



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables

Maestría en Minas Mención en Mineralurgia y Metalurgia Extractiva

Tratamiento de los relaves para el Área Minera Joya del Oriente II código 501381,
ubicado en la parroquia Los Encuentros, perteneciente al cantón Yanzatza, provincia
Zamora Chinchipe

Trabajo de Titulación previo a la
obtención del título de Magister en
Minas Mención Mineralurgia y
Metalurgia Extractiva.

AUTOR:

Luis Enrique Cuenca Aguinsaca

DIRECTOR:

Ing. Stalin Iván Puglla Arévalo Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2023

Certificación

Loja, 08 de mayo del 2023

Ing. Stalin Iván Puglla Arévalo Mg.Sc
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

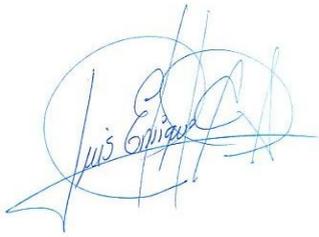
CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Trátamiento de los Relaves para el Área Minera Joya del Oriente II código 50138, ubicado en la parroquia Los Encuentros, previo a la obtención del título perteneciente al cantón Yanzatza, provincia Zamora Chinchipe**, previo a la obtención del título de **Magíster en Minas, Mención Mineralurgia y Metalurgia Extractiva**, de la autoría del estudiante **Luis Enrique Cuenca Aguiñaca**, , con cédula de identidad **Nro. 1104054505**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación para la respectiva sustentación y defensa

Ing. Stalin Iván Puglla Arévalo, Mg.Sc
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Luis Enrique Cuenca Aguiñaca**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional - Biblioteca Virtual.



Firma:

Cédula de identidad: 1104054505

Fecha: 15 de mayo del 2023

Correo electrónico: luis.e.cuenca@unl.edu.ec

Teléfono: 0980902653

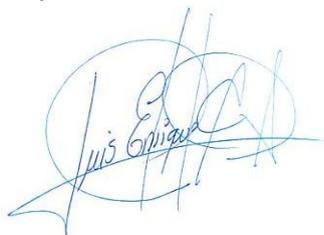
Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación

Yo, **Luis Enrique Cuenca Aguiñaca**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Tratamiento de los Relaves para el Área Minera Joya del Oriente II Código 501381, Ubicado en la Parroquia Los Encuentros, Perteneciente al Cantón Yanzatza, Provincia Zamora Chinchipe**, como requisito para optar por el título de **Magíster en Minas, Mención Mineralurgia y Metalurgia Extractiva**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Integración Curricular realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja a los quince días del mes de mayo del 2023



Firma:

Autor: Luis Enrique Cuenca Aguiñaca

Cédula: 1104054505

Dirección: Loja

Correo electrónico: luis.e.cuenca@unl.edu.ec

Teléfono: 0980902653

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director de Trabajo de Titulación: Ing. Stalin Iván Puglla Arévalo Mg.Sc.

Dedicatoria

Con mucho cariño y alegría dedico el presente trabajo a mi familia, mis padres mi esposa y mis hijos que son el pilar fundamental y el impulso para cada día ser mejor y buscar cambiar nuestra calidad de vida.

Luis Enrique Cuenca Aguinsaca

Agradecimiento

En primer lugar, agradezco a Dios, a mis padres que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos. Ellos son los que con su cariño me han impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades además al Sr. Bolívar Ordoñez por brindarme la facilidad y accesibilidad con su planta de tratamiento para la obtención de datos e información y finalmente a mi equipo de trabajo C&C consultores que sin ellos no hubiese podido culminar el presente Trabajo de Titulación que han estado a mi lado en cada avance que realizaba.

Luis Enrique Cuenca Aguinsaca

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de figuras	ix
Índice de tablas	x
Índice de anexos	xi
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1. Abstract	4
3. Introducción	6
3.1. Objetivos	7
3.1.1. Objetivo general	7
3.1.2. Objetivos específicos.....	7
4. Marco Teórico	8
4.1. Minería.....	8
4.2. Beneficios minerales	8
4.2.1. Lixiviación	8
4.2.2. Flotación.....	9
4.3. Relaves (colas)	10
4.3.1. Técnicas de muestreo	10
4.3.2. Técnicas de caracterización físico químicas de los relaves	11
4.3.3. Depósitos de relaves	12
4.3.4. Manejo de relaves.....	13
4.3.5. Componentes principales de un depósito de relaves	14
5. Metodología	16
5.1. Materiales.....	16
5.2. Área de estudio	16
5.2.1. Ubicación	16
5.2.2. Acceso	17
5.2.3. Geología regional	18
5.3. Metodología	19
5.3.1. Metodología para el primer objetivo: Determinar las características físico-química de los relaves.....	20
5.3.2. Metodología para el segundo objetivo: Establecer un posible sistema de tratamiento de los relaves producto del filtro prensa del área minera	24
5.3.4. Metodología para el tercer objetivo: Proponer un método adecuado para la disposición final de los relaves de acuerdo a sus propiedades	24
6. Resultados	26
6.1. Información general del área de estudio	26
6.1.1. Topografía	26
6.1.2. Geología Local	27
6.1.3. Clima	30
6.1.4. Hidrografía	30
6.1.5. Geomorfología	31
6.1.6. Descripción del proceso de beneficio.....	32

6.2.	Resultados del primer objetivo	32
6.2.1.	Caracterización del relave	32
6.2.2.	Caracterización física-química.....	32
6.2.3.	Propiedades físicas del relave	33
6.2.4.	Análisis de granulométrico.....	34
6.2.5.	Análisis de la cianuración del relave.....	35
6.3.	Resultados del segundo objetivo.....	35
6.3.1.	Ph.....	36
6.3.2.	Fitorremediación	36
6.4.	Resultados del tercer objetivo	38
7.	Discusión	40
8.	Conclusiones	42
9.	Recomendaciones	44
10.	Bibliografía	45
11.	Anexos	48

Índice de figuras:

Figura 1. Lixiviación.....	8
Figura 2. Principio de la separación por flotación	10
Figura 3. Generación, tratamiento y disposición de los relaves (colas).....	10
Figura 4. Representación gráfica del muestreo aleatorio por conglomerados	11
Figura 5. Filtro prensa.....	14
Figura 6. Partes de un Depósito de Relaves en general	15
Figura 7. Ubicación del área Joya del Oriente II	17
Figura 8. Acceso al área Joya del Oriente II.....	17
Figura 9. Geología regional	18
Figura 10. Muestreo	21
Figura 11. Herramienta de muestreo.....	21
Figura 12. Análisis de densidad	22
Figura 13. Análisis del Ph.....	22
Figura 14. Análisis de la conductividad.....	23
Figura 15. Análisis granulométrico.....	23
Figura 16. Topografía del área minera Joya del Oriente II.....	27
Figura 17. Afloramiento 1	28
Figura 18. Afloramiento 2	28
Figura 19. Afloramiento 3	29
Figura 20. Geología Local	29
Figura 21. Hidrogeología.....	30
Figura 22. Geomorfología del área de estudio	31
Figura 23. Proceso de beneficio.....	32
Figura 24. Caracterización físico-química del relave	33
Figura 25. Curva granulométrica	35

Índice de tablas:

Tabla 1. Materiales de campo y de oficina	16
Tabla 2. Materiales de campo y de oficina	26
Tabla 3. Caracterización física química de las muestras de relave	33
Tabla 4. Propiedades físicas del relave	34
Tabla 5. Caracterización física química de las muestras de relave	34
Tabla 6. Análisis de la cianuración del relave	35
Tabla 7. Ficha técnica del filtro prensa JINGJIN.....	36
Tabla 8. Porcentaje de remoción del cianuro en 30 días.....	37
Tabla 9. Porcentaje de remoción del cianuro en 30 días por proceso químico (hipoclorito)	38

Índice de anexos:

Anexo 1. Mapa de ubicación del área minera “Joya del Oriente II”	48
Anexo 2. Mapa de la geología regional de la parroquia “Los Encuentros”	48
Anexo 3. Ficha de recolección de muestras	48
Anexo 4. Ficha de caracterización geológica	50
Anexo 5. Mapa del levantamiento topográfico	48
Anexo 6. Mapa de la geología local	48
Anexo 7. Mapa de la geomorfología	48
Anexo 8. Resultados de absorción atómica	51
Anexo 9. Resultados de cianuración	54
Anexo 10. Certificación del resumen	55

1. Título

**Trátamiento de los Relaves para el Área Minera Joya del Oriente II Código 501381,
Ubicado en la Parroquia Los Encuentros, Perteneciente al Cantón Yanzatza, Provincia
Zamora Chinchipe**

2. Resumen

El presente trabajo denominado Tratamiento de los Relaves para el Área Minera Joya del Oriente II Código 501381, Ubicado en la Parroquia Los Encuentros, Perteneciente al Cantón Yanzatza, Provincia Zamora Chinchipe, es un proyecto que actualmente se encuentra explotando como mineral principal oro, cuenta con un total de 26 hectáreas contiguas, mismo que se encuentra en etapa de construcción inicial de la planta de beneficio, por lo que se propuso un tratamiento óptimo para el manejo y tratamiento de los relaves, con la finalidad de que se reduzca la contaminación ambiental y se incremente el tiempo de servicio de los depósitos de relaves, producto de los procesos y actividades que se llevan a cabo en el área minera.

Con la finalidad de cumplir con el objetivo del presente trabajo, se realizó una serie de actividades, empezando, con la breve descripción del proceso de beneficio, para conocer cómo se forman los relaves y qué compuestos tienen, posterior se determinó las características físicas-químicas como densidad, contenido de humedad, Ph, granulometría y conductividad eléctrica. Con las características previamente obtenidas, se establece un tratamiento para los relaves producto del filtro prensa, evaluando posibles técnicas físicas y biológicas. A su vez se propone un método adecuado para la disposición de estos residuos, considerando la normativa vigente, la producción diaria de la planta, topografía, morfología, y geología del terreno.

En primera instancia, el material proveniente de la explotación del yacimiento será receptado en el área designada dentro de la planta de beneficio para su stock y luego su acarreo hasta la tolva primaria, posterior pasa a la fase de trituración en donde se realiza la primera reducción de tamaño, y se realiza una clasificación previa para seleccionar el tamaño de los fragmentos de material triturados. En la fase de molienda se pulveriza el mineral y es llevado a un hidrociclón donde se realiza la fase de clasificación, finalmente se realiza el proceso de cianuración con carbón activado.

El relave producto del proceso anteriormente mencionado es tratado mediante un filtro prensa, capaz de reducir la humedad hasta un 90%. Con la finalidad de conocer de que están compuestos los residuos se realizó los análisis correspondientes y se determinó la presencia de metales pesados (cobre, hierro, plata, plomo, zinc) y cianuro, siendo este último que se encuentra afectando en mayor proporción al medio. Es por ello que se propone utilizar el sistema de fitorremediación con la especie lirio de agua con un porcentaje de remoción del

75% en un período de 30 días. De esta manera es posible llegar al límite máximo permisible establecido.

Por otra parte, considerando la topografía, geología, geomorfología e hidrogeología, se definió un espacio para depositar los relaves de acuerdo a la producción diaria de 150 toneladas al día, este espacio estará ubicado en la parte centro del área con una superficie total de 1 392 m², con ello se busca cumplir con la normativa vigente y prevenir la contaminación por la descarga de residuos mineros que puedan ser tóxicos.

Palabras clave: *Relave, cianuro, metales pesados, fitorremediación y relavera.*

2.1. Abstract

The present work called "Tailings Treatment for the Joya del Oriente II Mining Area "Code 501381", located in Los Encuentros parish, Yantzaza canton, Zamora Chinchipe province", it is a project that is currently exploiting gold as the main mineral, has a total of 26 contiguous hectares, which is in the initial construction stage of the beneficiation plant, so it was proposed an optimal treatment for the management and treatment of tailings, in order to reduce environmental pollution and increase the service time of the tailings deposits, product of the processes and activities carried out in the mining area.

In order to meet the objective of this work, a series of activities were carried out, starting with a brief description of the beneficiation process, to learn how the tailings are formed and what compounds they contain, then the physical and chemical characteristics were determined, such as density, moisture content, pH, particle size and electrical conductivity. With the characteristics previously obtained, a treatment for the tailings from the filter press is established, evaluating possible physical and biological techniques. At the same time, an adequate method for the disposal of these wastes is proposed, considering the current regulations, the daily production of the plant, topography, morphology, and geology of the terrain.

In the first instance, the material coming from the exploitation of the deposit will be received in the designated area within the beneficiation plant for its stock and then its transportation to the primary hopper, it goes to the crushing phase where the first size reduction is performed, and a previous classification is performed to select the size of the crushed material fragments. In the grinding phase, the ore is pulverized and taken to a hydrocyclone where the classification is performed. Finally, the cyanidation process is performed with activated carbon.

The tailings from the aforementioned process are treated using a filter press, capable of reducing the humidity up to 90%. To know what the tailings are composed of, the corresponding analyses were carried out and the presence of heavy metals (copper, iron, silver, lead, and zinc) and cyanide was determined, the latter affecting the environment to a greater extent. For this reason, it is proposed to use the phytoremediation system with the water lily species with a removal percentage of 90% in a period of 30 days. In this way, it is possible to reach the maximum permissible limit established.

On the other hand, considering the topography, geology, geomorphology, and hydrogeology, a space was defined to deposit tailings according to the daily production of 150

tons per day, this space will be located in the central part of the area with a total area of 1392 m², thus seeking to comply with current regulations and prevent contamination by the discharge of mining waste that may be toxic.

Keywords: *Tailings, cyanide, heavy metals, phytoremediation and tailings dam*

3. Introducción

En la actualidad, la Provincia Zamora Chinchipe es considerado como uno de los territorios con mayores reservas mineras. Es por ello que existe que la mayor cantidad de minas se concentra en esta zona, productos del tratamiento y beneficio se generan los relaves, que contienen generalmente sulfuros y diversidad de metales pesados, los cuales, requieren de una disposición final y una adecuada gestión, ya que pueden ser una potencial fuente generadora de drenaje ácido, creando una serie de procesos sinérgicos, que afectan principalmente al suelo y agua, alterando sus propiedades físico-químicas, incrementando las concentraciones de metales y metaloides en estos medios, y relacionados con procesos de bioacumulación, entre otros impactos.

Debido a la falta de investigación en el área de estudio, sobre el uso o aprovechamiento de los relaves de mina a partir de las características geoquímicas y mineralógicos, se limita la toma de decisiones sobre su utilización y aprovechamiento de relaves. El área minera Joya del Oriente II, contempla el uso del filtro prensa el cual es el más importante para el tratamiento de las pulpas, de los concentrados y relaves; así como, para el proceso de clarificación y lodos en la recuperación del oro, el mismo minimiza la humedad de los relaves, debido a su operatividad y grado de automatización.

La generación de relaves en la actividad minera trae consigo un sin número de efectos negativos de diversa índole de tipo ambiental, cultural, social y económicos, en este contexto el presente trabajo pretende dar solución a los problemas en la generación de colas, para ello se utiliza técnicas eficientes que favorezcan al área minera Joya Del Oriente II Código 501381, dado que, la propuesta de un sistema óptimo de tratamiento y disposición de relaves producto del filtro prensa, permitirá mejorar las condiciones de trabajo y por ende la rentabilidad económica para el área minera.

3.1. Objetivos

3.1.1. Objetivo general

- ❖ Diseñar un sistema de tratamiento de los relaves para el área minera Joya del Oriente II Código 501381, ubicado en la Parroquia los Encuentros, perteneciente al Cantón Yanzatza, Provincia Zamora Chinchipe.

3.1.2. Objetivos específicos.

- ❖ Determinar las características físico-química de los relaves.
- ❖ Establecer un posible sistema de tratamiento de los relaves producto del filtro prensa del área minera Joya del Oriente II Código 501381.
- ❖ Proponer un método adecuado para la disposición final de los relaves de acuerdo a sus propiedades.

4. Marco Teórico

4.1. Minería

La minería es una actividad económica extractiva, perteneciente al sector primario, la cual consiste en la comercialización de minerales obtenidos del interior de la corteza terrestre. Estos materiales se encuentran formando depósitos o yacimientos de miles de años de antigüedad geológica (Editorial Etecé, 2019).

4.2. Beneficios minerales

Según Banco Central del Ecuador (2014, p. 2), beneficio de minerales comprende el tratamiento de los minerales explotados para elevar el contenido útil o ley de los mismos.

Existen varios procesos para recuperar minerales los principales se mencionan a continuación:

4.2.1. Lixiviación

Es un proceso hidrometalúrgico, es decir utiliza agua como medio de transporte y químicos específicos para separar los minerales valiosos que puedan ser solubles en dichos líquidos como lo indica la Figura 1, (Sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energía, 2007, p. 1).

Figura 1. Lixiviación



Nota. Coldelco, (2019)

Existen varias técnicas de lixiviación Portal Minero S.A (2006, pp. 179-180) menciona las siguientes:

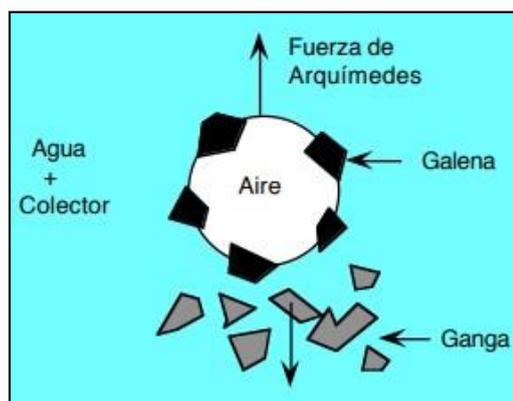
- ❖ **Lixiviación in situ:** es el proceso a través del cual se aplican soluciones directamente sobre el mineral ubicado en su lugar de origen.
- ❖ **Lixiviación en botaderos:** consiste el tratamiento de minerales de muy baja ley, las soluciones se riegan sobre la superficie usando sistemas de goteros o aspersores para minimizar las pérdidas por evaporación del agua.
- ❖ **Lixiviación en pilas:** es similar a la operación que se lleva a cabo en los botaderos, a diferencia que se construyen pilas con mineral chancado se hace necesario aglomerar los finos generados, de forma de restituir la permeabilidad al lecho de mineral a una similar a la que tiene el mineral sin chancar que se usa en los botaderos.
- ❖ **Lixiviación en bateas:** conocido como percolación, consiste en una batea de hormigón revestida interiormente con asfalto antiácido o resina epóxica, con un fondo falso de madera y tela filtrante, que se llena con mineral hasta $\frac{3}{4}$ de su capacidad en altura y se inunda con soluciones lixiviantes.
- ❖ **Lixiviación de oro (cianuración):** Es aquel en donde el metal es disuelto mediante soluciones alcalinas cianuradas en presencia del oxígeno.

4.2.2. Flotación

Consiste en separar un mineral valioso de la ganga por medio del fenómeno de hidrofobación de una superficie por adsorción de sustancias surfactantes. Se usa el principio de que la superficie de las partículas entre mena y ganga son diferentes y puede cubrirse el mineral de interés con sustancias hidrofobantes, los cuales producen una superficie mojable al agua, mientras que la ganga permanece mojable al agua.

Por lo tanto, se mezcla el polvo mineral con agua que contiene las sustancias hidrofobantes llamadas colectores y se mantiene agitada la dispersión sólido-líquido. Conjuntamente se hace pasar a través de esta dispersión un flujo de burbujas de gas, a menudo aire. Las partículas hidrofobadas de mena se adhieren a las burbujas de aire, las cuales arrastran en su movimiento ascendente, mientras que las partículas de ganga permanecen en la dispersión sólido-líquido. Las burbujas cargadas de partículas terminan por formar una espuma que se recoge por un vertedero (Salager & Forgiarini de Guedez, 2007, pp. 1-2)

Figura 2. Principio de la separación por flotación



Nota. Salager & Forgiarini de Guedez, (2007)

4.3. Relaves (colas)

Alfonso & López (2020, p. 9), definen a los relaves mineros como un desecho de los procesos de beneficio y transformación del mineral compuesto por una fase sólida, líquida y gaseosa, que dependiendo de sus características físicas y químicas debe someterse a diferentes tratamientos para su transporte y posterior disposición en presas. La Figura 3, muestra el proceso de disposición de relaves

Figura 3. Generación, tratamiento y disposición de los relaves (colas)



Nota. ATG Ltda, (2020)

4.3.1. Técnicas de muestreo

Para la caracterización físico-química de los relaves, se inicia con el muestreo, el cual consta de una serie de técnicas que se muestran a continuación:

❖ Técnicas de muestreo

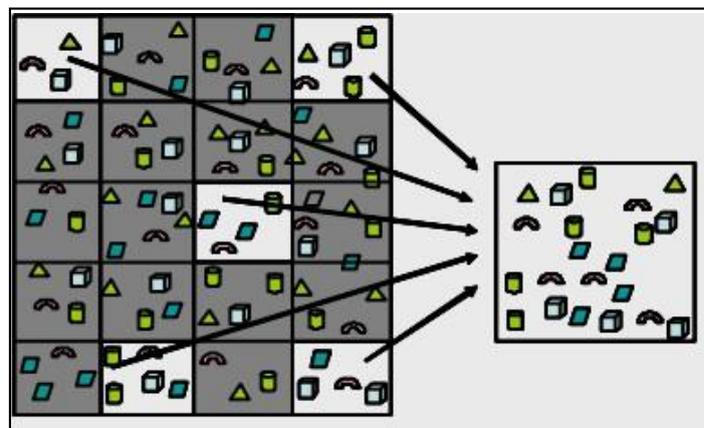
Casal & Enric (2003, pp. 5-7), mencionan los siguientes tipos de muestreo:

Muestreo por selección intencionada (muestreo por conveniencia): Consiste en la elección por métodos no aleatorios de una muestra cuyas características sean similares a las de la población objetivo. En este tipo de muestreos la representatividad la determina el investigador de modo subjetivo.

Muestreo aleatorio: En el muestreo aleatorio todos los elementos tienen la misma probabilidad de ser elegidos. Los individuos que formarán parte de la muestra se elegirán al azar mediante números aleatorios. Existen varios métodos para obtener números aleatorios, los más frecuentes son la utilización de tablas de números aleatorios o generarlos por ordenador. Dentro de los cuales se encuentran los siguientes muestreos:

- ❖ **Muestreo aleatorio simple:** consiste en extraer todas las muestras al azar de una lista.
- ❖ **Muestreo sistemático:** en este caso se elige el primer individuo al azar y el resto viene condicionado por aquél.
- ❖ **Muestreo aleatorio estratificado:** se divide la población en grupos en función de un carácter determinado y después se muestrea cada grupo aleatoriamente, para obtener la parte proporcional de la muestra.
- ❖ **Muestreo aleatorio por conglomerados:** se divide la población en varios grupos de características parecidas entre ellos y luego se analizan completamente algunos de los grupos, descartando los demás como se muestra en la Figura 4.

Figura 4. Representación gráfica del muestreo aleatorio por conglomerados



Nota. Casal & Enric (2003, p. 7)

- ❖ **Muestreo mixto:** se aplica un muestreo mixto que combina dos o más de los anteriores sobre distintas unidades de la encuesta.

4.3.2. *Técnicas de caracterización físico químicas de los relaves*

❖ **Técnicas físicas**

Densidad: Es una magnitud referida a la cantidad de masa por unidad de volumen (ASTM D 4254, 1996, p. 514)

Peso específico: Según la norma ASTM D4254-91, es una magnitud referida a la cantidad la fuerza por unidad de volumen.

Granulometría: Es la distribución por tamaño de las partículas presentes en una muestra Espinace (1979) como se citó en (Baldeón, 2016, p. 10).

Contenido de humedad: Según la norma ASTM 2216, es la relación expresada como porcentaje, del peso del agua en una masa dada de muestra.

Ph: Es la medida del grado de acidez o alcalinidad de una sustancia o una solución. El pH se mide en una escala de 0 a 14. En esta escala, un valor pH de 7 es neutro, lo que significa que la sustancia o solución no es ácida ni alcalina. Un valor pH de menos de 7 significa que es más ácida, y un valor pH de más de 7 significa que es más alcalina (Carbotecnia, 2022).

❖ **Técnicas químicas**

Espectrofotometría de absorción atómica (EAA): Es el método más empleado para la determinación de metales en una amplia variedad de matrices. Su popularidad se debe a su especificidad, sensibilidad y facilidad de operación se basa en el principio de Kirchhoff al formular su ley general: “cualquier materia que pueda emitir luz a una cierta longitud de onda también absorberá luz a esa longitud de onda” (Razmilic, 1994).

Difracción de rayos X: Es un método de alta tecnología no destructivo para el análisis de una amplia gama de materiales, incluso fluidos, metales, minerales, polímeros, catalizadores, plásticos, productos farmacéuticos, recubrimientos de capa fina, cerámicas y semiconductores. La aplicación fundamental de la Difracción de Rayos X es la identificación cualitativa de la composición mineralógica de una muestra cristalina (Universidad de Alicante, 2023).

4.3.3. Depósitos de relaves

Según el Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile (2019), es una obra ingenieril diseñada para cumplir con la legislación nacional vigente, de modo que se aísle completamente los sólidos (relaves) depositados del ecosistema circundante.

Alfonso & López (2020, p. 9), mencionan que los relaves pueden clasificarse según su proporción de fase sólida y fase líquida, correspondiendo a relaves:

❖ **Traques de relaves:** Depósito en el cual el muro es construido por la fracción más gruesa del relave, compactado, proveniente de un hidrociclón. La parte fina, denominada lama, se deposita en la cubeta del depósito (Ramírez, 2007, p. 8).

- ❖ **Espesados:** Son depósitos en el que la superficie es previamente sometida a un proceso de sedimentación, con el objetivo de retirar parte importante del agua contenida, este tipo de depósito se construye de forma tal que impida que el relave fluya a otras áreas distintas a las del sitio autorizado (Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile, 2019, p. 2)
- ❖ **Filtrados:** Se trata de un depósito en que el material contiene aún menos agua, gracias al proceso de filtrado, para asegurar así una humedad menor a 20% (Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile, 2019, p. 2).
- ❖ **En pasta:** Corresponden a una mezcla de agua con sólido, que contiene abundantes partículas finas y bajo contenido de agua, de modo que la mezcla tenga una consistencia espesa, similar a una pulpa de alta densidad (Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile, 2019, p. 2).

4.3.4. Manejo de relaves

- ❖ **Manejo de relaves en pasta:** Pueden ser eficientemente transportadas en tuberías debido a sus sin los problemas de sedimentación y permiten una gran flexibilidad en el desarrollo del emplazamiento; una vez depositados los relaves, se dejan secar, luego acopiar, permitiendo así minimizar la superficie de suelo cubierto con relaves Robinsky (1979) como se citó en Ministerio de Energía y Minas del Perú (2017, p. 24).
- ❖ **Manejo de relaves filtrados:** La filtración es un proceso de separación sólido-fluido, mediante el cual el sólido es separado del fluido de una suspensión, haciéndolo pasar a través de un lecho poroso conocido como medio filtrante. Mientras el lecho retiene las partículas sólidas, el fluido pasa a través del medio filtrante recibiendo el nombre de filtrado. Para establecer un flujo de filtrado, es necesario aplicar una presión diferencia, llamada caída de presión, a través del medio filtrante (Concha, 2014, p. 281).

Los relaves filtrados son primero espesados y luego filtrados, de manera de obtener el contenido de agua adecuado para su disposición, hay varias formas de hacerlo dependiendo de la fuerza impulsora (Lara, 2013, p. 10). Es por ello que la pulpa mineral se hace pasar a través de equipos de filtración como los que se menciona a continuación.

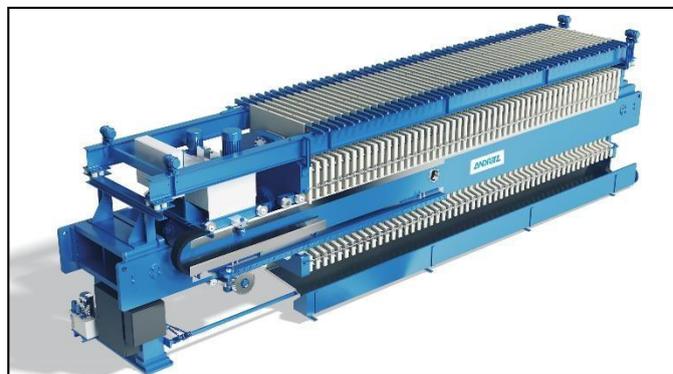
Filtro banda: son muy utilizados en la minería de carbón para el desaguado de relaves finos. Este filtro de presión trabaja en operación continua, sin embargo, su tamaño es limitado, por lo tanto, solo es adecuado para operaciones de tonelajes pequeños (FLSmith, 2021).

Filtro disco: son comúnmente utilizados en operaciones de relleno de pasta subterránea de menor tonelaje. Para la eliminación de relaves de superficie de gran tonelaje (FLSmith, 2021).

Filtro prensa: operan con una fuerza motriz de hasta 15 bar, la misma puede alcanzarse fácilmente usando sólo las bombas de alimentación del filtro o, alternativamente, usando membranas expandibles. La humedad de la torta descargada del filtro prensa está en un rango de 10 a 25% en peso y puede ser saturada o no saturada, dependiendo del diseño del filtro y de los requerimientos geotécnicos (FLSmith, 2021).

La Figura 5, indica el filtro de prensa

Figura 5. Filtro prensa



Nota. ANDRITZ AG (2023)

4.3.5. Componentes principales de un depósito de relaves

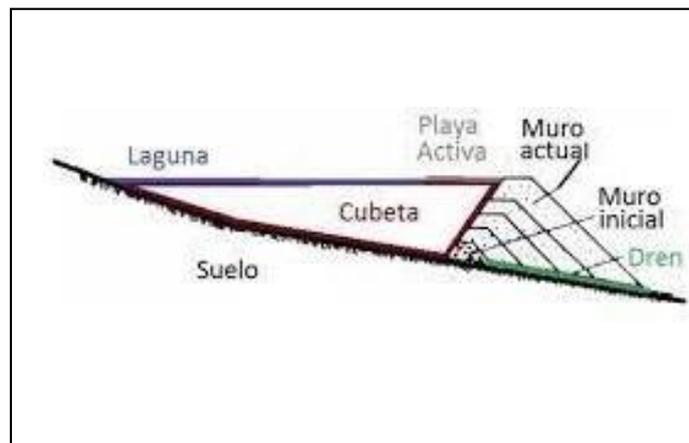
Según Ramírez (2007, pp. 18-19), los principales componentes de un depósito de relaves son los siguientes:

- ❖ **Cubeta:** Corresponde al volumen físico disponible donde se depositan las lamas y gran parte del agua de los relaves de tal modo que se forma en ella la laguna de aguas claras debido a la sedimentación de las partículas finas.
- ❖ **Muro:** delimita la cubeta y permite contener los residuos que en ella se descargan.
- ❖ **Sistema de descarga o clasificación y selección de relaves:** permite depositar los residuos mineros en la cubeta, por lo que una falla de este sistema se traduce en la detención de la operación eficiente del depósito. También se suele utilizar para clasificar y seleccionar los residuos para poder emplear parte de los mismos como material para la construcción del muro.

- ❖ **Zona de descarga:** es la parte del depósito de relaves situada en las cercanías de la línea de vaciado.
- ❖ **Laguna:** permite la recuperación de aguas y al mismo tiempo la evacuación de estas desde la cubeta. Esta laguna debe mantenerse lo más alejada posible del muro de arenas o prisma resistente y su evacuación debe hacerse siempre para no disminuir el grado de estabilidad del muro.
- ❖ **Sistema de drenaje:** es utilizado para deprimir al máximo el nivel freático en el interior del cuerpo del muro, usualmente protegido por filtros para evitar que el flujo de aguas arrastre las partículas finas y produzca la colmatación del sistema.
- ❖ **Canales de desvío:** son las zanjas construidas o túneles construidos en las laderas para captar y desviar las escorrentías superficiales, impidiendo su ingreso a la cubeta del tranque o embalse de relaves.

La Figura 6, muestra las partes de un depósito de relave

Figura 6. Partes de un Depósito de Relaves en general



Nota. Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile (2019, p. 4).

5. Metodología

5.1. Materiales

Los materiales utilizados para el desarrollo del presente trabajo se muestran a continuación (Ver Tabla 1):

Tabla 1. Materiales de campo y de oficina

Materiales de campo	Materiales de oficina
Libreta de campo	Software Arcgis 10.5
Dron	Software Autocad 2018
GPS	Global Mapper
Martillo geológico	Documentos Bibliográficos
Brújula Brunton	Infoplan
Equipo de protección personal	Paquete de office 2019
Cámara fotográfica	Hojas geológicas
Fundas plásticas	Agisoft
Pala	

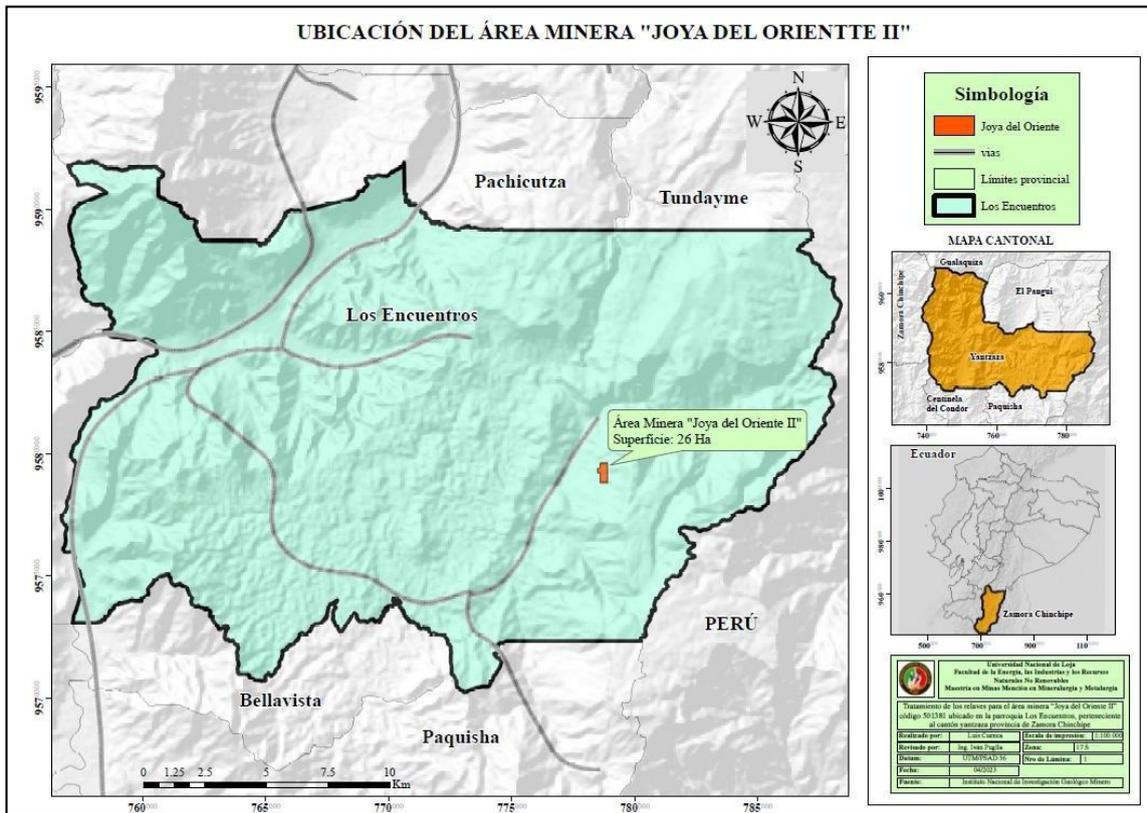
5.2. Área de estudio

5.2.1. Ubicación

El área de estudio corresponde a la concesión Joya Del Oriente II, Cod. 501381, con una superficie total de 26 hectáreas, se encuentra ubicada, en la parroquia Los Encuentros, perteneciente al cantón Yanzatza, provincia de Zamora Chinchipe. En el área minera se encuentra un yacimiento del tipo stockwork que, actualmente está en la etapa de explotación con mineral de interés oro, asimismo contiene la planta de tratamiento para recuperar la mena a través de un proceso de cianuración.

La Figura 7 detalla la zona antes mencionada.

Figura 7. Ubicación del área Joya del Oriente II

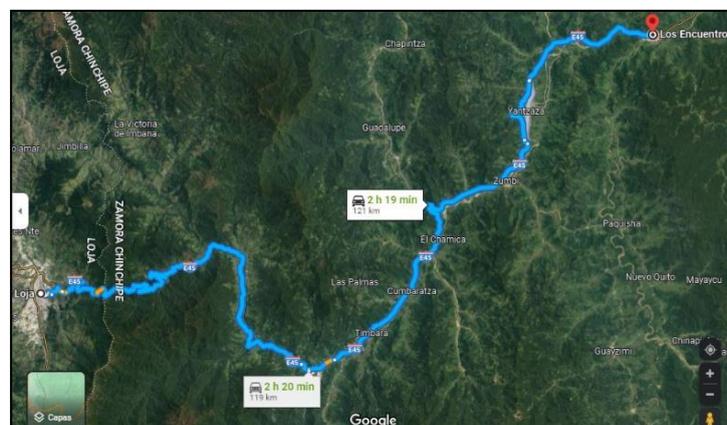


A mayor detalle revisar el Anexo 1.

5.2.2. Acceso

Partiendo desde el terminal terrestre de la Ciudad de Loja, se toma la Av. Isidro Ayora hacia la Transversal Sur/E45/E50, hasta la Ciudad de Zamora; posterior, se toma la Av. Del ejército hacia la Troncal Amazónica/E45 con dirección a Yanzatza, luego se llega a la parroquia Los Encuentros, en este punto, se toma una vía de tercer orden hacia el sector El Zarza y se dirige hacia el área de estudio. La Figura 8 muestra la ruta antes mencionada.

Figura 8. Acceso al área Joya del Oriente II

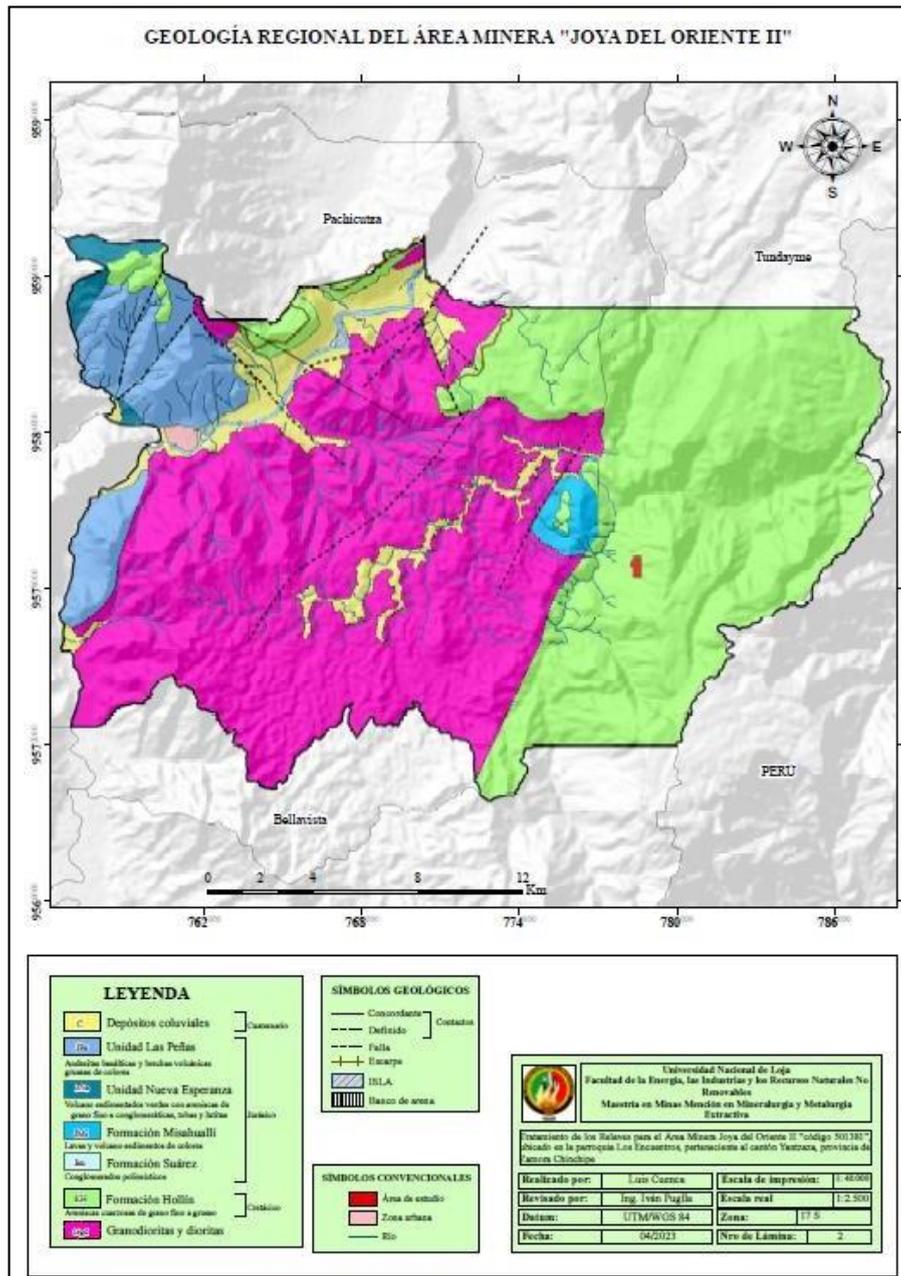


Nota. Google Maps, (2023)

5.2.3. Geología regional

El área de estudio Joya del Oriente II, está conformada por un grupo de unidades que en su mayoría corresponde a la formación Hollín dominada por areniscas cuarzosas blancas de grano fino a medio y lutitas grafitosas. En un contexto regional el área minera se encuentra formada por las siguientes formaciones (Ver Figura 9).

Figura 9. Geología regional



5.2.3.1. Batolito de Zamora

El Batolito de Zamora corresponde a un complejo intrusivo de 200 km de largo y 50 km de ancho, formado por una variedad de rocas que van desde tonalitas hasta monzogranitos,

caracterizándose geoquímicamente como rocas de afinidades calco-alcálicas con contenidos medios y altos de K (Villares, 2012). Varias dataciones K-Ar muestran diferentes edades con rangos de 152 - 180 Ma (Kennerley, 1980; Pichier & Aly, 1983) y 120 - 200 Ma (Litherland et al., 1994). Nuevas publicaciones como las de Cochrane (2013), realiza dataciones U/Pb asignando intervalos de edades entre 131 — 178 Ma.

5.2.3.2. Formación Hollín

Watson y Sinclair, (1927), menciona que la formación Hollín consiste en areniscas cuarzosas blancas de grano fino a medio, con estratificación cruzada y micro-ondulaciones; dominan estratos métricos de areniscas de grano fino alternados con lutitas grafitosas; en la serie son comunes las impregnaciones bituminosas. En la vía Timbara-Tzunantza Alto se encuentra una escama tectónica del Fm Hollín deformada, la serie yace en discordancia erosional sobre el Complejo Intrusivo de Zamora; su estratificación tiene dirección NE con buzamiento al SO. Los afloramientos representativos se encuentran en ambos márgenes del río Nangaritzá. El espesor calculado es de 150 a 200 m. Según estudios previos la edad del Fm Hollín ha sido ubicada entre el Aptiense - Albiense (Baby et al., 2004).

5.2.3.3. Depósitos aluviales

Los depósitos aluviales principalmente constan de cantos, bloques redondeados y gravas de rocas ígneas intrusivas de composición intermedia a ácida y arenas gruesas y finas, es frecuente encontrar terrazas graduadas en diferentes niveles y flanqueando a los depósitos aluviales de los ríos Zamora, Jambúe y Nangaritzá.

5.3. Metodología

Con fin de cumplir con el objetivo de diseñar un sistema de tratamiento de los relaves para el área minera Joya del Oriente II; se utilizó una serie de métodos y técnicas, entre los cuales se encuentran: el método descriptivo; utilizado en la caracterización del área en torno a sus actividades, el proceso de beneficio, la maquinaria, las características físico, químicas y mineralógicas de los relaves. El método deductivo; utilizado para elegir el tratamiento adecuado para los relaves del área minera Oriente.

El presente trabajo comprendió tres fases:

- ❖ **Fase de campo:** comprendió la descripción del área de estudio, en el cual se incluye la topografía, la geología, la caracterización de las piscinas de relaves y la toma de muestras.

- ❖ **Fase de laboratorio:** comprendió la elaboración de los ensayos de densidad, contenido de humedad, Ph, granulometría y conductividad eléctrica.
- ❖ **Fase de oficina:** se planificó el trabajo, ordenó y procesó la información obtenida del trabajo de campo y de los ensayos realizados y se determinó el sistema de tratamiento de relaves.

5.3.1. Metodología para el primer objetivo: Determinar las características físico-química de los relaves.

El desarrollo del trabajo de campo consistió en realizar visitas a la zona de impacto para tomar muestras, asimismo se observó, analizó la zona de estudio y se realizó las mediciones topográficas correspondientes.

5.3.1.1. Caracterización del área de estudio: se realizó con la finalidad de conocer el potencial de generación colas; de drenajes ácidos y procesos de lixiviación a partir de relaves, es por ellos que se determinó lo siguiente:

Se elaboró un vuelo de dron, con la finalidad de obtener la representación del terreno, para ello se utilizó el programa agisoft con el que se obtuvo la ortofoto del sector posterior a ello, con el software ArcGIS se consiguió las curvas de nivel y se elaboró el mapa final.

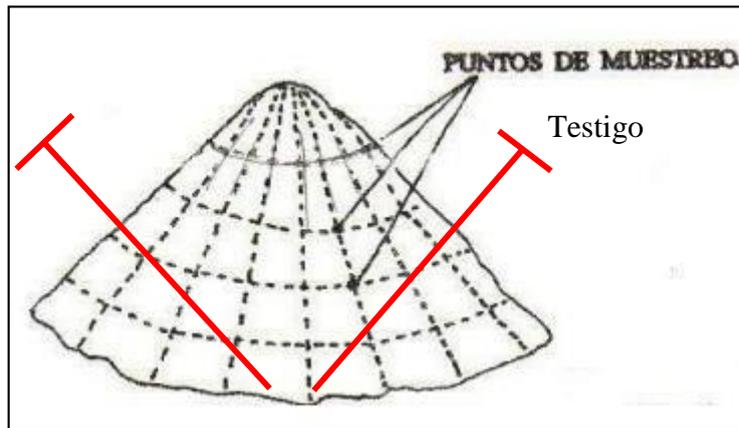
Se realizó la descripción del proceso de beneficio al que se somete el material extraído del yacimiento, con el fin de conocer las características del relave y el proceso detallado para llegar a él.

5.3.1.2. Caracterización geológica: Mediante recorridos y uso de las de fichas de campo (Ver Anexo 7), se realizó el levantamiento de afloramientos naturales y artificiales, el cual permitió determinar las condiciones y a su vez relacionarlas con la hoja geológica del lugar

5.3.1.3. Muestreo: se realizó la recolección de muestras a través del método aleatorio en pilas, debido a que es la manera en la que se disponen los relaves se recolectó un total de tres muestras de dos kilos, con el siguiente procedimiento:

1. Se definió una malla de muestra como se muestra en la siguiente Figura 10.

Figura 10. Muestreo



2. El cono se dividirá en forma imaginaria en secciones aproximadas de 1m^2 , procediendo a tomar porciones de muestra en aleatorio, tomando mayor cantidad de muestra en la parte inferior del cono, disminuyendo hacia la parte alta.
3. La cantidad de muestra a tomar debe ser como mínimo 5 kg, de muestra cada 10 toneladas.
4. Para obtener una muestra representativa de la pila, no es conveniente formar pilas mayores a 200 ton, luego de tomada la muestra se procede a reducir la misma por cuarteos sucesivos.
5. La muestra significativa se colocará en envases plásticos con su respectiva etiqueta

La información de las muestras fue recolectada en la ficha de trabajo correspondiendo (ver Anexo 1).

Figura 11. Herramienta de muestreo



5.3.1.3. Características físico-química de los relaves: Se desarrolla con el fin de disponer de un análisis ácido-base descriptivo de minerales capaces de producir drenaje ácido o alcalino minero, potencial de procesos de lixiviación y de determinar concentraciones de elementos potencialmente tóxicos.

Se determinaron parámetros como densidad, peso específico, Ph y conductividad eléctrica. El procedimiento se menciona a continuación.

- ❖ **Densidad:** Se determinó por el método del picnómetro (Ver Figura 12), el cual consiste en llenar el picnómetro de agua y pesar (M1). Luego colocar la mezcla del líquido y el sólido previamente secado, a continuación, se eliminan las burbujas de aire por completo. Finalmente, se debe pesar en la balanza analítica y obtener el peso con la respectiva fórmula.

Figura 12. Análisis de densidad



- ❖ **Ph:** se utiliza el peachímetro, el cual es un instrumento que mide la actividad del ion hidrógeno en soluciones acuosas, indicando su grado de acidez o alcalinidad, para ello hay que sumergir los electrodos en la muestra como se muestra en la Figura 13.

Figura 13. Análisis del Ph



- ❖ **Conductividad eléctrica:** se utiliza un instrumento denominado conductímetro (Ver Figura 14) el cual determina la conductividad eléctrica de los iones en una solución. El equipo aplica un campo eléctrico entre dos electrodos y realiza una medición de la resistencia eléctrica en la disolución.

Figura 14. Análisis de la conductividad



- ❖ **Granulometría:** se utilizó el método del hidrómetro el cual consiste en preparar 1.000 ml de una solución de aproximadamente 50g de material pasante por el tamiz #40 (Ver Figura 15), agitarla y posteriormente dejarla reposar para que se produzca la sedimentación de las partículas. Durante este proceso, se toman lecturas con el hidrómetro a diferentes tiempos (usualmente a los 15 s, 30 s, 1 min, 2 min, 4 min, 15 min, 30 min, 1 h, 2 hs, 4 hs, 8 hs, 16 hs, y 24 hs).

Figura 15. Análisis granulométrico



- ❖ Para obtener los parámetros de salinidad, TDS y DO, se utilizó un equipo denominado multiparámetro.

- ❖ **Espectrofotometría de absorción atómica:** Estos ensayos se lo realizó con la finalidad de conocer que elementos se encuentran en el relave y la posible existencia de minerales penalizadores.

5.3.2. Metodología para el segundo objetivo: Establecer un posible sistema de tratamiento de los relaves producto del filtro prensa del área minera.

Para que un relave no sea tóxico y no genere problemas ambientales, se debe optar por medidas que neutralicen sus efectos negativos, es por ello que luego de obtener el relave producto del filtro prensa se propuso un tratamiento considerando las características físico-químicas previamente obtenidas, asimismo, se considera lo siguiente:

- ❖ **Contenido de humedad:** Se realiza una comparación entre el contenido de humedad de entrada y el proporcionado por el filtro prensa, según eso se puede propuso modificaciones al filtro actualmente utilizado.
- ❖ **Ph:** Considerando los índices de pluviosidad de la zona y el resultado del ensayo, se analizó el grado de acidez o basicidad del relave y función a este parámetro se eligió un tratamiento con el fin de estabilizarlo a niveles normales.
- ❖ **Espectrofotometría de absorción atómica:** El ensayo indica que minerales se encuentran, y su grado de influencia en la contaminación del relave y del agua.

5.2.3.1. Posibles tratamientos: Se consideró el contenido de cianuro y los metales pesados provenientes del beneficio, por lo que se analizó diferentes tipos de tratamientos: químicos, físicos y biológicos, para la remoción de estos componentes, lo que permitirá reducir la concentración de estos contaminantes en las colas.

Fitorremediación: Se propone el uso de especies vegetales que ayuden a la disminución de contaminantes como el cianuro y demás, es por ello que se identificó cuáles serían las especies capaces de soportar y absorber estos elementos en su organismo.

Tratamientos físicos: Se definió el sistema de tratamiento de relaves y de las aguas superficiales y subterráneas, recolectadas en los sistemas de drenaje o la proveniente del proceso de beneficio.

5.2.4. Metodología para el tercer objetivo: Proponer un método adecuado para la disposición final de los relaves de acuerdo a sus propiedades.

Con el fin de cumplir con la normativa vigente y prevenir la contaminación por la descarga de residuos minero que puedan ser tóxicos, se propuso un método adecuado para la

disposición de los relevas, considerando el tonelaje diario, la morfología y topografía del terreno.

Para proponer un método se siguió el siguiente procedimiento:

1. Se definieron los rasgos topográficos y la existencia de depresiones o morfologías adecuadas para ubicar el depósito de relaves.
2. Se definieron rasgos geológicos y estructurales regionales, del suelo y su relación con la favorabilidad para ubicar el depósito de relaves. Se utilizó la hoja geológica y una breve descripción visual en campo del material que se encuentra.
3. Se identificó procesos de inestabilidad de laderas, con énfasis en remoción en masa y erosión e intervenciones antrópicas que afecten la ubicación del depósito de relaves.
4. Se identificó y caracterizó el agua subterránea – acuíferos sobre las áreas potenciales donde se ubicará el depósito de relaves, para ello se realizó un mapa con los cuerpos de agua del sector.
5. En base a las características del relave se definió el medio transporte utilizado para llevarlas al destino temporal-final.
6. Se determinó el método de disposición de relaves filtrados.

6. Resultados

6.1. Información general del área de estudio

La concesión minera “Joya del Oriente II código 501381” comprende una superficie de 26 hectáreas para la extracción de material metálico. Los datos importantes y de mayor relevancia son enunciados en la siguiente tabla:

Tabla 2. Materiales de campo y de oficina

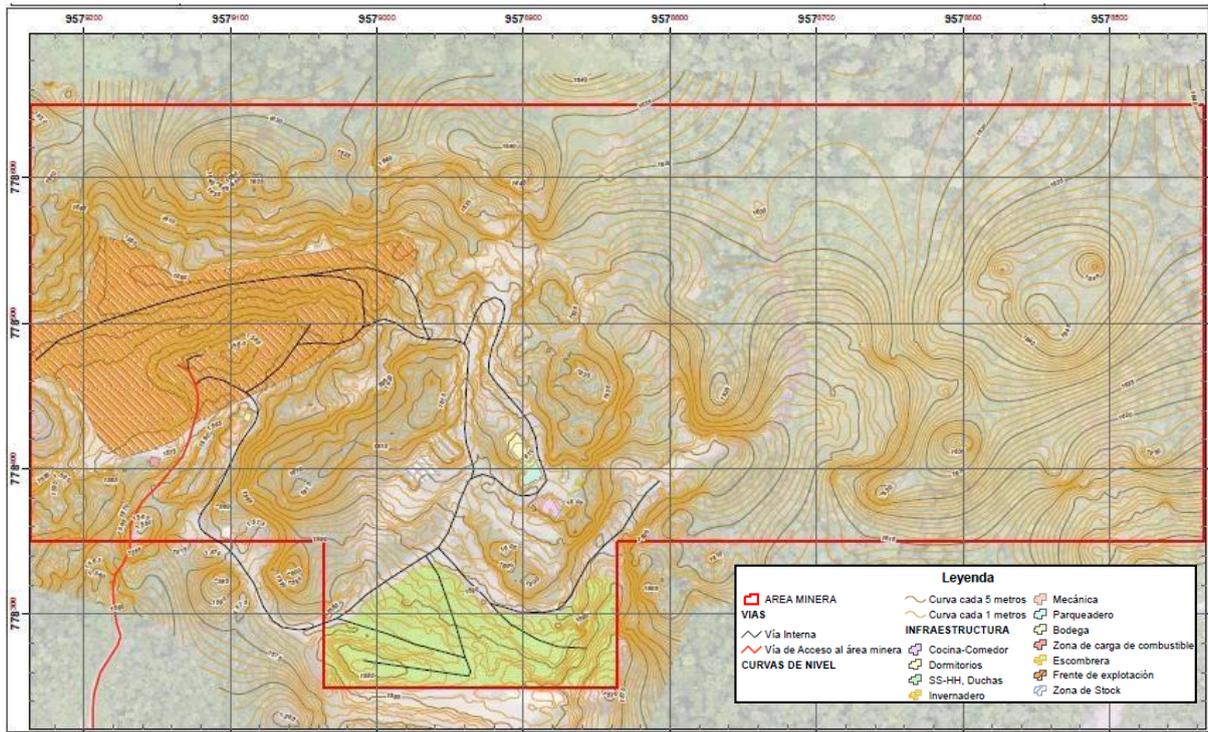
Área minera Joya del Oriente II código 501381			
Nombre del área	JOYA DEL ORIENTE II		
Código	501381		
Régimen	PEQUEÑA MINERÍA		
Fase del recurso	Exploración Explotación		
Ubicación Política	Provincia: Zamora Chinchipe Cantón: Yanzatza Parroquia: Los Encuentros Sector: El Zarza-Bellavista		
Ubicación geográfica	Punto PP.	Este	Norte
	1	778600	9579600
	2	778900	9579600
	3	778900	9578800
	4	778600	9578800
	5	778600	9579200
	6	778500	9579200
7	778500	9579400	
Superficie	26 hectáreas		
Titular	Sociedad Minera Joya del Oriente Norte		

Nota: (Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables, 2022)

6.1.1. Topografía

El área minera cuenta con infraestructura básica como cocina, comedor, dormitorio, baños, mecánica, parqueadero, bodega, correspondiente al campamento, adicional se encuentra la zona de stock, la escombrera y el frente de explotación abarcando una extensión total de 26 ha. La Figura 16 muestra la topografía del área.

Figura 16. Topografía del área minera Joya del Oriente II



Nota. Sociedad Minera “Joya del Oriente” (2023)

A mayor detalle revisar el Anexo 3.

6.1.2. Geología Local

El área minera Joya del Oriente II se encuentra dispuesta sobre la Formación Hollín, misma que esta suprayacente en toda el área de estudio, dispuesta a lo largo de las montañas prominentes y discontinuas del sector, característicos de la morfología de la Cordillera del Cóndor. Subyaciendo se encuentra la formación Misahuallí la cual se encontraron los siguientes afloramientos:

❖ Afloramiento 1

Se encuentran aflorando rocas desintegradas y/o descompuestas (saprolito), es caracterizado por su tonalidad gris verdoso, presenta una potencia de aproximadamente 15 m (Ver Figura 17.), es poco cohesivo, cizallado, se distingues minerales secundarios como pirita (diseminada), cuarzo, carbonatos de calcio, manganeso y clorita.

Figura 17. Afloramiento 1



Coordenadas UTM: X: 778557E; 9578918N

❖ **Afloramiento 2**

En este afloramiento se presenta una zona de stockwork (Ver Figura 18) con veta de cuarzo (potencia mayor a 2 m), con rumbo E-O y buzamiento 80°, adicionalmente se tiene la presencia de cantos rodados mineralizados.

Figura 18. Afloramiento 2



Coordenadas UTM: X: 778598E; 9578894N

❖ **Depósito coluvial**

Se encuentra en el centro del área de estudio, está conformado por material consolidado de arcillas, arenas y bloques, cubiertos por vegetación.

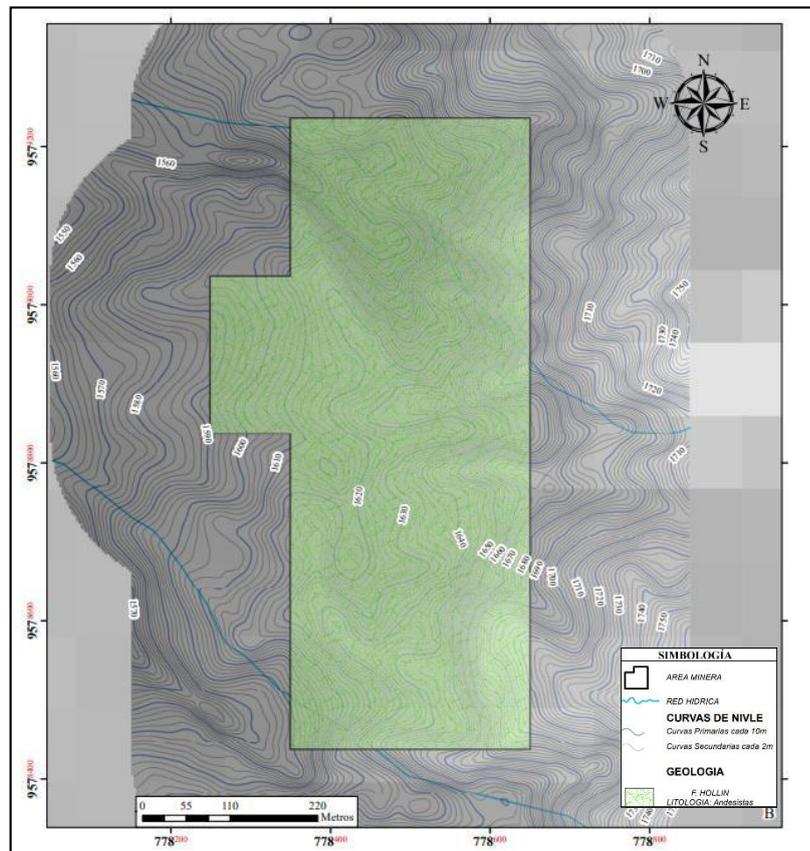
Figura 19. Afloramiento 3



Coordenadas UTM: X: 778534E; 9578869N

Finalmente se elaboró el mapa geológico (Ver Figura 20).

Figura 20. Geología Local



A mayor detalle revisar el Anexo 4.

6.1.3. *Clima*

La temperatura media anual de la Parroquia Los Encuentros oscila entre los 17 y 21°C; las zonas con alta temperaturas cuyos valores van desde los 19 hasta los 23 °C, mientras que las zonas más frías poseen valores que fluctúan entre los 15 a 18°C, los mismo que pueden estar relacionados directamente con los rangos altitudinales.

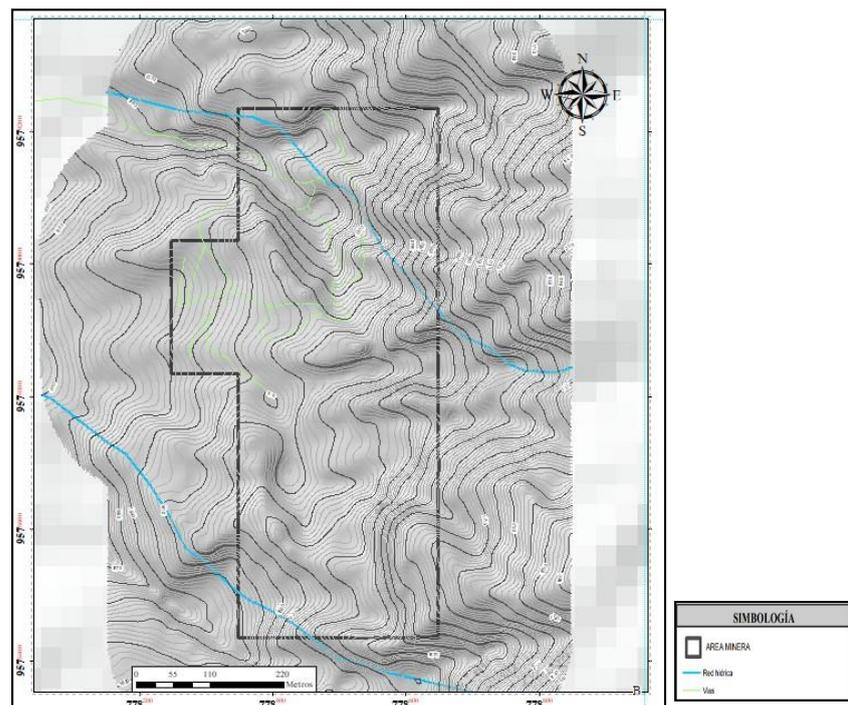
Los Encuentros se halla representada completamente por el clima Fluvial, el cual es cálido, húmedo y con lluvias significativas en la mayoría de los meses del año, mientras que su temperatura promedio es superior a 17,9 °C, precipitación que va desde los 1 750 mm a los 3 000 mm. (GAD Parroquial de Los Encuentros, 2019, pp. 34-39).

6.1.4. *Hidrografía*

La parroquia de Los Encuentros recibe el aporte de la cuenca hidrográfica del río Nangaritzza. A lo largo de su curso recibe aportes de afluentes menores que nacen en las zonas altas de las cordilleras y que forman las microcuencas de las quebradas de Muchime. El sistema hídrico está caracterizado por la presencia de todo tipo de drenajes menores que se encuentran ubicados en los valles que desembocan en los ríos Zamora y Nangaritzza, siendo parte esencial del aporte potencial del sistema hídrico (GAD Parroquial de Los Encuentros, 2019, pp. 47-48).

La siguiente Figura 21, muestra la hidrogeología del lugar, en el cual atraviesa dos quebradas.

Figura 21. Hidrografía

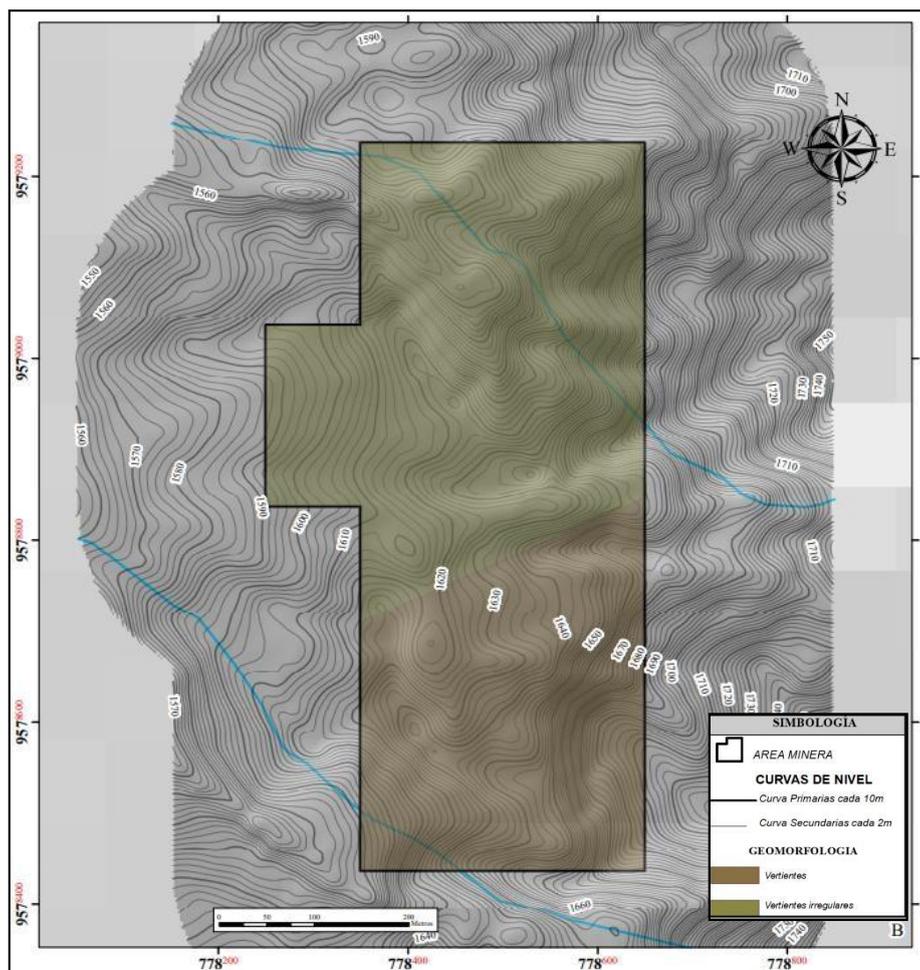


6.1.5. Geomorfología

En la parroquia Los Encuentros existen 18 unidades geomorfológicas siendo la formación de relieve colinado muy alto la más predominante, con una cobertura del 19,76% (9 408,33 has) del territorio parroquial, seguida de la Vertiente de mesa, con 14,87% (7 082,23 has), el Relieve colinado medio con una superficie de 12,96 % (6 170,46 has), y el relieve montañoso con una superficie de 12,04%, (5 731,99) has. A diferencia de las formaciones con menor extensión parroquial como lo son Superficie de cuesta, superficies que no aplican y Frente de cuesta, con unas superficies de 249,65; 319,27; 343,72 has, respectivamente (GAD Parroquial de Los Encuentros, 2019, p. 56).

En el área minera se encuentra dos tipos de geoformas, en la parte norte se presentan relieves inclinados, situados entre los puntos altos y en la parte sur se encuentran con menor porcentaje de vertientes irregulares (Ver Figura 22).

Figura 22. Geomorfología del área de estudio

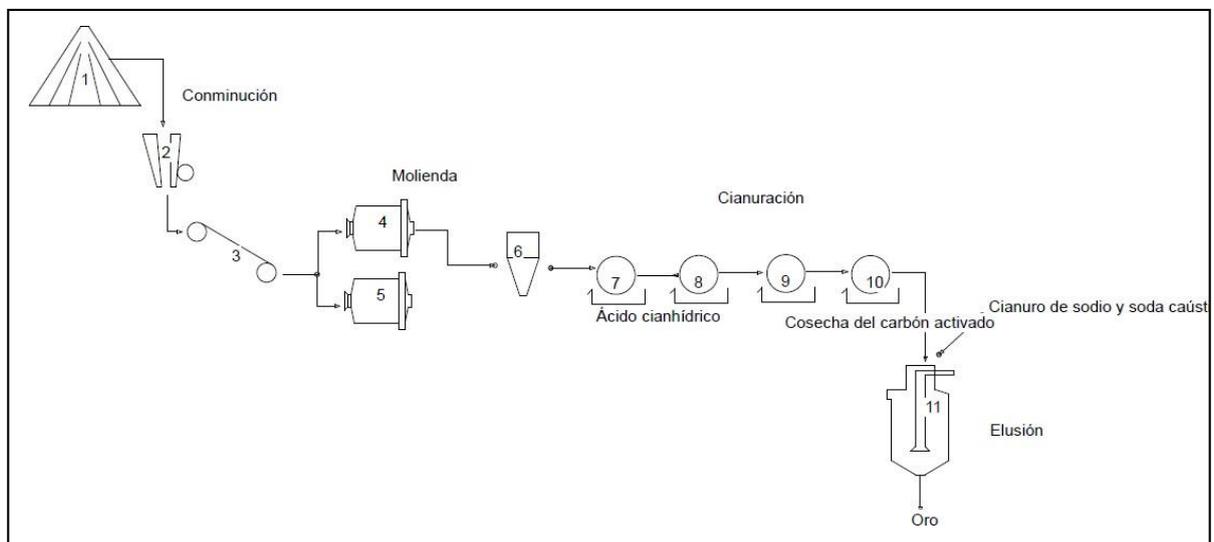


A mayor detalle revisar el Anexo 5.

6.1.6. Descripción del proceso de beneficio

El material es receptado en el área de stock y luego es acarreado hacia la tolva primaria, en donde se dirige el material hacia la trituradora de mandíbula, posterior se realiza la clasificación del mineral y es transportado a través de una banda transportadora, el material es procesado en los molinos chilenos. La pulpa obtenida de molienda es llevada hacia los tanques de lixiviación en donde se utiliza cianuro, carbón activado y disolución de oro para recuperar el mineral valioso, el carbón atrapa el oro y se extrae, finalmente el carbón cargado es llevado hacia los tanques de elusión donde se termina el proceso. La Figura 23 resume el proceso previamente descrito.

Figura 23. Proceso de beneficio



6.2. Resultados del primer objetivo

6.2.1. Caracterización del relave

El relave es de naturaleza polimetálica sulfurado, con alto contenido de metales pesados de cobre, plomo, zinc, hierro, cadmio, arsénico. Esta naturaleza hace que el relave sea un potencial generador de aguas ácidas del medio circundante, es por ello que se determinaron las siguientes características.

6.2.2. Caracterización física-química

A través de métodos como ensayo al fuego (oro), absorción atómica y copelación en barras doré (oro), se analizaron los elementos oro, plata, cobre, plomo, cinc, arsénico, hierro, mercurio y cadmio. El resultado fue comparado con la normativa vigente TULSMA Anexo 1, el cual se muestra a continuación (Ver Tabla 3).

Tabla 3. Caracterización física química de las muestras de relave

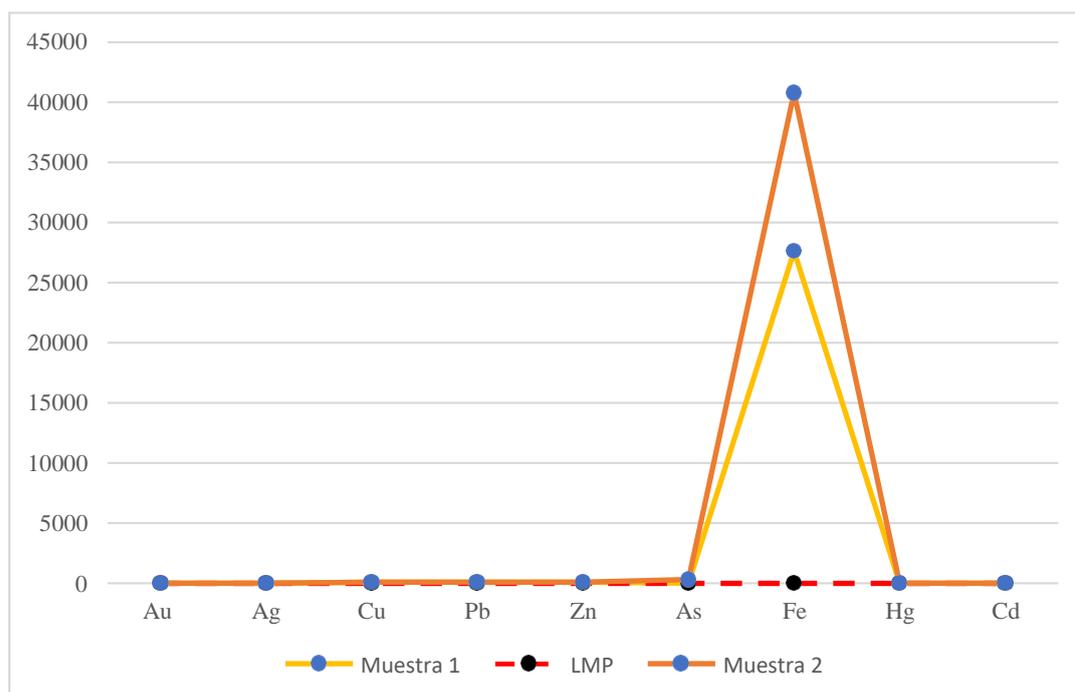
Mineral	Muestra 1	Muestra 2	LMP (mg/L)
Au g/ton	0.43	1.65	1.5
Ag g/ton	4.89	2.16	2
Cu mg/L	100	100	0.5
Pb mg/L	100	100	0.2
Zn mg/L	100	100	1.5
As mg/L	0	300	0.1
Fe mg/L	27600	40800	2
Hg mg/L	0	0	0.002
Cd mg/L	0	0	0.04

Nota: Albexxus Laboratorio Metalúrgico, (2023)

En la muestra 1, se observa que la mayoría de elementos se encuentran fuera del rango establecido, por lo que se debe minimizar su concentración.

La Figura 24. Indica de manera gráfica la distribución de los resultados.

Figura 24. Caracterización físico-química del relave



Los resultados proporcionados por el laboratorio se encuentran en el Anexo 9.

6.2.3. Propiedades físicas del relave

De acuerdo a los resultados obtenidos de las 3 muestras de relaves (Ver Tabla 4), se obtuvo que la muestra (MR-JO-01) tiene un peso específico de 2.730, un Ph de 10.410, una conductividad de 2.04; mientras que la muestra 2 (MR-JO-02) tiene un peso específico de 2.745, Ph de 10.380 y la conductividad de 2.1; y la última muestra (MR-JO-03) con un peso

específico de 2.762, Ph de 10.370 y la conductividad de 2.08, estos valores exceden los LMPs, considerándose como un relave alcalino.

Tabla 4. Propiedades físicas del relave

Fecha:	21.04.2023			
Solicitante:	Ing Luis Cuenca			
Peso Específico				
COD (Muestra)	W. agregado	W. recip. Lleno H2O	W. agre. + H2O	Peso Especifico
MR-JO-01	30	147,66	166,67	2,730
MR-JO-02	30	147,66	166,73	2,745
MR-JO-03	30	147,66	166,8	2,762
Observaciones: Ensayo realizado por el método del picnómetro.				
pH				
COD		pH		Temperatura (°C)
MR-JO-01		10,410		19,6
MR-JO-02		10,380		19,6
MR-JO-03		10,370		19,6
Conductividad				
COD		mS		Temperatura (°C)
MR-JO-01		2,04		19,6
MR-JO-02		2,1		19,6
MR-JO-03		2,08		19,6

6.2.4. Análisis de granulométrico

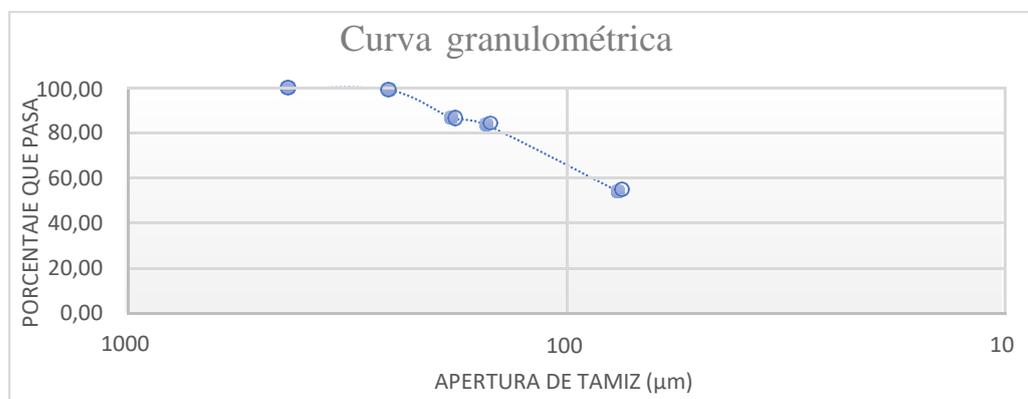
Tabla 5. Caracterización física química de las muestras de relave

ANÁLISIS DE GRANULOMÉTRICO					
PROCEDENCIA	Joya del Oriente II	MUESTRA:	Relave		
SOLICITANTE:	Ing. Luis Cuenca				
FECHA:	30/3/2023				
Cantidad de Muestra:	557,3				
MICR	TAMIZ	RETENIDO (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
425	N° 40	0,00	0,00	0,00	100,00
250	N° 60	5,10	0,92	0,92	99,08
180	N° 80	68,80	12,35	13,27	86,73
150	N° 100	17,80	3,19	16,46	83,54

75	N° 200	164,70	29,55	46,01	53,99
	PASA N°200	300,90	53,99	100,00	0,00
TOTAL		557,30	100,00		

La Figura 25, detalla la curva granulométrica.

Figura 25. Curva granulométrica



6.2.5. Análisis de la cianuración del relave

De acuerdo a los resultados obtenidos de las muestras de relave en cianuro (Ver Tabla 6), supera los límites máximos permisibles (1g/m³) según el acuerdo con el Acuerdo Ministerial No. 227 del Ministerio del Ambiente de Ecuador (2018), en las 4 muestras.

Cabe recalcar que la muestra M-01 dio como menor cantidad de cianuro (300 CN⁻ g/m³), mientras que las muestras M-02 y M-03 del relave dio los valores más altos de cianuro dando 800 y 900 CN⁻ g/m³, muy por encima del límite máximo permisible.

Tabla 6. Análisis de la cianuración del relave

N° de muestras	g/m ³	LMP
M-01	100 CN ⁻	
M-02	250 CN ⁻	1 g/m ³
M-03	200 CN ⁻	

6.3. Resultados del segundo objetivo

Los lodos previamente decantados en el tanque clarificador/espesador, serán tratados mediante un filtro prensa modelo (JINGJIN), mismo que permite separar la parte líquida de la sólida, facilitando su tratamiento.

En lo que respecta al tratamiento de los relaves sólido producto del filtro prensa, estos serán deshidratados permitiendo reducir hasta un 90 % el contenido de humedad de los lodos, este material al presentar un estado más seco facilita su transporte hacia la disposición final de relaves donde se depositarán para su eliminación.

Mientras que para tratar la parte líquida provenientes del filtro prensa, se prevé establecer un sistema de fitorremediación y de ser necesario implementar procesos químicos.

Tabla 7. Ficha técnica del filtro prensa JINGJIN

Modelo	<i>JINGJIN</i>
Tipo	<i>XMZ200/1500-UI</i>
Área de filtración	<i>200 m²</i>
Presión de prensado hidráulico	<i>24 Mpa</i>
Contrapresión	<i>30 Mpa</i>
Agujero de anclaje	<i>5700 mm</i>
N-° de placa	<i>51 Pcs</i>
Presión de filtración	<i>0.8Mpa</i>
N-° de serie	<i>180611442</i>
N-° de tarea	<i>B18</i>
Peso	<i>18.500 kg.</i>
Dimensiones	<i>7250 mm (largo) x 2000 mm (ancho) x 2080 mm (alto).</i>
Presión de trabajo	<i>0,6 MPa</i>

6.3.1. Ph

De acuerdo con los resultados obtenidos del Ph (Ver Tabla 4) se encuentra en estándares adecuados para el agua de relaves con contenido de cianuro (9 a 12), lo cual no atenta con la seguridad trabajadores. Cabe decir que los valores de ph menor a 9 o mayores a 12, son altamente perjudiciales para el ambiente.

6.3.2. Fitorremediación

La fitorremediación permite minimizar el contenido de cianuro y altas tasas de eliminación de diversos metales pesados como: hierro (Fe), zinc (Zn), cobre (Cu), cromo (Cr), cadmio (Cd), manganeso (Mn), mercurio (Hg) y arsénico (As), provenientes del beneficio y con ello mantenerse entre los límites máximos permisibles. Se propone el uso de especies vegetales que ayuden a la disminución de contaminantes como el cianuro y metales, es por ello que se identificó cuáles serían las especies capaces de soportar y absorber estos elementos.

Para ello se propone utilizar las plantas acuáticas escogidas para este proyecto de investigación, donde se utiliza la planta Lirio de agua, cuyo objetivo tiende a disminuir la contaminación de cianuro.

Se las utilizara por un período de 30 días, con la renovación de las plantas cada 5 días. Estas plantas poniendo a la piscina de fitorremediación cuyas dimensiones serán de 20 metros de largo, 12 de ancho y una profundidad de 0.7 metros, que será cubierta por este tipo de planta, en donde se agregaran las 2 plantas por litro. Con este procedimiento se obtendría una remoción de cianuro del 75% lo cual demuestra que dichas plantas tienen una muy buena eficiencia removiendo compuestos tóxicos del cianurado.

Esta investigación ya fue realizada por estudio similares, según Jaramillo y Buitrago (2016) quienes formularon un análisis “sobre el manejo de macrofitas acuáticas en la acumulación y transformación de cianuro producto del beneficio del oro en la mina la Coqueta”. Y con este proceso se bajaría el porcentaje de cianuro tomado anteriormente.

Este tratamiento se considera importante y ambientalmente seguro y económicamente viable. A continuación, la Tabla 8 muestra la disminución del cianuro en un periodo de 30 días, con un porcentaje de remoción de 75%.

Tabla 8. Porcentaje de remoción del cianuro en 30 días

N° de muestras	g/m ³	g/m ³ en 30 días	% Remoción
M-01	100 CN ⁻	25 CN ⁻	75%
M-02	250 CN ⁻	62.5 CN ⁻	75%
M-03	200 CN ⁻	50 CN ⁻	75%

Para llegar a los límites máximos permisibles de 1g/m³, se llevará a cabo aplicar procesos químicos en el relave. En este proceso se utilizará el hipoclorito (ClO⁻) para reducir el cianuro (CN⁻), que es un compuesto menos tóxico y más fácilmente tratable. Para la implementación del hipoclorito se aplicará medio ml, por cada litro de agua con cianuro.

Figura 23. Planta Lirio de agua en cianuro



Aplicando este método reducirá el cianuro de manera eficaz con un porcentaje de 90% (Ver Tabla 9).

Tabla 9. Porcentaje de remoción del cianuro en 30 días por proceso químico (hipoclorito)

N° de muestras	g/m³	g/m³ en 30 días	% Remoción
M-01	100 CN ⁻	10 CN ⁻	90%
M-02	250 CN ⁻	25 CN ⁻	90%
M-03	200 CN ⁻	20 CN ⁻	90%

Con la aplicación de estos dos métodos (fitorremediación -proceso químico) se podrá emplear de manera individual y combinada.

Cabe recalcar que con la aplicación de la fitorremediación y del proceso químico se disminuirá el contenido de cianuro, hasta llegar el límite máximo permisible establecida de la norma vigente.

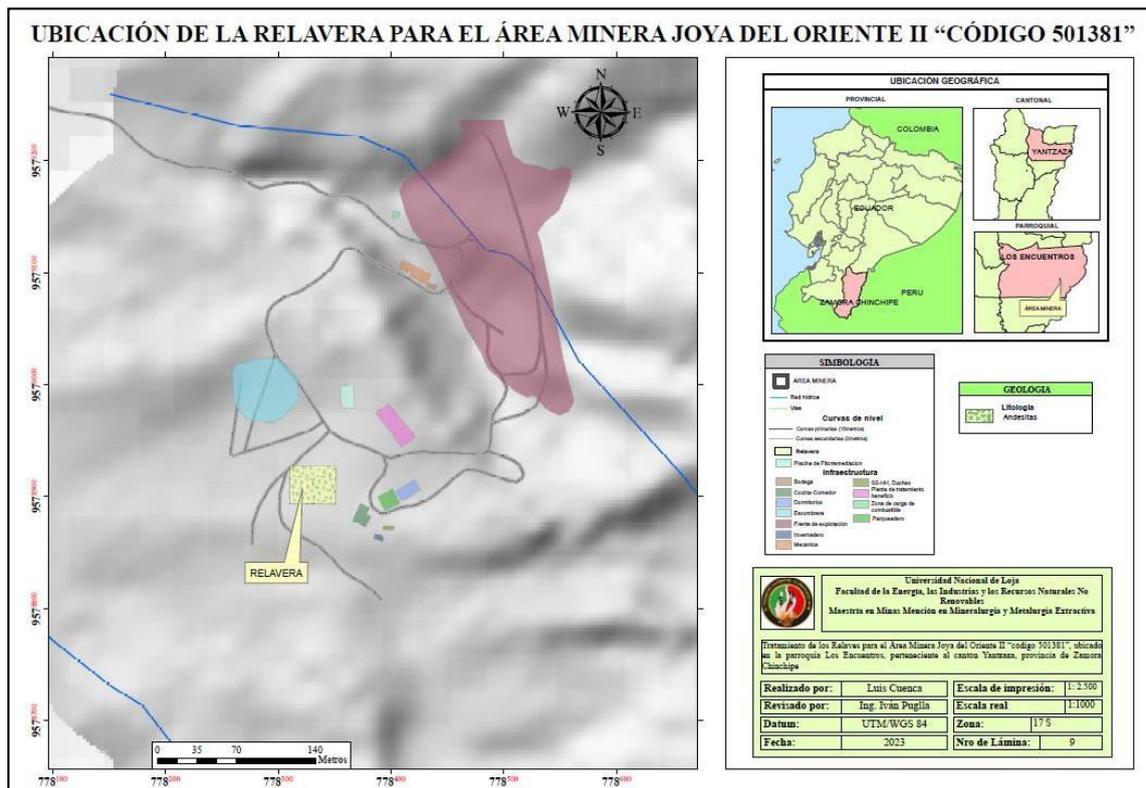
6.4. Resultados del tercer objetivo

La disposición de los relaves se procedió a realizar de acuerdo a la producción diaria (150 ton/día), además tomando en cuenta la topografía más adecuada para su disposición en el área minera Joya del Oriente II (Ver Figura 24).

Esta será ubicada en la parte centro del área de estudio a uno 150 metros aproximadamente de la relavera y a unos 120 metros del campamento. Con el fin de cumplir con la normativa vigente y prevenir la contaminación por la descarga de residuos mineros que puedan ser tóxicos.

Los rasgos geológicos y estructurales están compuestos por andesitas lo cual favorece en relación del suelo para poner realizar su disposición final de los relaves.

Figura 24. Disposición final de los relaves



Para la disposición final de relave se consideró la zona más idónea para su emplazamiento en la cual no se ve afectada por ningún tipo de fenómeno natural o antrópico, que impida desarrollar con normalidad esta actividad.

Se tomó en cuenta los parámetros hidrológicos para la ubicación de los relaves, donde se evidencio la presencia de dos redes hídricas; la primera quebrada se encuentra a una distancia de 250 m hacia el Nor-este, mientras que la segunda quebrada está a unos 300m en dirección hacia el Sur, por lo que se desprecia cualquier afectación por parte de estas redes hídricas especialmente en época invernal.

Para el transporte de los relaves se lo realizar mediante el uso de la maquinaria de la concesión para el acarreo y transporte hacia la zona de disposición final de los relaves. El método para la disposición de relaves consiste en transportar los lodos previamente tratado y deshidratados en el filtro prensa, a través de volquetas hacia la zona de disposición de los relaves, mientras que las aguas producto del filtro prensa, como las aguas de escorrentía depositadas en las relaveras de la concesión, serán bombeadas hacia una piscina de fitorremediación para su tratamiento, y luego pasa a un tanque de aireación para ser oxigenada, permitiendo así la reutilización para los procesos de mina.

7. Discusión

Todos los proyectos mineros de explotación de oro tanto de mediana y gran escala cuentan con depósitos de relaves que acumulan materiales sólidos finos que se descartan en la obtención de los valores metálicos de aprovechamiento. La composición de los sólidos sedimentados en los depósitos de relaves es muy variada y depende de las características del mineral y de los procesos (físicos, químicos y metalúrgicos) a los cuales ha sido sometido. (Tchernitchin, 2006).

El presente trabajo analizó las propiedades, físico químicas y mineralógicas del relave, en él se determinó que el contenido de cianuro y metales esta por fuera de los límites máximos permisibles (LMP), requiriendo de un tratamiento para minimizar las concentraciones del mismo. En lo que respecta al análisis de absorción atómica, se encontró que la plata es el único mineral que se encuentra fuera del LMP. En las propiedades físicas se determinó un pH de 10.5 que está dentro de un rango aceptable para relaves con contenido de cianuro.

Germán (2023), en su estudio “Diseño de un sistema de fitorremediación de efluentes contaminados con cianuro para la empresa SOCIEDAD MINERA DE HECHO JOYA DEL ORIENTE NORTE” determinó cianuro total de 192.8 mg/l sin embargo en el estudio presente se determinó un rango de 300 mg/L a 800 mg/L, de igual manera con el cobre el estudio da un total de 11.97 mg/L y el presente trabajo de 100, estos resultados se pueden corroborar a través del ensayo de absorción atómica.

Los lodos obtenidos del proceso de cianuración serán deshidratados por medio de un filtro prensa, Micronics (2020) menciona que la operación de deshidratación utilizando dos filtros de 1.200 mm, dio como resultado la recuperación de ~80% del agua limpia en la pulpa, permitiendo la reutilización económica del agua en la planta de procesamiento de la mina. El filtro que posee la compañía puede reducir hasta un 90%, lo que facilita el transporte hacia la disposición final en donde recibirá un tratamiento.

El tratamiento determinado es fitorremediación, por medio de la especie acuática Lirio de agua, Carrión y otros, (2012) en su estudio “Aprovechamiento potencial del lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) en Xochimilco para fitorremediación de metales” mencionan que estas especies se consideran acumuladoras y por tanto con potencial de fitorremediación cuando presentan tolerancia a los metales. No obstante Rodríguez-Lara y otros., (2022), el lirio puede tolerar amplias variaciones en la concentración de nutrientes, sin embargo un pH óptimo para su entorno consiste entre 9 a 12; considerando que existe un valor de 10.5. el cual es idóneo

para que el lirio pueda reducir al máximo las concentraciones de cianuro y metales presente en los relaves.

8. Conclusiones

- ❖ El relave de la mina Joya del Oriente II es de naturaleza polimetálica sulfurado con alto contenido de metales pesados, lo que lo convierte en un potencial generador de aguas ácidas en el medio ambiente circundante.
- ❖ Los elementos oro, cobre, plomo, zinc, arsénico, hierro, mercurio y cadmio están presentes en los relaves, y en general, los resultados del análisis físico-químico indican que la mayoría de los elementos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles. El peso específico, pH y conductividad de las muestras de relave indican que el relave es alcalino y puede contener altos niveles de sales.
- ❖ La fitorremediación depende de varios factores, como la cantidad y tipo de contaminantes presentes en el suelo, el tipo de planta utilizada y las condiciones ambientales. Sin embargo, en general, se ha demostrado que la fitorremediación es una técnica efectiva y económica para la eliminación de contaminantes del cianuro presente en el relave.
- ❖ La especie lirio de agua utilizadas en la fitorremediación pueden acumular, transformar o degradar los contaminantes a través de procesos biológicos, como la fitoextracción, la fitodegradación y la fitoestabilización. Este proceso tuvo una eficiencia del 75% de remoción del cianuro.
- ❖ Para llegar a los límites máximos permisibles de $1\text{g}/\text{m}^3$, se llevará a cabo aplicar procesos químicos en el relave, esto con el empleo del hipoclorito (ClO^-) para reducir el cianuro (CN^-) de manera eficaz, con un porcentaje de 90%. Cabe decir el proceso químico es más eficiente que la fitorremediación para la reducción del cianuro.
- ❖ De acuerdo con los resultados obtenidos del Ph se encuentra en estándares adecuados para el agua de relaves con contenido de cianuro (9 a 12), lo cual no atenta con la seguridad trabajadores. Cabe decir que los valores de ph menor a 9 o mayores a 12, son altamente perjudiciales para la salud.
- ❖ La disposición final de los relaves tratados se debe realizar de acuerdo con las regulaciones ambientales y con la consideración de las características físicas y químicas de los relaves tratados, para evitar la generación de aguas ácidas y otros problemas ambientales.
- ❖ Los resultados de la investigación indican que los relaves de la mina Joya del Oriente II requieren un tratamiento adecuado para mitigar su impacto ambiental y reducir los riesgos para la salud humana. El sistema de tratamiento propuesto y la disposición final de los

relaves deben ser cuidadosamente considerados para garantizar una gestión ambientalmente responsable de los residuos mineros.

9. Recomendaciones

- ❖ Tomar en cuenta la dosificación del cianuro en el proceso de tratamiento y beneficio del área minera, con la finalidad de evitar la saturación por cianuro.
- ❖ Si bien la mayoría de los elementos presentes en los relaves se encuentran dentro de los límites máximos permisibles, es importante monitorear constantemente el medio ambiente circundante y los niveles de contaminación para evitar riesgos para la salud humana y los ecosistemas.
- ❖ La fitorremediación sigue siendo una técnica efectiva y económica para la eliminación de otros contaminantes presentes en el relave, como el cianuro, y se puede considerar como una opción complementaria para el tratamiento de los relaves.
- ❖ Es recomendable tener un constante monitoreo del ph de los relaves con cianuro, ya que valores menores a 9 de ph, puede ocasionar gases que son perjudiciales para la salud e incluso ocasionar la muerte del personal.
- ❖ Es importante considerar la disposición final de los relaves tratados de acuerdo con las regulaciones ambientales y las características físicas y químicas de los relaves tratados para evitar la generación de aguas ácidas y otros problemas ambientales.
- ❖ Revisar el proceso de beneficio debido a que en la muestra 2 se encontró una ley de cola de oro muy alta tomando en cuenta que otras plantas de beneficio trabajan con una ley mínima de 1 gr/ton.
- ❖ Para garantizar una gestión ambientalmente responsable de los residuos mineros, es fundamental que la empresa minera responsable asuma su responsabilidad y se comprometa a llevar a cabo prácticas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente. Esto puede incluir la implementación de tecnologías más limpias y la adopción de prácticas de gestión de residuos sólidos más eficaces.

10. Bibliografía

- Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables. (2022). *Geoportal de Catastro Minero*.
<https://arcmineria.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=27bfda03ce4342b3834a27010da857e5>
- Alfonso, M., & López, O. (2020). *Estandarizar los procesos relacionados con presas de relaves*. file:///C:/Users/Usuario/Downloads/presas-relaves-mme-2022.pdf
- ASTM D 4254. (1996). *Standar test method for minimum Index density and unit weight of soils anda calculation of relative density*.
- Baldeón, B. (2016). *Determinación de características Físico-Químicas del desmonte de mina, para su empleo en la construcción del dique de relaves*. Minera Alpamarca. [Universidad Nacional Hermillo Valdizan].
https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/2231/TII_Baldeon_Travezano_Clara.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Banco Central del Ecuador. (2014). *La minería ecuatoriana*.
- Carbotecnia. (2022). *PH ¿Qué es y cómo afecta en el agua? Purificación—Carbotecnia*.
<https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/quimica-del-agua/que-es-el-ph-del-agua/>
- Carrión, C., Ponce de León, C., Cram, S., Sommer, I., Hernández, M., & Vanegas, C. (2012). *Aprovechamiento potencial del lirio acuático (Eichhornia crassipes) en Xochimilco para fitorremediación de metales*.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952012000600007
- Casal, J., & Enric, M. (2003). *Tipos de muestreo*.
[http://mat.uson.mx/~ftapia/Lecturas%20Adicionales%20\(C%C3%B3mo%20dise%C3%B1ar%20una%20encuesta\)/TiposMuestreo1.pdf](http://mat.uson.mx/~ftapia/Lecturas%20Adicionales%20(C%C3%B3mo%20dise%C3%B1ar%20una%20encuesta)/TiposMuestreo1.pdf)
- Concha, F. (2014). *Solid-Liquid Separation in the Mining Industry*. Springer.
- Editorial Etecé. (2019). *Minería: Qué es, tipos, consecuencias y características*.
<https://humanidades.com/>. <https://humanidades.com/mineria/>

- FLSmith. (2021). *Soluciones de relaves: ¿Cómo filtrar las opciones?* FLSmith.
<https://www.flsmidth.com/en-gb/customer-stories/customer-stories-mining-2021/soluciones-de-relaves-como-filtrar-las-opciones>
- GAD Parroquial de Los Encuentros. (2019). *Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial del gobierno autónomo descentralizado parroquial rural Los Encuentro 2019-2023*. https://gadlosencuentros.gob.ec/wp-content/uploads/2021/12/PDyOT_LOS_ENCIENTROS-2019-2023_compressed.pdf
- Germán, P. (2023). *Diseño de un sistema de fitorremediación de efluentes contaminados con cianuro para la empresa SOCIEDAD MINERA DE HECHO JOYA DEL ORIENTE NORTE*.
- Lambert, Á. (2006). *Manual de muestreo para Exploración, minería subterránea y Rajo abierto*.
- Lara, J. (2013). *Experiencias de operación de depósitos de relaves espesados y filtrados*.
https://www.iimp.org.pe/pptjm/jm20131017_relaves.pdf
- Micronics. (2020, marzo 6). *Soluciones de gestión de relaves: Maximizar la reutilización del agua - Micronics, Inc.* Micronics Engineered Filtration Group, Inc.
<https://www.micronicsinc.com/es/filtration-news/tailings-management-solutions/>
- Ministerio de Energía y Minas del Perú. (2017). *Guía ambiental para el manejo de relaves mineros*.
<http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGAAM/guias/relaveminero.pdf>
- Portal Minero S.A. (2006). *Manual General de Minería y Metalurgia*.
- Ramírez, Nelson. (2007). *Guía técnica de operación y control de depósitos de relaves*.
<https://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2018/12/GuiaTecOperacionDepRelaves.pdf>
- Razmilic, B. (1994). *Control de calidad de insumos y dietas acuícolas*.
<https://www.fao.org/3/ab482s/AB482S04.htm>
- Rodríguez-Lara, J. W., Cervantes-Ortiz, F., Arámbula-Villa, G., Mariscal-Amaro, L. A., Aguirre-Mancilla, C. L., & Andrio-Enríquez, E. (2022). Lirio acuático (*Eichhornia crassipes*): Una revisión 1. *Agronomía Mesoamericana*, 33(1), 1-12.
- Salager, J. L., & Forgiarini de Guedez, A. (2007). *Fundamentos de la Flotación*.

Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile. (2019). *Preguntas Frecuentes sobre Relaves* [Deposito de relaves mineros]. <https://www.sernageomin.cl/preguntas-frecuentes-sobre-relaves/>

Sociedad Nacional de Minería Petroleo y Energía. (2007). *La Lixiviación*.

Universidad de Alicante. (2023). *DIFRACCIÓN DE RAYOS X. Servicios Técnicos de Investigación*. <https://ssti.ua.es/es/instrumentacion-cientifica/unidad-de-rayos-x/difraccion-de-rayos-x.html>

11. Anexos

Anexo 1. Mapa de ubicación del área minera “Joya del Oriente II”

Anexo 2. Mapa de la geología regional de la parroquia “Los Encuentros”

Anexo 3. Mapa del levantamiento topográfico

Anexo 4. Mapa de la geología local

Anexo 5. Mapa de la geomorfología

(Ubicados en el cd- Nro. 1)

Anexo 6. Ficha de recolección de muestras

Estudio del Relave Minero de La Planta de Beneficio <i>Joya del Oriente II</i> <i>“Código 50138”</i>			
Coordenadas	X	Código	
	Y		
	Z	Humedad	
Color		T° ambiente	
Textura		T° relave	
Observaciones			

Anexo 7. Ficha de caracterización geológica

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA EN SUPERFICIE						
AFLORAMIENTO						
Número de afloramiento	1	Código:	A. L.	Ubicación	Los Encuentros.	
Coordenadas	X: 778557.	Y: 9578918	Z:	Datum	WGS 84.	
Realizado por:	Luis Cuenca.		Formación/unidad	Mabucali		
Descripción:	Rocas desintegradas (Saprolita); corresponde a un yacimiento tipo stockwork.					
Litología:	Andesitas.		Medidas Estructurales	R E-0	D 80°	DD
Estructura	Pliegues		Fallas	Otros		
Grado de meteorización	Inalterada ()	Ligeramente alterada ()	Moderadamente alterada ()	Muy alterada (X)	Completamente Meteorizada ()	
Hidrogeología	Sin presencia de agua ()	Seco, sin señales de agua (X)	Húmedo ()	Goteo ()	Flujo ()	Caudal estimado ()
Esquema de afloramiento						
MATRIZ ROCOSA						
DESCRIPCION DE LA MATRIZ ROCOSA						
En la muestra se observa, minerales como cuarzo; sulfuros como pirita y carbonatos de manganeso.						
Nombre de la roca	Andesitas.		Código	01		
Color	Gris azulado.		Grupo	—		
Origen	Ígneo.		Textura	Alfonfio.		
Mineralogía	Vetas de cuarzo.		Estructura	—		
Estado de la roca	Moderadamente alterada.		Protolito	—		
Tipo de metamorfismo	—					
Fotografía						

Anexo 8. Resultados de Absorción atómica

MUESTRA 1



INFORME DE ENSAYO

Nº. 22788

Cliente	: <u>Jose Ordonez</u>
Dirección	: <u>Portovelo</u>
Tipo de Muestra	: <u>Mineral</u>
Envase	: Funda Plástica
Condición de la Muestra	: En buenas condiciones para analizar
Recepción de Muestra Nº	: 15860
Fecha de Recepción de Muestras	: 2023-03-27 10:08:04.0
Fecha Inició Análisis	: 2023-03-28
Fecha Terminó Análisis	: 2023-03-28
Fecha de Emisión del Informe	: 2023-03-28

Los datos subrayados son proporcionados por el cliente. Albexus no es responsable por dicha información.

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita del laboratorio Albexus.

Las actividades del laboratorio se realizan en la sede principal, Piñas.

Los testigos de las muestras se almacenan por un periodo de 2 meses.

**CINTHIA
MELINA
RIOS
AGUILAR**
Cinthia Ríos Aguilar
Jefe de Laboratorio

Firmado digitalmente por
CINTHIA MELINA RIOS AGUILAR
IDENTIFICACION DE
ESTADO DE CINTHIA MELINA RIOS
AGUILAR
SERIALIZACION: 202303281000
OBJETIVO DE CERTIFICACION
DE INFORMACION: 202303281000
DATA: 2023.03.28 10:00:00
-0500

Página 1 de 2

INFORME DE ENSAYO

Nº. 23261

Cliente	: <u>Sociedad Minera de Hecho Joya del Oriente</u>
Dirección	: <u>El Zarza / Los Encuentros</u>
Tipo de Muestra	: <u>Mineral</u>
Envase	: Funda Plástica
Condición de la Muestra	: En buenas condiciones para analizar
Recepción de Muestra Nº	: 16206
Fecha de Recepción de Muestras	: 2023-04-27 08:57:12.0
Fecha Inició Análisis	: 2023-04-27
Fecha Terminó Análisis	: 2023-04-27
Fecha de Emisión del Informe	: 2023-04-28

Los datos subrayados son proporcionados por el cliente. Albexus no es responsable por dicha información.

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita del laboratorio Albexus.

Las actividades del laboratorio se realizan en la sede principal, Piñas.

Los testigos de las muestras se almacenan por un periodo de 2 meses.

**CINTHIA
MELINA
RIOS
AGUIJAR**
Firmado digitalmente por
CINTHIA MELINA RIOS AGUIJAR
Nombre de emisor:
CINTEL-CINTHIA MELINA RIOS
AGUIJAR
www.firma.com-2023-04-28 08:57:12.0
AUTENTICACION DE CERTIFICACION
DE INFORMACION-SIGNATURE
DATA S.A. S. SOC.
Fecha: 2023.04.28 13:00:16
0000

Cynthia Ríos Aguilar
Jefe de Laboratorio

Página 1 de 2

INFORME DE ENSAYO

Nº. 23261

RESULTADOS

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	Comp.	Cod.	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As	Fe	Hg*	Cd*
	Nº	Alb.	g/t	g/t	%	%	%	%	%	%	%
Relave	1	102715	1.65	2.16	0.01	0.01	0.01	0.03	4.08	0.00	0.00

Comp. N°: Número de muestras que conforman el compuesto // Cod. Alb.: Código Albexus

Los ensayos marcados con [*] NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

Los resultados solo están relacionados con los ítems de ensayo.

Las muestras fueron proporcionadas por el cliente.

MÉTODOS:

1. Au, Ag: ALB-MET-01. Determinación de Au y Ag por ensayo al fuego.
2. Cu, Pb, Zn, As, Fe: ALB-MET-02. Determinación de Metales por Digestión con HNO₃ (cc) por Absorción Atómica.
3. Au, Ag: ALB-MET-04. Determinación de Au y Ag por copelación en barras doré

COMENTARIOS:

FINAL DEL DOCUMENTO

Página 2 de 2

Principal Píñas: Vía Píñas – Portovelo, Sector Caraderos a 500 m del Hospital Nuevo de Píñas / Teléfono: (593) 72975949 / Celular: (593) 992143528
 Sucursal Camilo Ponce Enriquez: Av. 28 de marzo y Río 7, frente al Municipio Antigua / Teléfono: (593) 72430697 / Celular: (593) 980938049
www.albexus.com/ / e-mail: [albexus@yahoo.com/](mailto:albexus@yahoo.com) / Ecuador - Sudamérica

Nota: Albexus, (2023)

Anexo 9. Resultados de cianuración

LABORATORIO QUIMICO-METALURGICO
"JV METALS"
 ING. JOSÉ BUENO MALLA

R.U.C. 0791808359001
ORDEN DE ENSAYO
 000035473

Andrés de roca, arenas, carbón concentrado y soluciones en general, venta de productos químicos para minería, industria y laboratorios
 MATRIZ: Sitio El Pache s/n - 07 2948-803
 0969537170 - Email: lab.jvmetals@gmail.com
 Portovelo - El Oro - Ecuador

DIA	MES	AÑO
21	03	23

Señor (s) Juán Cuenca.
 Dirección: _____
 Lugar: _____ R.U.C. _____

Cant.	ARTICULO	V. UNIT.	V. TOTAL
	B. Grande = Ingreso.		
	200 g		
	B. Pequeña: Proceso.		
	Au = 00.00	g/m ³	
	300 g		
	Cu = 0.03	g/m ³	
		TOTAL \$	10,00.

CLIENTE _____
 C.I.
 PROPIETARIO Juán Cuenca

30 blocks 100x2 del 34.201 al 37.200 - imp. 28-10-2022 P PQ GRÁFICAS FEDÓC 2976 032 • 0967108814 - Písa

Nota: Jv Metals, (2023)

Anexo 10. Certificación del idioma inglés

Loja, 8 de mayo del 2023

Yo, Dayana Micaela Ochoa Guailas, con cédula de identidad 1900842145, Licenciada en Ciencias de la Educación mención inglés registro Nro. 1031-2022-2554787

CERTIFICO:

Que, he realizado la traducción al idioma inglés de él resumen del Trabajo de Integración Curricular denominado “Tratamiento de los Relaves para el Área Minera Joya del Oriente II Código 501381, ubicado en la parroquia Los Encuentros, perteneciente al cantón Yanzatza, provincia Zamora Chinchipe”, elaborado por el Ing. Luis Enrique Cuenca Aguinsaca con cédula de ciudadanía número 1104054505, graduado de la carrera de geología ambiental y ordenamiento territorial y egresado de la maestría en Minas con mención en metalurgia y mineralurgia en la Universidad Nacional de Loja.

Lo certifico en honor a la verdad, facultando al portador del presente documento, hacer uso legal pertinente.

Atentamente:



Lcda. Dayana Micaela Ochoa Guailas

C.I.: 190084214