación industrial. Al mantener el cianuro en forma de  $\text{CN}^-$  en el sistema de explotación de oro, se puede preservar su capacidad de formar complejos con el oro, mientras se reduce el riesgo de inhalación de elevadas concentraciones de HCN gaseoso por parte de los trabajadores en un espacio cerrado (Pérez J. y Higuera O, 2018).

Por otra parte, se encuentran los métodos de eliminación de cianuro:

Proceso de adsorción mediante carbón activado: Según Bardales (2018, p.10) y Donaciando (2017, p.39), el concepto de "carbón activado" hace referencia a carbones que presentan una gran porosidad y que estos son obtenidos a partir de materiales que contienen una gran cantidad de carbono, mediante diversos métodos de activación física o química. Este material se elabora normalmente mediante la termoquímica por descomposición de materiales carbonosos como la cascara de coco, hulla, madera resinas, entre otros.

Para aumentar la porosidad del carbón es tratado antes y después de la carbonización con productos químicos como hidróxido de potasio, cloruro de zinc, ácido fosfórico, entre otros.

Para la presente investigación se desarrollará con la utilización del carbón vegetal a partir de la pepa de palta y cascarilla de cacao; ya que este tipo de material en forma de carbón activado es altamente poroso teniendo una capacidad de adsorción muy elevada, ya que su gran porosidad permite disponer de una buena superficie específica.

Roshan (2018) señala que el carbón activado (CA) se ha utilizado en la eliminación de soluciones cianuradas en estado acuoso debido a su

capacidad de adsorber compuestos de cianuro. Además, se ha identificado que el CA es un catalizador que incrementa la rapidez de la reacción química. sin ser consumido en ella, en la oxidación de iones de cianuro al complejo de cianato. Sin embargo, aún no se ha determinado si la oxidación de da directamente o a través de un cianógeno intermedio, dado que ambas reacciones son factibles desde el punto de vista termodinámico.

De acuerdo con De la Torre (2018), el uso del carbón activado en el procedimiento de oxidación del ion cianuro permite su reutilización y recuperación mediante tecnologías afines utilizando el carbón en pulpa (CIP). La naturaleza, porosidad, granulometría y superficie específica, del carbón activado son factores relevantes que intervienen en la velocidad de oxidación del  $CN^-$ . El CA brinda como una superficie que promueve o acelera la reacción química, para el proceso de oxidación del cianuro, así mismo se puede realizar impregnación con óxidos metálicos, catalizadores de oxidación y metales nobles (Suárez D, y Villegas E., 2019)

Por otro lado, Mamami (2017) sugiere que el proceso de adsorción que posee el carbón activado conlleva a la viabilidad en la eliminación de niveles de trazas de cianuro (<2,0 mg/L) y también del cobre del agua de decantación después de la atenuación natural o tratamiento.

Castillo (2022) reporta que el CA tiene la capacidad de adsorber, en presencia de aireación, un promedio de 5 mg de cianuro/g. de CA, proveniente de soluciones alcalinas de cianuro. Sin embargo, se puede aumentar esta capacidad a más de 25 mg de cianuro/g. de CA si están presentes catalizadores como el níquel y el cobre. Hay que tener en cuenta que la granulometría del carbón no parece afectar significativamente la adsorción de cianuro.

En lo que se refiere a los compuestos que se originan a partir del cianuro. Los principales subproductos asociados al cianuro son: el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y el cianato ( $\text{CNO}^-$ ) (Nava A. y Rodríguez E. 2017)

Respecto al Cianato ( $\text{CNO}^-$ ). El cianato viene a ser un compuesto que se forma durante la minería debido a la reacción entre los iones metálicos como el cobre y el ion cianuro libre. También se puede generar en el proceso de tratamiento de efluentes que presenten cianuro, utilizando agentes oxidantes como el ion hipoclorito y peróxido de hidrógeno (Gaviria A. y Meza L. 2016)

El Amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) se puede observar una hidrólisis gradual del cianuro en agua, lo que resulta en la formación de iones amonio y formiato. En condiciones normales de pH, alrededor de 10,5, se puede esperar cierta hidrólisis del cianuro, lo que conduce a la formación de amonio. Sin embargo, el amoniaco puede presentarse con más probabilidad en residuos que poseen cianuro debido a la hidrólisis del compuesto cianato (Ariel J. y Burbano D.2019)

Así mismo para la remoción de cianuro se tiene el método oxidativo del Cianuro. Los métodos oxidativos físicos, la adsorción y creación de complejos no implican la degradación del cianuro, lo que significa que en algún momento del proceso de tratamiento se produce un nuevo efluente tratado con cianuro a concentraciones mínimas. Es por esta razón que la adsorción de cianuro solo es aplicable en los métodos de tratamiento para recuperar, separar y reciclar el cianuro (Aguirre F. y Amaya G. 2015)

El enfoque principal de este trabajo es evitar la generación de residuos y, en su lugar, centrarse en recuperar y reciclar para su posterior utilización. Es por ello que la Catálisis recobra importancia. "Catálisis" es un término presentado por Berzelius en el año de 1836 para describir la velocidad en aumento de una reacción mediante la adición de un producto que se

recupera sin cambios al finalizar la reacción. A este compuesto se le conoce como catalizador.

El carbón activado es un adsorbente del cianuro, pero si la adsorción se realiza con oxígeno presente, el cianuro se oxidará de manera catalítica. Esta catálisis mediante el carbón activado representa una alternativa efectiva para dar tratamiento al cianuro libre, a los complejos de tipo WAD y también algunas variedades SAD. Basado en este fenómeno se puede desarrollar procesos de destrucción del (Castillo, 2022, p.18).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

##### 3.1.1. Tipo de investigación

La investigación tuvo una orientación aplicada, porque su objetivo fue resolver un problema práctico, que es la remoción de soluciones cianuradas, utilizando el carbón activado obtenido a base de la pepa de palta y la cascarilla de cacao. La información recopilada en este estudio tendrá un valor práctico en la industria minera, en la cual se generan efluentes líquidos que contienen cianuro y es necesario procesarlos de manera que su impacto ambiental sea reducido.

##### 3.1.2. Diseño de investigación

Tuvo una orientación de diseño experimental puro, ya que se manipuló directamente las variables independientes (cantidad de carbón vegetal) y se midió su efecto con la variable dependiente (concentración de cianuro removido) en un entorno controlado, con la utilización de grupos de tratamiento y un grupo de control, Así mismo se empleó un diseño experimental bifactorial, lo que implicó la manipulación y análisis de dos factores (variables independientes) para obtener los datos necesarios.

Factor (A):  $a_0 a_1 a_2$

Factor (B):  $b_0 b_1 b_2$

**Donde:**

**A:** Tipo de carbón vegetal

**B:** Cantidad de carbón vegetal

**a, b** = Niveles de estudio.

Combinación de factores (A y B):

$2 \times 3 = 6$  (experimentos evaluados)

Los 6 experimentos se trabajaron en 3 repeticiones o replicas, obteniendo así el tamaño de muestra (N) mediante la fórmula:

$$N = A \times B \times R$$

**Donde:**

**R:** 3 réplicas. Entonces se obtiene

$$N = 2 \times 3 \times 3 = 18 \text{ experimentos.}$$

### **3.2. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN**

**a. Variables independientes**

Carbón vegetal de la pepa de palta y cascarilla de cacao

**b. Variable dependiente**

Concentración de cianuro

**c. Operacionalización de Variables**

**Tabla 1: Operacionalización de Variables**

<b>Variables</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Escala de Medición</b>
Carbón vegetal de pepa de palta y cascarilla de cacao	El carbón activado, es un material de naturaleza carbonosa mayoritariamente amorfo, destaca por su alta superficie específica y porosidad, características que le otorgan una capacidad retención de moléculas considerable. (Amaya, 2021, p.2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>La cantidad de carbón vegetal de pepa de palta y cascarilla de cacao será tamizada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Granulometría del carbón vegetal antes del tamizado</li> <li>Granulometría del carbón vegetal después del tamizado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Malla de 2 mm.</li> <li>Malla de 2.3 mm.</li> </ul>	Milímetros
		<ul style="list-style-type: none"> <li>El carbón vegetal de pepa de palta y cascarilla de cacao tendrá un tiempo de agitación</li> </ul>	Agitador magnético programado en dos tiempos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo 120 minutos</li> <li>Tiempo 180 minutos</li> </ul>	Minutos

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cantidad de carbón vegetal de la pepa de palta y cascarilla de cacao (g), registrado en balanza analítica que pueda pedir con precisión de 0,0001 g.</li> </ul>	Cantidad 1,2,3 de carbón vegetal en gramos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 25 gramos</li> <li>• 45 gramos</li> <li>• 65 gramos</li> </ul>	Gramos
Concentración de CN <sup>-</sup>	La expresión "cianuro libre" es empleada para hacer referencia tanto al ión de cianuro (CN <sup>-</sup> ), que puede disolverse en agua durante el proceso, como al cianuro de hidrógeno (HCN) generado en la solución Bardales (2018, p.6).	La Concentración inicial de Cianuro será preparado mediante NaCN + Agua destilada.	•Concentración de Cianuro inicial, antes de reaccionar con el carbón vegetal.	500 g/L CN <sup>-</sup>	G/L
		La concentración Final de Cianuro será medido mediante espectrofotometría	•Concentración Final de Cianuro después de reaccionar con el carbón vegetal	< 1g/L CN <sup>-</sup>	G/L

Fuente: Elaboración propia

### 3.3. POBLACIÓN MUESTRA Y MUESTREO

#### 3.3.1. Población

18 litros de cianuro con concentración de 500 ppm

- **Criterios de inclusión**

Concentración de Solución de cianuro a 500 ppm

- **Criterios de exclusión**

Concentración de cianuro < que 500 ppm

Concentración de cianuro > que 500 ppm

#### 3.3.2. Muestreo

En el caso específico de un diseño experimental bifactorial, se contó con un total de 18 ensayos como se distribuye en la matriz:

**Tabla 2: Matriz de toma de datos factorial.**

N° de réplicas: 3		Tipo de carbón vegetal (g)	
		Pepa de palpa	Cascarilla de cacao
Cantidad de carbón vegetal (g)	25	$X_{11}$	$X_{12}$
		$X_{11}$	$X_{12}$
		$X_{11}$	$X_{12}$
	45	$X_{21}$	$X_{22}$
		$X_{21}$	$X_{22}$
		$X_{21}$	$X_{22}$
	65	$X_{31}$	$X_{32}$
		$X_{31}$	$X_{32}$
		$X_{31}$	$X_{32}$

*Fuente: Elaboración propia*

Así mismo, los 18 ensayos se trabajaron aleatoriamente; siendo esta una buena práctica para reducir la posibilidad de sesgos o influencias de variables desconocidas en los resultados. Al realizar los experimentos de forma aleatoria, se aseguró que cada tratamiento tenga la misma probabilidad de ser asignado a cada posición en el diseño de muestra, lo que

redujo la posibilidad de que se den errores sistemáticos. Además, aleatorizar los tratamientos redujo la posibilidad de que se afecten los resultados por variables de confusión o variables no controladas.

### **3.3.3. Muestra**

1 Litro de NaCN

### **3.3.4. Unidad de análisis**

10 mL de NaCN

## **3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

La técnica fue mediante análisis experimentales controlados de las 18 muestras, que se desarrollaron a nivel de laboratorio, dichos datos fueron registrados en una tabla con entrada doble.

El instrumento utilizado fue el espectrofotómetro, que fué útil para determinar las concentraciones de cianuro en las soluciones acuosas bajo el enfoque cuantitativo.

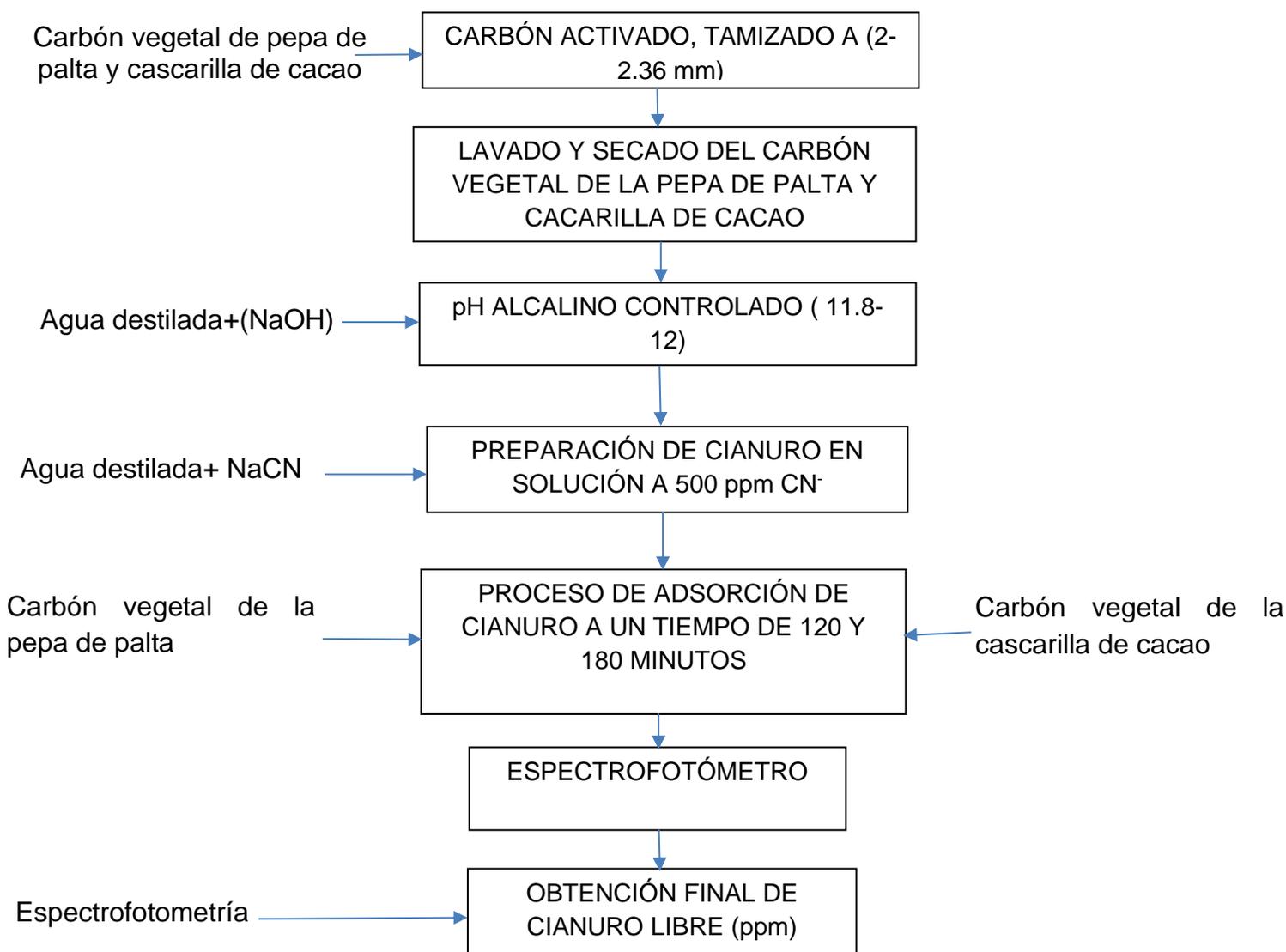
Por otro lado, se validó el instrumento, por medio del juicio de expertos sobre el procedimiento correcto de análisis de cianuro mediante espectrofotometría, así se aseguró que el instrumento esté calibrado y sea preciso en sus mediciones (ver anexo C)

Po ultimo respecto a la confiabilidad, los valores hallados se analizaron de manera estadística (Análisis de Varianza).

## **3.5. PROCEDIMIENTOS**

El procedimiento de manipulación de las variables de estudio se desarrolló según se explica en el siguiente diagrama:

### Diagrama respecto al experimento para remover el cianuro libre.



### 3.6. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS

Los hallazgos derivados de las pruebas experimentales se analizaron utilizando el software estadístico SPSS. Con el fin de poner a prueba la hipótesis nula, la cual establece que las medidas de los 18 ensayos son iguales y no hay efecto positivo en la remoción de cianuro, se desarrolló un análisis de varianza (ANOVA) y se comparó con la hipótesis alternativa, que sugirió que al menos una de las medidas es diferente a las demás, lo que indica un efecto positivo en la remoción

de cianuro. Este análisis permitió determinar si existen efectos significativos de las variables estudiadas.

### **3.7. ASPECTOS ÉTICOS**

En el trabajo investigativo se consideraron diversos aspectos importantes, tales como la autenticidad de los resultados obtenidos, sin realizar ninguna modificación en los datos recolectados. También se tuvo en cuenta el respeto hacia las políticas internas de la Universidad Cesar Vallejo, así como hacia el medio ambiente, evitando cualquier tipo de contaminación de los recursos naturales durante la preparación de las muestras y la ejecución de los ensayos correspondientes. Además, es importante tener en cuenta la relevancia de la propiedad intelectual, lo que implicó citar adecuadamente la conceptualización y procedimientos obtenidos de investigaciones y trabajos previos en todo momento.

#### IV. RESULTADOS

En este capítulo, se exponen los resultados obtenidos en la investigación, acompañados de tablas y gráficos para visualizar los descubrimientos y facilitar su comprensión. Los resultados se estructuran en secciones según los objetivos específicos de la investigación y se analizan en relación con la hipótesis formulada. Al concluir el capítulo, se presentan las conclusiones generales que se desprenden de los hallazgos obtenidos.

**Tabla 3:** Concentración final de  $CN^-$ , en función de la cantidad del carbón vegetal de la pepa de palta y cascarilla de cacao.

Cantidad de carbón vegetal (g)	Concentración de $CN^-$ (ppm)	
	Pepa de Palta	Cascarilla de Cacao
25	99.03	120.27
	102.71	120.56
	100.69	121.04
45	58.54	80.31
	57.15	79.52
	55.37	80.98
65	0.49	0.99
	0.38	1.15
	0.51	0.91

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** En la tabla 3, se muestran los resultados de la concentración final de cianuro obtenido de la reacción con el carbón vegetal de la pepa de palta y cascarilla de cacao. El tratamiento se desarrolló en 3 réplicas para cada tipo de carbón vegetal; donde se evidencia que la concentración mínima de cianuro libre es de 0.38 ppm en cuanto al carbón vegetal de la pepa de palta con 65 gramos y respecto al carbón vegetal de la cascarilla de cacao con 65 gramos a 0.91 ppm de cianuro libre.

**Tabla 4. Concentración final de  $CN^-$  (ppm), en función de la cantidad del carbón vegetal de la pepa de palta.**

Cantidad de carbón vegetal de la pepa de palta (g)	Concentración $CN^-$ (ppm)	Remoción $CN^-$ (%)
25	100.81	79.84
45	57.02	88.60
65	0.46	99.91

Fuente. Elaboración propia

**Interpretación:** En la tabla 4, se presentan los resultados de la concentración final de cianuro libre en función de la cantidad del carbón vegetal obtenido de pepa de palta. Se puede verificar que se logró obtener una concentración de cianuro libre reducida, a partir de 65 gramos de carbón vegetal de la pepa de palta; disminuyendo a 0.46 ppm con un porcentaje de remoción del 99.91%

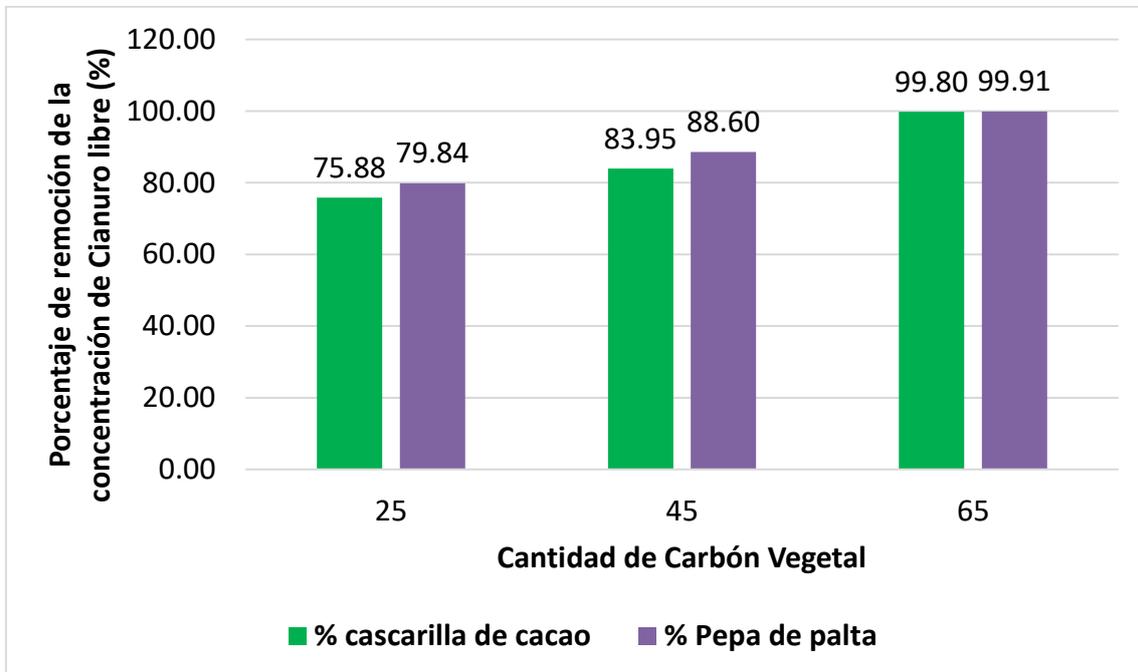
**Tabla 5. Concentración final  $CN^-$  (ppm), en función de la cantidad de carbón vegetal de la cascarilla de cacao.**

<b>Cantidad de carbón vegetal de la cascarilla de cacao (g/L)</b>	<b>Concentración de <math>CN^-</math> (ppm)</b>	<b>Remoción de <math>CN^-</math> (%)</b>
25	120.62	75.88
45	80.27	83.95
65	1.02	99.80

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** En la tabla 5, se observa los resultados finales de la concentración del cianuro libre, después de la reacción con la cantidad del carbón vegetal obtenido de la cascarilla de cacao. Se evidencia que se logró remover el cianuro libre en un 99.80% legando a 1.02 ppm a partir de 65 gramos de carbón vegetal de la cascarilla de cacao

**Figura 2. Comparativa de la concentración final de  $\text{CN}^-$  (ppm) obtenidos en función de la cantidad de carbón vegetal de la pepa de palta (g) y la cascarilla de cacao (g).**



Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** En la figura 2, se identifica la comparativa de remoción de cianuro libre en función de la cantidad del carbón vegetal obtenido de pepa de palta y cascarilla de cacao. Los resultados obtenidos indican que el mayor porcentaje de la remoción de cianuro, se logró con el carbón vegetal de pepa de palta con un 99.91%, frente al 99.80% en función a la cascarilla de cacao.

**Tabla 6. Análisis de varianza (ANOVA)****Pruebas de efectos inter-sujetos**

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	38353,309 <sup>a</sup>	5	7670,662	6945,477	,000
Intersección	64872,020	1	64872,020	58739,014	,000
Cantidad	36953,149	2	18476,574	16729,798	,000
Tipo de carbón	951,352	1	951,352	861,411	,000
Cantidad * Tipo de carbón	448,809	2	224,404	203,189	,000
Error	13,253	12	1,104		
Total	103238,582	18			
Total corregido	38366,562	17			

Fuente: IBM SPSS Statistics 25

**Interpretación:** En la tabla 6, se observa el análisis de varianza (ANOVA) factorial, para determinar si los experimentos realizados son iguales o por el contrario existe diferencia significativa. La hipótesis nula (H0) indica que no existe diferencias entre los experimentos, por otro lado, la hipótesis alternativa (H1) afirma que alguno de los experimentos ejecutados es diferente. En la tabla 6 se muestra que el valor de P (sig.) es menor que el valor de significancia que es 0.05, lo que lleva a rechazar H0.

**Tabla 7:** Medias marginales estimadas

**Tipo de carbón**

Variable dependiente: Concentración de cianuro

Tipo de carbón	Media	Desv. Error	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
pepa de palta	52,763	,350	52,000	53,527
cascarilla de cacao	67,303	,350	66,540	68,067

Fuente: IBM SPSS Statistics 25

**Interpretación:** En la tabla 7, se observa el análisis de varianza (ANOVA) factorial respecto a las medidas marginales estimadas; donde se visualiza los límites inferior y superior para los tipos de carbón vegetal utilizado con un valor mínimo de 52 y 43.527 para el carbón vegetal de la pepa de palta.

## V. DISCUSIÓN

En la tabla 3, se presentan los resultados finales del cianuro libre en relación a las diferentes cantidades de carbón vegetal proveniente de la pepa de palta y la cascarilla de cacao. Es evidente una notable reducción en la cantidad de cianuro libre, alcanzando un nivel mínimo de 0.46 ppm con 65 g de carbón vegetal de pepa de palta, y un mínimo de 1.02 ppm con 65 g de carbón vegetal de cascarilla de cacao. Estos valores se obtuvieron después de un tiempo de agitación de 180 minutos en ambos casos. Los hallazgos de esta investigación coinciden con los reportados por Mamani (2017), logró una reducción notable en la concentración de cianuro no unido, llegando a una concentración final de 21.25 ppm al utilizar 50 g de carbón vegetal y una agitación magnética de 10 minutos, partiendo de una concentración inicial de cianuro libre de 27.25 ppm. Estos resultados respaldan la eficacia del carbón vegetal como agente de reducción de cianuro libre en ambos estudios. Esto respalda la teoría presentada por Roshan (2018), que afirma que el carbón activado presenta la habilidad de adsorber compuestos de cianuro y se le reconoce como un catalizador en la oxidación del ion cianuro a cianato. De acuerdo con De la Torre (2018), esta capacidad se debe a las características naturales del carbón activado, como su superficie específica, granulometría y porosidad, que son factores clave que influyen en el proceso de oxidación del cianuro.

Los ensayos fueron realizados utilizando agitación magnética en un periodo de 180 minutos a 900 rpm. La decisión de utilizar agitación magnética en los ensayos se basa en investigaciones previas realizadas por Bardales (2018), Arévalo (2021), Pesantes y De La Torre (2018), quienes demostraron que el tiempo de agitación tiene un impacto significativo en la oxidación del cianuro libre.

La tabla 4 muestra la concentración final promedio de cianuro libre en relación al uso de carbón vegetal de pepa de palta. Es evidente que los resultados exhiben una tendencia decreciente, ya que mientras aumenta la cantidad de carbón vegetal de pepa de palta, la concentración de

cianuro libre tiende a disminuir. Dentro del rango experimental, se observó que, al utilizar 25 g de carbón vegetal de pepa de palta, la concentración de cianuro libre se redujo a 100.81 ppm, mientras que con la mayor cantidad de 65 g se logró minimizarla a 0.46 ppm.

Esto se respalda con el estudio realizado por Castillo (2022), en el cual se observó que el aumento en la cantidad de carbón activado favorece el proceso de oxidación del cianuro. También se encontró una tendencia a la disminución en el rango experimental. La investigación se realizó utilizando una solución cianurada inicial de 500 ppm. Los resultados mostraron que la concentración de cianuro libre más baja se obtuvo con una cantidad de 50 g de carbón activado (202.0 ppm) y 80 g de carbón activado (165.8 ppm). Estos hallazgos refuerzan la idea de que la cantidad de carbón activado tiene un impacto en la disminución de la concentración de cianuro libre.

En la tabla 5 se presentan los resultados promedio de las concentraciones finales de cianuro libre en relación al uso de carbón vegetal de cascarilla de cacao. Se observa claramente que los resultados también muestran una tendencia decreciente a medida que se incrementa la cantidad de carbón vegetal en cada ensayo realizado. Esto demuestra un notable avance en la eliminación de la cantidad de cianuro no ligado, logrando una disminución máxima de cianuro libre de 500 ppm a 1.02 ppm al utilizar 65 g de carbón vegetal de cascarilla de cacao. Estos resultados indican que la cantidad de carbón vegetal potencia la remoción de cianuro, logrando una máxima eficiencia de 99.80%.

Resultados similares fueron obtenidos por Castillo (2022) y Bardales (2018), quienes utilizaron diferentes cantidades de carbón vegetal activado. Castillo logró una eficacia máxima de eliminación de cianuro del 95% utilizando 80 g de carbón vegetal activado, mientras que Bardales alcanzó una eficacia del 88.84% con 60 g de carbón vegetal activado. Ambos estudios trabajaron con cianuro libre a una concentración inicial de 500 ppm. Estos resultados respaldan la eficacia del carbón vegetal activado en la remoción de cianuro, demostrando su capacidad para

reducir significativamente la concentración de cianuro en soluciones contaminadas.

La figura 2 representa la comparativa de la tendencia de la reducción de cianuro libre al tratarlo con carbón vegetal de pepa de palta y cascarilla de cacao. Esta figura evidencia claramente la mejora lograda en el tratamiento al introducir diferentes cantidades de los dos tipos de carbón vegetal. Estos resultados están respaldados por la teoría que planteó Young y Jordan (1996), citados por Castillo (2022), que indican que el carbón activado tiene la capacidad de funcionar tanto como un adsorbente como un oxidante para el cianuro. Además, se destaca que cuando la adsorción se realiza en presencia de oxígeno, el cianuro se oxida de manera catalítica. Esta teoría proporciona una explicación científica a los resultados observados en la figura 2.

Se lograron remociones máximas de 0.46 ppm (99.91%) y 1.02 ppm (99.80%) utilizando 60 g de carbón vegetal de pepa de palta y cascarilla de cacao, respectivamente. Estos resultados demuestran claramente que se encuentra una diferencia significativa en la eliminación de cianuro libre dependiendo del tipo de carbón utilizado. El carbón vegetal de la pepa de palta demostró una mayor eficiencia en la remoción del cianuro libre, alcanzando una concentración final aún más baja y una mayor remoción porcentual en comparación con el carbón vegetal de la cascarilla de cacao. Esta diferencia puede atribuirse a las características intrínsecas de cada tipo de carbón, como su estructura y composición química.

Los resultados logrados se trabajaron con las soluciones cianuradas a un pH entre 11.8 y 12, basándose en las investigaciones hechas por Logsdon (2021). Según estas investigaciones, se ha determinado que las reacciones durante el proceso de oxidación son las responsables de la mayor eliminación de cianuro en soluciones acuosas cuando el pH supera los 10.5. Estas condiciones de pH son consideradas óptimas para lograr una fácil oxidación del cianuro a compuestos menos tóxicos como el cianato o el cianógeno. Por lo tanto, el pH alcalino utilizado en este estudio

proporciona las condiciones adecuadas para promover la oxidación del cianuro y así reducir su toxicidad.

Es relevante resaltar que los resultados logrados en términos de remoción máxima de cianuro deben cumplir con el DS N°010-2010-MINAM-Límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero-Metalúrgicas. Esta normativa establece de manera precisa y explícita que la concentración de cianuro total no debe exceder 1 mg/L en ningún momento de monitoreo, ni una cantidad promedio de 0.8 mg/L por año. En este sentido, el carbón vegetal de la pepa de palta utilizado para la remoción de cianuro cumple con la normativa ambiental mencionada anteriormente, ya que ha demostrado una remoción eficiente del cianuro libre, logrando concentraciones muy por debajo de los límites establecidos. Esto indica que el uso de este tipo de carbón vegetal es adecuado para cumplir con las regulaciones ambientales aplicables a la liberación de efluentes líquidos en procesos minero-metalúrgicas.

En la tabla 6 exhibe el ANOVA de los datos finales de la concentración de cianuro libre, considerando la cantidad de carbón vegetal proveniente de la pepa de palta y la cascarilla de cacao. Se pudo rechazar la "hipótesis nula" que afirmaba que los tratamientos no tenían un efecto significativo en los resultados, con un nivel de confianza del 95% y el valor de P (sig.) que es menor que el valor de significancia de 0.05. Esto se debió a que se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, lo que indica que no todos eran iguales. En consecuencia, existe evidencia sólida para afirmar que las interacciones entre el carbón vegetal de la pepa de palta y la cascarilla de cacao tienen un impacto significativo en la concentración de cianuro libre en diferentes cantidades.

Por último, en la tabla 7 se visualiza los datos de las medidas marginales estimadas para el tipo de carbón vegetal utilizado en los ensayos; los resultados indican que los límites inferiores y superiores mínimos alcanzados con un intervalo de confianza de 95% corresponde al carbón vegetal de la pepa de palta con valores de 52 y 53.527 respectivamente; demostrándose estadísticamente que el mejor tratamiento para reducción de cianuro es el carbón vegetal de la pepa de palta.

## VI. CONCLUSIONES

1. El carbón vegetal de la pepa de palta y cascarilla de cacao fueron eficaces en la remoción de soluciones cianuradas en La Libertad 2023; dado que se observa su eficacia en la probabilidad  $P= 0.000$ , la cual es menor al valor de significancia  $\alpha = 0.05$ , se evidencia una diferencia significativa al comparar los resultados de los tratamientos.
2. Se determinó la eficacia de la cantidad de carbón vegetal de la pepa de palta en la remoción de soluciones cianuradas; mediante 65 g de carbón vegetal la que presenta la mayor eficacia sobre la remoción de cianuro libre, disminuyendo la concentración de 500 a 0.46 ppm, representando una eficacia del 99.91%
3. Se determinó la eficacia de la cantidad de carbón vegetal de la cascarilla de cacao en la remoción de soluciones cianuradas; mediante 65 g de carbón vegetal la que presenta la mayor eficacia sobre la remoción de cianuro libre, disminuyendo la concentración de 500 a 1.02 ppm; representando una eficacia del 99.80%
4. Por último, se concluye que, al comparar la eficacia de la cantidad del carbón vegetal obtenido de pepa de palta y cascarilla de cacao, en la remoción de soluciones cianuradas, se logró que obtener que el carbón vegetal de pepa de palta tiene mayor eficiencia en la remoción de cianuro libre, dado que las medidas mínimas marginales estimadas para el tipo de carbón vegetal utilizado en los límites inferiores y superiores mínimos alcanzados con un intervalo de confianza de 95% corresponde al carbón vegetal de la pepa.

## VII. RECOMENDACIONES

1. Evaluar la influencia de otros parámetros: Además de la cantidad de carbón vegetal, es importante investigar la influencia de otros parámetros en la eficacia de remoción, como el pH, la temperatura, tiempo de agitación, la presencia de otros contaminantes o la relación entre la superficie del carbón vegetal y el volumen de solución cianurada. Estos parámetros pueden tener un impacto significativo en la eficacia del proceso y su comprensión es fundamental para optimizar las condiciones de tratamiento.
2. Investigar la regeneración y reutilización del carbón vegetal: Dado que el carbón vegetal puede ser un recurso valioso y limitado, se sugiere investigar la posibilidad de regenerar y reutilizar el carbón vegetal utilizado en la remoción de cianuro. Esto ayudaría a maximizar su vida útil y reduciría la necesidad de producir constantemente nuevo carbón vegetal, lo que resultaría en beneficios económicos y ambientales.
3. Considerar aspectos de sustentabilidad: Es esencial considerar aspectos de sustentabilidad en la aplicación del carbón vegetal para la remoción de cianuro. Esto implica evaluar el impacto ambiental de la producción del carbón vegetal y asegurar que su obtención se realice de manera sostenible y responsable. Además, se deben considerar aspectos relacionados con la gestión adecuada de los residuos generados durante el proceso de remoción y la disposición final del carbón utilizado.
4. Evaluar la viabilidad técnica y económica: Se sugiere realizar un análisis de viabilidad técnica y económica del uso de carbón vegetal obtenido de la pepa de palta en comparación con otros materiales o tecnologías de remoción de cianuro. Esto ayudará a determinar su aplicabilidad a escala industrial y evaluar su rentabilidad en relación con otros métodos disponibles.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arévalo, C. (2011). Control de efluentes cianurados mediante la oxidación con peróxido de hidrógeno en un laboratorio de análisis de minerales. Tesis para optar al Título Profesional de Ingeniero Químico, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. Recuperado de: [https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/551/Arevalo\\_sc.pdf?sequence=1](https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/551/Arevalo_sc.pdf?sequence=1)

Aguirre, F., & Amaya, G. (2015). "Evaluación de los procesos de lixiviación por agitación convencional y carbón en pulpa en la hidrometalurgia del oro." Información Tecnológica, volumen 16(5), La Serena. Recuperado de: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642005000500006](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642005000500006)

Ariel, J., & Burbano, D. (2019). "Estudio de métodos químicos de remoción de cianuro presente en residuos de cianuración provenientes del proceso de extracción de oro de veta en el Departamento de Nariño." Revista Luna Azul, ISSN 1909-2474, Manizales. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n31/n31a01.pdf>

Adams, M. (1990). "The Chemical Behavior of Cyanide in the Extraction of Gold: Kinetics of Cyanide Loss in the Presence and Absence of Activated Carbon." Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy.

Bardales, J. (2018). "Influencia de la dosificación de peróxido de hidrógeno, cantidad de carbón activado impregnado con iones de cobre y tiempo de agitación sobre la concentración de cianuro libre en soluciones de cianuro." Tesis para optar al título de Ingeniero Metalurgista, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo.

Castillo, H. (2022). "Diseño de una planta de tratamiento de efluentes cianurados por oxidación del ion cianurado con aire y carbón activado modificado con cobre y plata." Tesis para optar al título de Ingeniero Químico, Escuela Politécnica Nacional, Quito.

Cámara Minera del Perú (CAMIPER) (2021). Cianuración: procesos y desafíos en Metalurgia. Recuperado de: <https://camiper.com/tiempominero-noticias-en-mineria-para-el-peru-y-el-mundo/cianuracion-procesos-y-desafios-en-metalurgia/>

Cámara Argentina de Empresarios Mineros (CAEM) (2019). Minería Argentina: Todas las Respuestas. Recuperado de: <https://www.caem.com.ar/wp-content/uploads/2019/11/Miner%C3%ADa-Argentina-Todas-las-Respuestas-Cianuro2019.pdf>

Colmenares, M. (2017). "Efecto del pH y la Concentración de Sulfato de Cobre sobre la Degradación del Cianuro de Sodio en Solución Acuosa Utilizando el Proceso SO<sub>2</sub>/Aire." Recuperado de: [https://www.ingenieriaquimica.org/articulos/degradacion\\_cianuro\\_sodio](https://www.ingenieriaquimica.org/articulos/degradacion_cianuro_sodio)

Díaz, E. (2023). "Influencia de la unidad minera artesanal San Vicente en la calidad del suelo por cianuro libre, centro poblado de Algamarca – Cajabamba." Tesis para optar al Título Profesional de Ingeniero Ambiental, Universidad Nacional de Cajamarca. Recuperado de: <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/5592/Tesis%20-%20Erick%20Reynado%20D%C3%ADaz%20Silva.pdf?sequence=1>

Gaviria, A., & Meza, L. (2016). "Análisis de alternativas para la degradación del cianuro en efluentes líquidos y sólidos del Municipio de Segovia, Antioquia y en la planta de beneficio de la empresa mineros nacionales, Municipio de Marmato, Caldas." *Dyna rev.fac.nac.minas*, vol.73, no.149, Medellín. Recuperado de: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0012-73532006000200003](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532006000200003)

González, L., & Pulido, J. (2014). "Análisis de alternativas para la degradación del cianuro en la planta de beneficio de la empresa Mineros Nacionales, Marmato." Universidad Nacional de Colombia, Medellín.

Hernández, M. (2014). "Tratamiento de bajo coste para aguas contaminadas por actividades de minería." Departamento de Química

Industrial y Polímeros, ETSIDI, Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de: [https://oa.upm.es/44286/1/INVE\\_MEM\\_2014\\_238768.pdf](https://oa.upm.es/44286/1/INVE_MEM_2014_238768.pdf)

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2016). Recuperado de: <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/economia/>

Logsdon, M., & Hagelstein, K. (2011). *The Management of Cyanide in Gold Extraction*. Canadá. ISBN: 1-895720-35-4.

Luna, D., & Gonzáles, A. (2011). *Obtención de carbón activado a partir de la cáscara de coco*. México.

Mamani, O. (2017). "Implementación de procesos de destrucción de cianuro con sulfato ferroso y peróxido de hidrógeno." Tesis para optar al título de Ingeniero Metalurgista, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.

Ministerio del Ambiente. (2010). Decreto Supremo N.º 010-2010-MINAM. Aprueban límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero–Metalúrgicas.

Nava, A., & Rodríguez, E. (2017). "Análisis químico de cianuro en el proceso de cianuración: revisión de los principales métodos." *Revista de Metalurgia*, Monterrey, México, 2017. ISSN: 0034-8570. Recuperado de: <https://revistademetalurgia.revistas.csic.es/index.php/revistademetalurgia/article/download/48/48&q=cianuro+de+plata&sa=x&ei=fldut6tro8wj8go8g7itdq&ved=0cduqfjai>

Paredes, E., & Segura, L. (2021). *Estudio de la remoción de metales pesados en aguas contaminadas de ríos utilizando carbón activado vegetal*. Tesis para optar al título profesional de Ingeniero Ambiental, Universidad Privada del Norte. Recuperado de: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/28778/Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pesantez, D., & De La Torre, E. (2018). "Influencia del ion cúprico y del cobre metálico en la oxidación del cianuro libre con aire y carbón activado." Bogotá.

Pesántez, D. (2020). "Estudio de la influencia de sales de cobre en la oxidación del ion cianuro con aire y carbón activado." Tesis para optar al título de Ingeniero Químico, Escuela Politécnica Nacional, Quito.

Pérez, J., & Higuera, O. (2018). "Electrochemical behaviour of cyanide." Ing. Desarro., no.24, Barranquilla, July/Dec. Recuperado de: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0122-34612008000200006](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-34612008000200006)

Roshan, R. (2018). "Removal of Cyanide from Water and Wastewater using Granular Activated Carbon." Chemical Engineering Journal.

Rodríguez, A., & Letón, P. (2016). Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales. Madrid.

Ruiz, J., & Lopez, C. (2019). "Statistical modeling of cyanide leaching of a mineral from the municipality of Andes, Colombia, as an alternative to the amalgamation process." Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. Revista Logos, Ciencia & Tecnología. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/logos/v11n2/2422-4200-logos-11-02-126.pdf>

Salinas, E., & Rivera, I. (2017). "Mejora del proceso de cianuración de oro y plata, mediante la preoxidación de minerales sulfurosos con ozono." Revista de la Sociedad Química de México. Recuperado de: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0583-76932004000400021](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0583-76932004000400021)

Suárez, D., & Villegas, E. (2029). "Evaluación de la adsorción del carbón obtenido del mesocarpio de cacao (*Theobroma cacao* L.) modificado por ultrasonido." Revista de la Sociedad Química del Perú, vol. 85, no. 2, Lima. Recuperado de: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1810-634X2019000200009](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2019000200009)

## ANEXOS

### ANEXO A:

#### NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES DE EMISION PARA LAS UNIDADES MINERO-METALURGICAS

PARAMETRO	VALOR EN CUALQUIER MOMENTO	VALOR PROMEDIO ANUAL
ph	Mayor que 6 y Menor que 9	Mayor que 6 y Menor que 9
Sólidos suspendidos (mg/l)	50	25
Plomo (mg/l)	0.4	0.2
Cobre (mg/l)	1.0	0.3
Zinc (mg/l)	3.0	1.0
Fierro (mg/l)	2.0	1.0
Arsénico (mg/l)	1.0	0.5
Cianuro total (mg/l) *	1.0	1.0

\* CIANURO TOTAL, equivalente a 0.1 mg/l de Cianuro Libre y 0.2 mg/l de Cianuro fácilmente dissociable en ácido.

Fuente: [www.fonamperu.org/general/pasivos/documentos/imps\\_efluentes.pdf](http://www.fonamperu.org/general/pasivos/documentos/imps_efluentes.pdf)

**ANEXO B:**

**HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL CIANURO DE SODIO**

<b>Cianuro de Sodio</b>			

Sección I : Información del Producto Químico y de la Compañía	
Nombre del Material	Cianuro de Sodio.
Fórmula Química	NaCN
Número CAS	143-33-9
Código UN	1689
Guía de Respuesta	157
Clasif. Mat. Pelig.	6.1
Código Hazchem	2X
Sinónimos	Sal de Sodio, Cianuro blanco.
Uso	Pilas de Lixiviación.
Manufacturero	TICOR CHEMICAL COMPANY PTY LTD. P.O. Box 1305, Gladstone. Queensland, 4680. Teléfono (07) 4976-1777.
Usuario	Emergencias (07) 4973-6660 las 24 horas. MINERA BARRICK MISQUICHILCA S.A Emergencias (51-1) 217-0180.

Sección II : Composición / Información de Componentes			
Ingredientes		Proporción	Número CAS
	Cianuro de Sodio	98 %	143-33-9
	HCOONa	1 %	
	H2O	0,3 %	
	Na2CO3	0,6 %	
	NaOH	0,1 %	1310-73-2
	PEL de OSHA	: 5 mg/m3	
	TLV de ACGIH	: C 5 mg/m3	

Sección III : Identificación de Riesgos	
Entradas Principales	Inhalación, absorción, Ingestión, contacto.
Inhalación	El polvo o neblina (solución) puede ser irritante a las vías respiratorias y garganta. En NaCN reacciona con la humedad liberando gas cianhídrico.
Ojos	El cianuro en forma de polvo o como gas de cianhídrico, es rápidamente absorbido por los ojos y puede ser las vía de severas irritaciones e intoxicación. Debido al contenido de hidróxido de sodio puede causar daños a los tejidos severos y dolorosos.
Piel	Es un tóxico por absorción de la piel. El contacto prolongado o repetido puede causar escozor, caracterizado por erupciones musculares, papilares y vesiculares. A través de la piel se puede absorber cantidades fatales de cianuro de sodio
Ingestión	El cianuro inhibe la oxidación tisular provocando la muerte por asfixia química en minutos.
Carcinogenicidad	No figura como cancerígeno.

Sección IV : Medidas de Primeros Auxilios	
Inhalación	Remover a la víctima al aire fresco. Si hay dificultad al respirar y los síntomas de envenenamiento son evidentes dar oxígeno y nitrito de amilo y no inducir al vómito. Contactar un médico inmediatamente.
Contacto con los ojos	En caso de contacto lavar arriba y abajo de los párpados por 15 minutos. Llamar al médico.
Contacto con la piel	En caso de contacto lavar la zona afectada inmediatamente con abundante agua. Retirar la ropa contaminada. Si los síntomas de envenenamiento son evidentes dar oxígeno. Llamar al médico.
Ingestión	Si respira y esta consciente, lavar la boca con agua. Si esta inconsciente no darle de beber nada. Dar carbón activado (Carbosorb) y buscar ayuda médica inmediatamente.
Facilidades para primeros auxilios	Donde esté presente el cianuro asegúrese que las instalaciones deben contar con ducha y lavaojos disponibles.

Sección V : Medidas para la extinción de incendios	
Medios de Extinción	Usar polvo químico seco para fuegos. No usar extintores de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) ya que pueden liberar HCN. No utilice agua a menos que los contenedores se encuentren intactos.
Riesgos Especiales	No es combustible y sus límites de inflamabilidad son bajos.

Sección VI : Medidas para derrames accidentes	
Procedimientos de Recojo y Limpieza	Barra y recoja con pala y deposite en un recipiente cerrado o una bolsa plástica para detener el derrame mientras se transporta. Etiquete los contenedores. Cubra y mantenga seco el derramamiento.
Derrames Pequeños (soluciones)	Utilice material absorbente adecuado que no reaccione con el material derramado tales como arena. No utilice aserrín en ningún caso (ácido). Recoja el material derramado y etiquete los contenedores. Cubra el derrame. Tratar los residuos con agentes neutralizantes notificados por el fabricante.
Derrames Pequeños (sólidos)	Recupere todo lo que es posible con lampas o escobas, etiquete los contenedores. Cubra el derrame. Tratar los residuos con agentes neutralizantes notificados por el fabricante. Cuidado : El hipoclorito de sodio es un agente contaminante del medio ambiente. Use solo donde existen fugas y es improbable causar problemas.
Derrames Grandes	Contacte al servicio de emergencia y proveedor inmediatamente. Contener utilizando sacos de arena o tierra, recuperar el material si es seguro hacerlo. No trate de neutralizar sin asistencia.

Sección VII : Manejo y Almacenamiento	
Almacenamiento	Almacenar en lugares frescos y secos. Las áreas deben contar con buena ventilación y fuera de contacto directo con los rayos solares. Evitar su almacenamiento cerca de materiales incompatibles como productos oxidantes, ácidos, agua y productos que contienen agua.
Manipulación	El cianuro en lo posible debe ser almacenado solo. Utilice siempre su equipo de protección personal.

Sección VIII : Controles de Exposición / Protección Personal	
Protección Respiratoria	Los niveles de exposición deben ser mantenidos bajo los límites. Hacer uso de respiradores canister para NaCN en polvo y con niveles bajos de HCN. En todo caso usar respiradores aprobados por NIOSH si fuera posible con suministro de aire en concentraciones altas.
Equipo de Protección	Usar ropa de seguridad, guantes largos de jebe y lentes o antiparras para una protección total.
Ventilación	Tener una ventilación forzada en las áreas de exposición, para mantener los niveles de exposición por debajo de los límites permisibles.

Sección IX : Propiedades Físicas y Químicas	
Estado físico	Sólido en briquetas
Peso	15 gr
Dimensiones	31 mm x 30 mm x 11 mm
Color	Blanco
Olor	Ligero olor a amoniaco o almendras amargas
Punto de Fusión	562 °C (1043 °F).
Punto de Ebullición	1497 °C (2726 °F).
Solubilidad	480 gr/lit de solución a 20 °C
Gravedad Específica	1.61
Presión de Vapor	0.10 Kpa (800 °C)
Otros	PH : 11-12

Sección X : Estabilidad y Reactividad	
Estabilidad	Estable en condiciones normales.
Incompatibilidad	Ocurre reacciones químicas cuando entran en contacto con ácidos fuertes o bases fuertes. El cianuro de sodio es altamente corrosivo a muchos metales. Reacciona violentamente con agentes oxidantes que liberarán gases tóxicos.
Prod descomposición Peligrosos	Puede formar gases tóxicos como HCN y óxidos de nitrógeno.

Sección XI : Información Toxicológica	
Toxicidad	Los efectos sobre la salud humana debidos a una exposición excesiva por inhalación, ingestión o contacto con la piel o los ojos pueden incluir irritación de la piel con malestar o erupciones, irritación de los ojos o quemadura con malestar, lagrimeo, visión borrosa y la posibilidad de daño permanente a los ojos. No figura como cancerígeno. Los individuos con enfermedades ya existentes del sistema nervioso central pueden ser más susceptibles a la toxicidad de exposiciones excesivas.

Sección XII : Información Ecológica	
Ecotoxicidad	El cianuro es un producto tóxico. Todo manejo debe regirse por las leyes locales.

Fuente:

<http://app.tecsup.edu.pe/file/intranet/sso/msds/MSDS%20Cianuro%20de%20Sodio1.pdf>

## Anexo C: Validación del instrumento de estudio, por juicio de expertos



### CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor: Dr. Medardo Alberto Quezada Álvarez

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTOS.

No es muy grato comunicarnos con usted para expresarle nuestros saludos y asimismo, hacer de su conocimiento que siendo estudiante de la escuela de Ingeniería Ambiental de la UCV, en la sede de Trujillo, promoción 2023, requiero validar los instrumentos con los cuales recogeré la información necesaria para poder desarrollar la investigación.

El título del proyecto de investigación es: *"Eficacia del carbón vegetal obtenido de pepa de palta y cascarilla de cacao, en la remoción de soluciones cianuradas en Patas, 2023"* y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, he considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en tema de química ambiental, educación y/o investigación.

El expediente de validación, que le hago llegar contiene lo siguiente:

- Carta de presentación.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.
- Protocolo de evaluación del instrumento

Expresándole mis sentimientos de respeto y consideración, me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente,



Firma  
Randi Guevara fernández

D.N.I: 61604743

I. Matriz de operacionalización de las Variables:

Matriz de operacionalización

Variable: Inteligencia Emocional

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de Medición
Cantidad de carbón vegetal de pepa de palta y cascavilla de cacao	El carbón activado, es un material de naturaleza carbonosa mayoritariamente amorfo, destaca por su alta porosidad y superficie específica, características que le otorgan una capacidad de adsorción considerable. (Amaya, 2021, p.2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cantidad de carbón vegetal de pepa de palta (g.), pesado en balanza analítica con precisión de 0,0001 g.</li> <li>Cantidad de carbón vegetal de cascavilla de cacao (g), pesado en balanza analítica con precisión de 0,0001 g.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cantidad <math>a_0</math>, <math>a_1</math>, <math>a_2</math> de carbón vegetal de la pepa de palta, registrado en balanza analítica.</li> <li>Cantidad <math>b_0</math>, <math>b_1</math>, <math>b_2</math> de carbón vegetal de la cascavilla de cacao, registrado en balanza analítica.</li> </ul>	Cuantitativa de razón
Concentración final de CN-	La expresión "cianuro libre" es empleada para hacer referencia tanto al ión de cianuro (CN <sup>-</sup> ), que puede disolverse en agua durante el proceso, como al cianuro de hidrógeno (HCN) generado en la solución Bardales (2018, p.6).	Concentración de Cianuro preparado mediante NaCN + Agua destilada a 500 ppm	Concentración de cianuro final en g. NaCN/L), determinada mediante Espectrofotómetro para medir la concentración de cianuro en las soluciones acuosas.	Cuantitativa de razón

Fuente: Elaboración propia

D

hte

## II. Certificado de validez de contenido del instrumento que mide la concentración de Cianuro

### A. INSTRUMENTO A VALIDAR

#### INSTRUMENTO PARA EVALUAR VALIDEZ DE CONTENIDO: "PROCEDIMIENTO CORRECTO DE ANÁLISIS DE CIANURO MEDIANTE ESPECTROFOTOMETRÍA"

### B. INFORMACION GENERAL

Para evaluar la relevancia/representatividad de la propuesta del instrumento, se utilizará una escala de tipo Likert con puntuación de uno a cuatro como sigue:

- 1 = no relevante o no representativo
- 2 = ítem necesita de grande revisión para ser representativo
- 3 = ítem necesita de pequeña revisión para ser representativo
- 4 = ítem relevante o representativo

**C. CONTENIDO**

**PROCEDIMIENTO CORRECTO DE ANÁLISIS DE CIANURO MEDIANTE ESPECTROFOTOMETRÍA**

Leyenda para la evaluación

1 – No relevante o no representativo	2 - ítem necesita de revisión para ser representativo	3 = ítem necesita de pequeña revisión para ser representativo	4 = ítem relevante o representativo
--------------------------------------	---	---	-------------------------------------

N°	DIMENSIONES ESTRUCTURA	VALORACIÓN				Observaciones					
		SÍ	NO	1	2		3	4			
1	<b>Calibrar el espectrofotómetro:</b> Se realice una calibración adecuada del espectrofotómetro antes de utilizarlo para medir la concentración de cianuro. La calibración se realizará utilizando soluciones estándar de cianuro de diferentes concentraciones.	X					X				
2	<b>Preparar las soluciones estándar:</b> Es necesario preparar soluciones estándar de cianuro de diferentes concentraciones conocidas para poder calibrar el espectrofotómetro. Estas soluciones se prepararán a partir de sales de cianuro, como el cianuro de potasio o el cianuro de sodio.	X					X				
3	<b>Medir las soluciones estándar:</b> Utilizando el espectrofotómetro, se medirán las absorbancias de las soluciones estándar preparadas en el paso anterior. Es importante	X									X

	asegurarse de que las mediciones se realizan en las mismas condiciones que se utilizarán para medir las muestras experimentales.								
4	<b>Crear una curva de calibración:</b> Con los datos de absorbancia y concentración de las soluciones estándar, se creará una curva de calibración que relacione la absorbancia con la concentración de cianuro.								
5	<b>Medir las muestras experimentales:</b> Una vez que se ha calibrado el espectrofotómetro y se ha creado una curva de calibración, se procederá a medir las muestras experimentales de cianuro utilizando el espectrofotómetro y la curva de calibración.								
6	<b>Analizar los resultados:</b> Finalmente, se analizarán los resultados obtenidos para asegurarse de que son precisos y coherentes con las expectativas del experimento.								

**CALIFICACIÓN:**

- Bajo: cuando obtiene de 1 a 11 puntos
- Medio: cuando obtiene de 12 a 16 puntos
- Alto: cuando obtiene de 17 a 24 puntos

**NOTA:** Un proceso de remoción es eficaz si alcanza una concentración final de cianuro que esté por debajo del límite máximo permitido, según el Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM establece un límite máximo permisible de 1 mg/L para las descargas de efluentes líquidos en aguas superficiales y subterráneas.

- a)  SI
- b)  NO
- c) Es eficiente cuando: \_\_\_\_\_

Opinión de aplicabilidad:    Aplicable     No aplicable     Aplicable después de corregir

Apellidos y nombres del juez validador Dr. / Mg: Dr. Medardo Albino Quisado Alvarez

DNI: 18110481  
O.R.C.D: 0000-0002-020-5175  
C.I.P: 85434

Especialidad del validador: Química Ambiental

..... 17 de Oct. del 2022



Firma del Experto Informante.  
Especialidad



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor: Dr. José Rivero Méndez

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTOS.

No es muy grato comunicarnos con usted para expresarle nuestros saludos y asimismo, hacer de su conocimiento que siendo estudiante de la escuela de Ingeniería Ambiental de la UCV, en la sede de Trujillo, promoción 2023, requiero validar los instrumentos con los cuales recogeré la información necesaria para poder desarrollar la investigación.

El título del proyecto de investigación es: "*Eficacia del carbón vegetal obtenido de pepa de palta y cascarilla de cacao, en la remoción de soluciones cianuradas en Patas, 2023*" y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, he considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en tema de química ambiental, educación y/o investigación.

El expediente de validación, que le hago llegar contiene lo siguiente:

- Carta de presentación.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.
- Protocolo de evaluación del instrumento

Expresándole mis sentimientos de respeto y consideración, me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.

---

Firma  
Randi Guevara fernández  
D.N.I: 61604743

### C. CONTENIDO

#### PROCEDIMIENTO CORRECTO DE ANÁLISIS DE CIANURO MEDIANTE ESPECTROFOTOMETRÍA

Leyenda para la evaluación

1 – No relevante o no representativo	2 - item necesita de revisión para ser representativo	3 = item necesita de pequeña revisión para ser representativo	4 = item representativo	relevante	0
--------------------------------------	---	---	-------------------------	-----------	---

Nº	DIMENSIONES ESTRUCTURA	VALORACIÓN				Observaciones					
		SÍ	NO	1	2		3	4			
1	<b>Calibrar el espectrofotómetro:</b> Se realice una calibración adecuada del espectrofotómetro antes de utilizarlo para medir la concentración de cianuro. La calibración se realizará utilizando soluciones estándar de cianuro de diferentes concentraciones.	X					X				
2	<b>Preparar las soluciones estándar:</b> Es necesario preparar soluciones estándar de cianuro de diferentes concentraciones conocidas para poder calibrar el espectrofotómetro. Estas soluciones se prepararán a partir de sales de cianuro, como el cianuro de potasio o el cianuro de sodio.	X					X				
3	<b>Medir las soluciones estándar:</b> Utilizando el espectrofotómetro, se medirán las absorbancias de las soluciones estándar preparadas en el paso anterior. Es importante	X					X				



**CALIFICACIÓN:**

- Bajo: cuando obtiene de 1 a 11 puntos
- Medio: cuando obtiene de 12 a 16 puntos
- Alto: cuando obtiene de 17 a 24 puntos

**NOTA:** Un proceso de remoción es eficaz si alcanza una concentración final de cianuro que esté por debajo del límite máximo permitido, según el Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM establece un límite máximo permisible de 1 mg/L para las descargas de efluentes líquidos en aguas superficiales y subterráneas.

a) (SI)

b) b(NO)

c) Es eficiente cuando: \_\_\_\_\_

Opinión de aplicabilidad:    **Aplicable**     **Aplicable después de corregir** [ ]    **No aplicable** [ ]

Apellidos y nombres del juez validador Dr. / Mg: Dr. José Ricardo Rodríguez    DNI: 17 889 328

Cip 2024

Especialidad del validador: Químico Ambiental

Loreto ..... de Abril del 2023.

Firma del Experto Informante.

Especialidad



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor: Dr. José Alfredo Cruz Monzón

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTOS.

No es muy grato comunicarnos con usted para expresarle nuestros saludos y asimismo, hacer de su conocimiento que siendo estudiante de la escuela de Ingeniería Ambiental de la UCV, en la sede de Trujillo, promoción 2023, requiero validar los instrumentos con los cuales recogeré la información necesaria para poder desarrollar la investigación.

El título del proyecto de investigación es: *"Eficacia del carbón vegetal obtenido de pepa de palta y cascarilla de cacao, en la remoción de soluciones cianuradas en Patas, 2023"* y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, he considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en tema de química ambiental, educación y/o investigación.

El expediente de validación, que le hago llegar contiene lo siguiente:

- Carta de presentación.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.
- Protocolo de evaluación del instrumento

Expresándole mis sentimientos de respeto y consideración, me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.

Firma  
Randi Guevara fernández  
D.N.I: 61604743

C. CONTENIDO

PROCEDIMIENTO CORRECTO DE ANÁLISIS DE CIANURO MEDIANTE ESPECTROFOTOMETRÍA

Leyenda para la evaluación

1 - No relevante o no representativo	2 - ítem necesita de revisión para ser representativo	3 = ítem necesita de pequeña revisión para ser representativo	4 = ítem relevante o representativo
--------------------------------------	---	---	-------------------------------------

N°	DIMENSIONES ESTRUCTURA	VALORACIÓN				Observaciones				
		SI	NO	1	2		3	4		
1	<b>Calibrar el espectrofotómetro:</b> Se realice una calibración adecuada del espectrofotómetro antes de utilizarlo para medir la concentración de cianuro. La calibración se realizará utilizando soluciones estándar de cianuro de diferentes concentraciones.	✓								
2	<b>Preparar las soluciones estándar:</b> Es necesario preparar soluciones estándar de cianuro de diferentes concentraciones conocidas para poder calibrar el espectrofotómetro. Estas soluciones se prepararán a partir de sales de cianuro, como el cianuro de potasio o el cianuro de sodio.	✓								
3	<b>Medir las soluciones estándar:</b> Utilizando el espectrofotómetro, se medirán las absorbancias de las soluciones estándar preparadas en el paso anterior. Es importante	✓								

	asegurarse de que las mediciones se realizan en las mismas condiciones que se utilizarán para medir las muestras experimentales.								
4	<b>Crear una curva de calibración:</b> Con los datos de absorbancia y concentración de las soluciones estándar, se creará una curva de calibración que relacione la absorbancia con la concentración de cianuro.	✓							
5	<b>Medir las muestras experimentales:</b> Una vez que se ha calibrado el espectrofotómetro y se ha creado una curva de calibración, se procederá a medir las muestras experimentales de cianuro utilizando el espectrofotómetro y la curva de calibración.	✓							
6	<b>Analizar los resultados:</b> Finalmente, se analizarán los resultados obtenidos para asegurarse de que son precisos y coherentes con las expectativas del experimento.	✓							

**CALIFICACIÓN:**

- Bajo: cuando obtiene de 1 a 11 puntos
- Medio: cuando obtiene de 12 a 16 puntos
- Alto: cuando obtiene de 17 a 24 puntos

**NOTA:** Un proceso de remoción es eficaz si alcanza una concentración final de cianuro que esté por debajo del límite máximo permitido, según el Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM establece un límite máximo permisible de 1 mg/L para las descargas de efluentes líquidos en aguas superficiales y subterráneas.

- a) (SI)
- b) b(NO)
- c) Es eficiente cuando: \_\_\_\_\_

Opinión de aplicabilidad:    Aplicable     No aplicable

Apellidos y nombres del juez validador Dr. / Mg: Dr. Cruz Monzon José Alfredo    DNI: 7.888.7838

CIP: 56432

Especialidad del validador: Químico Analítico

22 de abril del 2023



Firma del Experto Informante.  
Especialidad

# ANEXO D: Resultados de ensayos de laboratorio

C.: F-P10-2  
V.: 03.05.20  
P.: 03.05.20  
MMA-DCE

**CADENA DE CUSTODIA**

Matriz: Agua  Aire  P. Meteorológicos  Suelo  Otros

CADENA DE CUSTODIA		CLIENTE		ENSAYO REQUERIDO	
INFORME DE ENSAYO N°	ORDEN DE SERVICIO N°	PROYECTO	CONTACTO	PREV.	ENVASE
23-101	05-23-048	NA	Rondi Cuervo F.		
MUESTREADO POR:	CLIENTE	OBSERVACIONES DEL CLIENTE			
	VIRCALAB				
Procedencia: Trujillo - La Libertad Lugar de Muestreo: Trujillo - La Libertad Observaciones del servicio:					
ITEM	CODIGO DEL CLIENTE	MUESTREO	MATRIZ O PRODUCTO	COORDENADAS UTM	CANTIDAD DE ENVASES
		FECHA (dd/mm/aaaa)		ESTE NORTE	
01	HCL-01	30/05/23 10:02	Trujillo		01
					X Cierre libre

LABORATORIO - RECEPCION DE MUESTRAS / DOCUMENTACION		TEMPERATURA DE COOLER, °C	
ORIGEN DE ENVASES Y/O DOCUMENTOS	ESTADO DEL COOLER Y CINTA DE SEGURIDAD Y/O DOCUMENTOS	BUENO	NO CONFORME
CLIENTE <input checked="" type="checkbox"/> VIRCALAB		<input checked="" type="checkbox"/>	
ENTREGADO POR: Rondi Cuervo F.	RECIBIDO POR: Monica Cuervo Diaz		4.1 °C
FECHA: 30/05/23	FECHA: 30/05/23		
HORA: 09:56	HORA: 09:57		
OBSERVACIONES DE RECEPCION DE MUESTRAS/DOCUMENTACION: La muestra es preparada en laboratorio a 500ppm a partir de cloruro de Sodio.			

**MATRIZ O PRODUCTO**  
 (ACH) Agua para uso y consumo humano; Posible (P), de mineral (M), amoniacal (E), bicarbonato (BC) y laguna artificial (LA).  
 (AN-S) Agua Natural - Superficial: Rio (R), lago (LO), laguna (LA), humedal (L).  
 (AN-Sub) Agua Natural - Subterránea: Manantial (M), noria (N), pozo (P).  
 (AR-D) Agua Residual Domestica.  
 (AR-I) Agua Residual Industrial: Efluente (E), efluente (EA), vertimiento (V).  
 (AR-M) Agua Residual Municipal.  
 (AS) Agua Salinas Mar (M), salobre (S), Salinera (SA).  
 (CA) Calidad de Aire.  
 (C) Calidad de Suelo.  
 (D) Descripción del tipo de matriz: ejemplo: suelo, emisiones, aire, otros.



**SERVICIOS MÉDICOS Y LABORATORIOS  
VIRGEN DEL CARMEN E.I.R.L.**

**INFORME DE ENSAYO  
N° IE-23-101**

DATOS DEL SERVICIO	
Ciente	: Randi Guevara F.
Dirección	: La Libertad - Trujillo
Orden de Servicio	: OS-23-048
Proyecto	: OS-23-048
Procedencia	: La Libertad - Trujillo
Muestreado por	: VIRCALAB

DATOS DE MUESTREO	
Fecha	: Martes, 30 de mayo de 2023
Lugar de muestreo	: La Libertad - Trujillo
Plan y procedimiento de muestreo	: No Aplica

DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO	
Matriz / Tipo de muestra	: No Indica
Fecha de recepción de muestras	: Martes, 30 de mayo de 2023
Fecha de ensayo	: Martes, 30 de mayo de 2023
Fecha de emisión de informe	: Jueves, 01 de junio de 2023

METODOLOGÍA UTILIZADA	
ENSAYO	METODOLOGÍA
Cianuro Libre	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-CN <sup>-</sup> J.E, 23rd Ed. 2017 Cyanide. Cyanogen Chloride. Colorimetric Method

Ing. Keevin Manosalva Vásquez  
C.I.P. 213016  
Jefe de Calidad



**SERVICIOS MÉDICOS Y LABORATORIOS  
VIRGEN DEL CARMEN E.I.R.L.**

**INFORME DE ENSAYO**

**N° IE-23-101**

RESULTADOS DEL ENSAYO				
Código de Laboratorio		101-01	101-02	101-03
Código del Cliente		MCL-01	MCL-01	MCL-01
Coordenadas UTM	Norte	No Indica	No Indica	No Indica
	Este	No Indica	No Indica	No Indica
Muestra		25 gramos	45 gramos	65 gramos
Muestreo	Fecha	30-May-2023	30-May-2023	30-May-2023
	Hora	10:02 h	10:02 h	10:02 h
Ensayo	Unidades	Resultado		
Cianuro Libre	mg/L	120.27	80.31	0.99
		120.56	79.52	1.15
		121.04	80.98	0.91

**Nota: Procedimiento del laboratorio**

Se utilizó carbón activado con granulometría de 2 y 2.36 mm.

Luego se preparó en 1 vaso de precipitación 1 litro de agua destilada, adicionándole hidróxido de sodio (NaOH), para obtener un pH de 11.8.

Una vez alcanzado el nivel de pH deseado se procedió adicionar cianuro de sodio (NaCN), para poder alcanzar los 500 ppm de CN<sup>-</sup>, es decir 0.9477 g.

Con la solución de CN<sup>-</sup> a 500 ppm, se empezó a trabajar con muestras de 100 ml, a lo cual se le adicionó la cantidad de carbón activado de cas carilla de cacao y pepa de palta es decir (25, 45 y 65 g/L), con 3 réplicas cada uno.

Una vez acondicionado todo, se procedió a colocar los vasos de precipitación en un agitador magnético, a 900 rpm y un tiempo de 180 minutos.

Finalizando cada prueba, la muestra se filtró con embudo y papel filtro en unas fiolas de 100 ml.

De la solución filtrada se tomó la unidad de análisis de 10 ml, para luego pasa al respectivo análisis mediante espectrofotometría.

*"No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de VIRCALAB".  
"Los resultados del informe de ensayo sólo están relacionados con los ítems ensayados".  
"Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce".*

**\*\*\*FIN DEL DOCUMENTO\*\*\***



C.: F-10-2  
 V.: 02-ES-2023  
 F.: 02-ES-2023  
 JMA-JMB

**CADENA DE CUSTODIA**

Matriz: Agua  Aire  P. Meteorológicos  Suelo  Otros

<b>CADENA DE CUSTODIA</b> <b>INFORME DE ENSAYO N°</b> 23-110		<b>CLIENTE</b> 02-23-048 Pandi Guevara F.	
<b>ORDEN DE SERVICIO N°</b> 02-23-048		<b>PROYECTO</b> 02-23-048	
<b>PLAN DE MUESTREO N°</b> NA		<b>CONTACTO</b> Pandi Guevara F.	
<b>MUESTREO POR:</b> CLIENTE <input checked="" type="checkbox"/> VIRCALAB <input type="checkbox"/>		<b>OBSERVACIONES DEL CLIENTE</b> Trujillo - La Libertad. Trujillo - La Libertad.	
Procedencia: Lugar de Muestreo: Observaciones del servicio:			
<b>Item</b> 01	<b>CÓDIGO DEL CLIENTE</b> MCL-01	<b>MUESTREO</b> FECHA (dd/mm/aaaa) 06/06/23	<b>HORA (hh:mm)</b> 11:05
		<b>*MATRIZ O PRODUCTO</b> No Indica	<b>COORDENADAS UTM</b> ESTE: - NORTE: -
CANTIDAD DE ENVASES: <u>Canure libre</u>			
<b>ENSAYO REQUERIDO</b>			

<b>LABORATORIO - RECEPCIÓN DE MUESTRAS / DOCUMENTACIÓN</b> ESTADO DEL COOLER Y CINTA DE SEGURIDAD Y/O DOCUMENTOS		TEMPERATURA DE COOLER, °C 4.8°C	
<b>CLIENTE</b> VIRCALAB <input checked="" type="checkbox"/>	<b>BUENO</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>MALO</b> <input type="checkbox"/>	<b>CONFORME</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>NO CONFORME</b> <input type="checkbox"/>	<b>FIRMA:</b> 
<b>ENTREGADO POR:</b> Pandi Guevara F.		<b>RECIBIDO POR:</b> Monica Inares Diaz	
<b>FECHA:</b> 06/06/2023	<b>FECHA:</b> 06/06/2023	<b>HORA:</b> 11:10	<b>HORA:</b> 11:11
<b>OBSERVACIONES DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS/DOCUMENTACIÓN:</b>			

**MATRIZ O PRODUCTO**  
 (ACH) Aguas para uso y consumo humano. Potablogli, de mesa(M), embotellado(M), agua embotellada(LA)  
 (AN-Sub) Aguas Naturales Superficiales: Rio(R), lago(L), laguna(LA), llanura(LL)  
 (AN-Sub) Aguas Naturales Subterráneas: Manantial(M), terral(T), pozos(P)  
 (AN-Sub) Aguas Residuales: Doméstica(D), Industrial(I), Comercial(C)  
 (AR-M) Aguas Residuales Municipales  
 (AS) Aguas Salinas: Mar(M), salobres(S), Salmuera(SA)  
 (CE) Confines de Barbas  
 (MT) Distribución Meteorológica  
 \*Escribir el tipo de matriz: suelo, emisiones, aire, otros.



**SERVICIOS MÉDICOS Y LABORATORIOS  
VIRGEN DEL CARMEN E.I.R.L.**

**INFORME DE ENSAYO**

**N° IE-23-110**

DATOS DEL SERVICIO	
Cliente	: Randi Guevara F.
Dirección	: La Libertad - Trujillo
Orden de Servicio	: OS-23-048
Proyecto	: OS-23-048
Procedencia	: La Libertad - Trujillo
Muestreado por	: VIRCALAB

DATOS DE MUESTREO	
Fecha	: Martes, 06 de junio de 2023
Lugar de muestreo	: La Libertad - Trujillo
Plan y procedimiento de muestreo	: No Aplica

DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO	
Matriz / Tipo de muestra	: No Indica
Fecha de recepción de muestras	: Martes, 06 de junio de 2023
Fecha de ensayo	: Martes, 06 de junio de 2023
Fecha de emisión de informe	: Jueves, 08 de junio de 2023

METODOLOGÍA UTILIZADA	
ENSAYO	METODOLOGÍA
Cianuro Libre	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-CN <sup>-</sup> J.E. 23rd Ed. 2017 Cyanide. Cyanogen Chloride. Colorimetric Method

Ing. Keevin Manosalva Vásquez  
C.I.P. 213016  
Jefe de Calidad



**SERVICIOS MÉDICOS Y LABORATORIOS  
VIRGEN DEL CARMEN E.I.R.L.**

**INFORME DE ENSAYO**

**N° IE-23-110**

RESULTADOS DEL ENSAYO				
Código de Laboratorio		110-01	110-02	110-03
Código del Cliente		MCL-01	MCL-01	MCL-01
Coordenadas UTM	Norte	No Indica	No Indica	No Indica
	Este	No Indica	No Indica	No Indica
Muestra		25 gramos	45 gramos	65 gramos
Muestreo	Fecha	06-Jun-2023	06-Jun-2023	06-Jun-2023
	Hora	11:05 h	11:05 h	11:05 h
Ensayo	Unidades	Resultado		
Cianuro Libre	mg/L	99.03	58.54	0.49
		102.71	57.15	0.38
		100.69	55.37	0.51

**Nota: Procedimiento del laboratorio**

Se utilizó carbón activado con granulometría de 2 y 2.36 mm.

Luego se preparó en 1 vaso de precipitación 1 litro de agua destilada, adicionándole hidróxido de sodio (NaOH), para obtener un pH de 11.8.

Una vez alcanzado el nivel de pH deseado se procedió a adicionar cianuro de sodio (NaCN), para poder alcanzar los 500 ppm de CN<sup>-</sup>, es decir 0.9477 g.

Con la solución de CN<sup>-</sup> a 500 ppm, se empezó a trabajar con muestras de 100 ml, a lo cual se le adicionó la cantidad de carbón activado de cas carilla de cacao y pepa de palta es decir (25, 45 y 65 g/L), con 3 réplicas cada uno.

Una vez acondicionado todo, se procedió a colocar los vasos de precipitación en un agitador magnético, a 900 rpm y un tiempo de 180 minutos.

Finalizando cada prueba, la muestra se filtró con embudo y papel filtro en unas fioles de 100 ml.

De la solución filtrada se tomó la unidad de análisis de 10 ml, para luego pasar al respectivo análisis mediante espectrofotometría.

*"No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de VIRCALAB".  
"Los resultados del informe de ensayo sólo están relacionados con los ítems ensayados".  
"Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce".*

**\*\*\*FIN DEL DOCUMENTO\*\*\***

# Certificado



La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad - INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Renovación de la Acreditación a:

## **SERVICIOS MÉDICOS Y LABORATORIOS VIRGEN DEL CARMEN E.I.R.L. - VIRCALAB**

### **Laboratorio de Ensayo**

En su sede ubicada en: Jr. Sebastián Barranca N° 481, Urb. Chimú, Provincia de Trujillo, departamento de La Libertad.

Con base en la norma

**NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración.**

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-act-06p-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número de registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 12 de agosto de 2022

Fecha de Vencimiento: 11 de agosto de 2026



Emisión electrónica por RODRIGUEZ ALEGRIA Alejandra FAU 2060202015 soft  
Fecha: 2022-08-08 16:54:33  
Motivo: Soy el Autor del Documento

Cedula: N° 302-2022-INACAL/DA

Adenda N°: 01 del contrato N° 022-2019/INACAL-DA

Registro N°: LE - 139

**ALEJANDRA RODRIGUEZ ALEGRIA**

Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Fecha de emisión: 05 de setiembre de 2022



El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y objeto de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web [www.inacal.gob.pe/aceffidita/consultar/aceffiditados\\_y/o\\_a\\_traves\\_del\\_codigo\\_OR\\_al\\_momento\\_de\\_hacer\\_uso\\_del\\_presente\\_certificado](http://www.inacal.gob.pe/aceffidita/consultar/aceffiditados_y/o_a_traves_del_codigo_OR_al_momento_de_hacer_uso_del_presente_certificado).

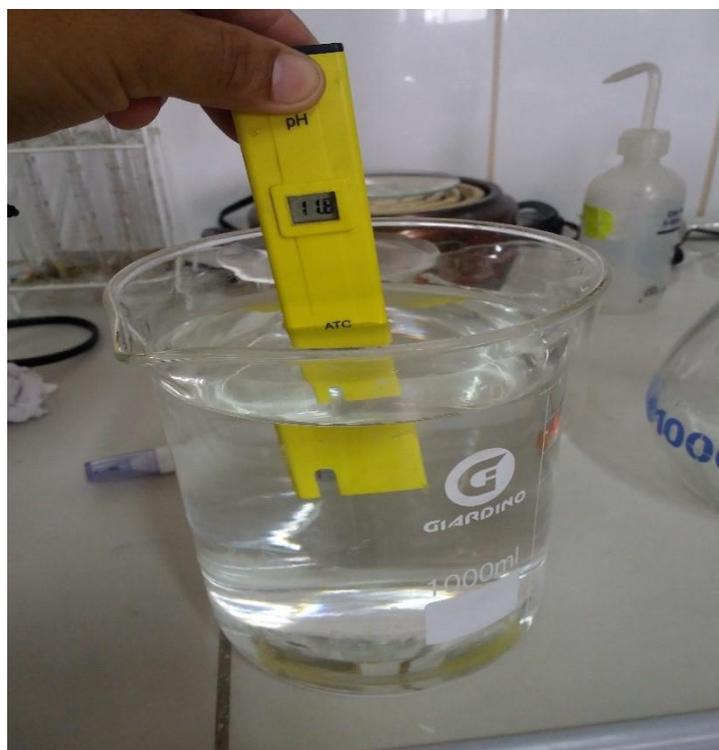
La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) de Inter American Accreditation Co-operation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Múltiple con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-act-06p-02M Ver. 03

**ANEXO E:**

**PANEL FOTOGRÁFICO DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO**

**Fotografía 01: Control de pH alcalino.**



**Fotografía 02: Molido y pesado de Cianuro de sodio para preparación de solución cianurada inicial**



**Fotografía 03: Pesado de carbón vegetal**



**Fotografía 04: Oxidación del cianuro, con adición de carbón vegetal y mediante agitación magnética**



**Fotografía 05: Filtrado de solución de cianuro, utilizando papel filtro**



## ANEXO F:

### ANÁLISIS UNIVARIADO DE VARIANZA (SPSS STATISTIC)

#### Análisis univariado de varianza

##### Factores inter-sujetos

		Etiqueta de valor	N
Tipo de carbón	1	pepa de palta	9
	2	cascarilla de cacao	9
Cantidad	1,00	25 g.	6
	2,00	45 g.	6
	3,00	65 g.	6

##### Estadísticos descriptivos

Variable dependiente: Concentración de cianuro

Tipo de carbón	Cantidad	Media	Desv. Desviación	N
pepa de palta	25 g.	100,8100	1,84293	3
	45 g.	57,0200	1,58899	3
	65 g.	,4600	,07000	3
	Total	52,7633	43,58694	9
cascarilla de cacao	25 g.	120,6233	,38889	3
	45 g.	80,2700	,73082	3
	65 g.	1,0167	,12220	3
	Total	67,3033	52,69800	9
Total	25 g.	110,7167	10,91739	6

	45 g.	68,6450	12,78250	6
	65 g.	,7383	,31764	6
	Total	60,0333	47,50638	18

### Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Concentración de cianuro

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	38353,309 <sup>a</sup>	5	7670,662	6945,477	,000
Intersección	64872,020	1	64872,020	58739,014	,000
Tipo de carbón	951,352	1	951,352	861,411	,000
Cantidad	36953,149	2	18476,574	16729,798	,000
Tipo de carbón * Cantidad	448,809	2	224,404	203,189	,000
Error	13,253	12	1,104		
Total	103238,582	18			
Total corregido	38366,562	17			

### Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Concentración de cianuro

Origen	Eta parcial al cuadrado	Parámetro sin centralidad	Potencia observada <sup>b</sup>
Modelo corregido	1,000	34727,385	1,000
Intersección	1,000	58739,014	1,000
Tipo de carbón	,986	861,411	1,000
Cantidad	1,000	33459,595	1,000

Tipo de carbón * Cantidad	,971	406,378	1,000
Error			
Total			
Total corregido			

a. R al cuadrado = 1,000 (R al cuadrado ajustada = 1,000)

b. Se ha calculado utilizando alpha = .05

## Medias marginales estimadas

### Tipo de carbón

Variable dependiente: Concentración de cianuro

Tipo de carbón	Media	Desv. Error	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
pepa de palta	52,763	,350	52,000	53,527
cascarilla de cacao	67,303	,350	66,540	68,067

## Pruebas post hoc

### Cantidad

#### Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Concentración de cianuro

HSD Tukey

(I) Cantidad	(J) Cantidad	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%
					Límite inferior
25 g.	45 g.	42,0717*	,60674	,000	40,4530
	65 g.	109,9783*	,60674	,000	108,3596
45 g.	25 g.	-42,0717*	,60674	,000	-43,6904

	65 g.	67,9067*	,60674	,000	66,2880
65 g.	25 g.	-109,9783*	,60674	,000	-111,5970
	45 g.	-67,9067*	,60674	,000	-69,5254

### Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Concentración de cianuro

HSD Tukey

Intervalo de confianza al 95%

(I) Cantidad	(J) Cantidad	Límite superior
25 g.	45 g.	43,6904
	65 g.	111,5970
45 g.	25 g.	-40,4530
	65 g.	69,5254
65 g.	25 g.	-108,3596
	45 g.	-66,2880

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 1,104.

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

## Subconjuntos homogéneos

### Concentración de cianuro

HSD Tukey<sup>a,b</sup>

Cantidad	N	Subconjunto		
		1	2	3
65 g.	6	,7383		
45 g.	6		68,6450	
25 g.	6			110,7167
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

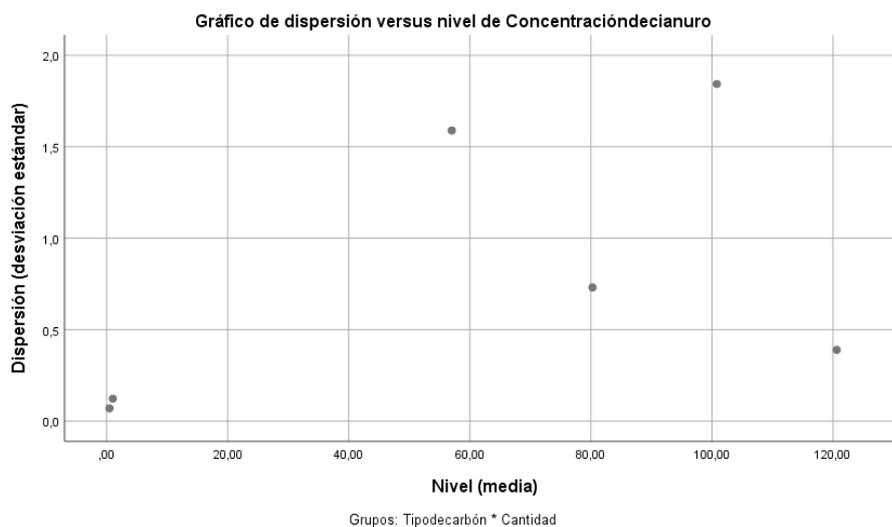
Se basa en las medias observadas.

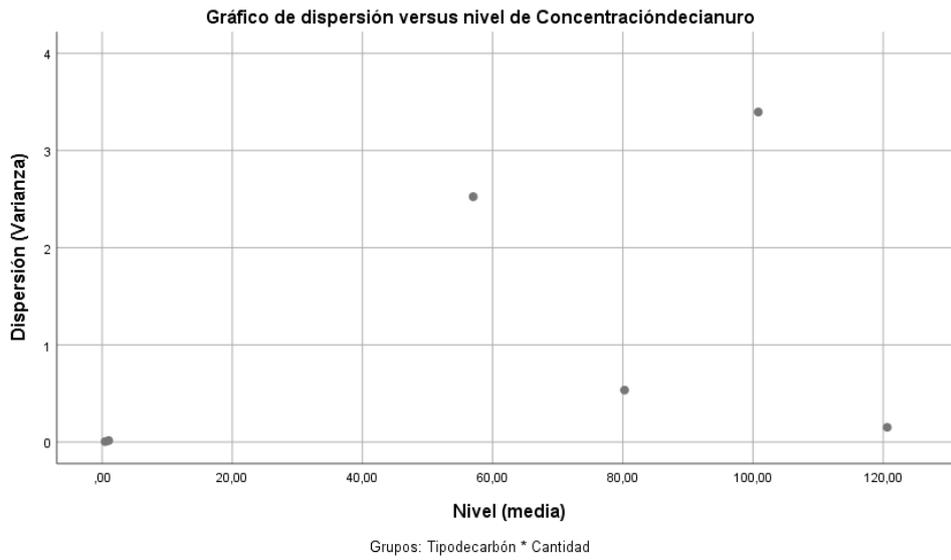
El término de error es la media cuadrática(Error) = 1,104.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6,000.

b. Alfa = .05.

## Gráficos de dispersión versus nivel





## Gráficos de perfil

