



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA E

INGENIERÍA METALÚRGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA



**IMPLEMENTACIÓN DE UN MOLINO CONTINUO CON
TRAMPAS DE FACIL ACCESO PARA PROCESAR MINERALES
AURÍFEROS EN LA UNIDAD MINERA MONTEFLOR - LIMBANI**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. Efraín Alfredo Mamani Gonzales

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO METALURGISTA

PUNO – PERÚ

2023



NOMBRE DEL TRABAJO

**IMPLEMENTACIÓN DE UN MOLINO CON
TINUO CON TRAMPAS**

AUTOR

EFRAÍN ALFREDO MAMANI GONZALES

RECuento de palabras

20052 Words

RECuento de caracteres

104654 Characters

RECuento de páginas

102 Pages

Tamaño del archivo

2.7MB

Fecha de entrega

May 29, 2023 2:29 PM GMT-5

Fecha del informe

May 29, 2023 2:30 PM GMT-5

● **11% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos:

- 11% Base de datos de Internet
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 20 palabras)


Dr. Esteban Rey Chávez Gutiérrez
INGENIERO METALURGISTA
C.I.P. 02286



Dra. Darssy Argélida Carpio Ramos
Directora de la Unidad de Investigación
EPIM



DEDICATORIAS

Esta tesis, dedicándole a Dios, quien día a día, me acompaña y me guía por el buen camino, quien me da las fuerzas para continuar con este proyecto y no desmayar en el camino, enseñándome enfrentar a la adversidad sin perder la dignidad ni desfallecer en el intento.

Quiero dedicar esta tesis a mis padres, Lucio Alejandro Mamani Cayo y Elvira Gonzales Vargas, porque ellos han dado razón a mi vida, por sus consejos, su apoyo incondicional y su paciencia, todo lo que hoy soy es gracias a ellos.

Dedico este trabajo a mi amada esposa Jovita Marleny, por su apoyo y ánimo que me brinda día a día para alcanzar la meta, a mis adorados hijos Zenayda, Karen Fiorella, Yerik Adonai, por quienes transcurro mis días y quiénes son y serán que me dan las fuerzas para seguir adelante.

Efraín A. Mamani Gonzales



AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento al Ing. Sergio R. A. Corrales Cuba Gerente General de la Unidad Minera Monteflor, por ser quien me dio la oportunidad de laborar, confiar en mi trabajo y por darme todas las facilidades para la ejecución de esta tesis.

A todos los docentes de la escuela profesional de Ingeniería Metalúrgica y en especial a mi director de tesis D. Sc. Esteban Rey Chávez Gutiérrez, por la acertada orientación, el soporte y discusión crítica que me permitió un buen aprovechamiento en el trabajo realizado, y que esta tesis llegara a buen término.

A los miembros del jurado: Dr. Héctor Clemente Herrera Córdova, Dr. Hipólito Córdova Gutiérrez y M.Sc. Grover Linder Flores Ponce; por el interés, motivación, apoyo y crítica, necesarias para la realización de este trabajo. Un especial agradecimiento por este privilegio.

Efraín A. Mamani Gonzales



ÍNDICE GENERAL

Pág.

DEDICATORIAS	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN	15
ABSTRACT.....	16
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	20
1.2.1 Problema general.....	20
1.2.2 Problemas específicos	20
1.3 JUSTIFICACIÓN	20
1.4 OBJETIVOS.....	21
1.4.1 Objetivo general	21
1.4.2 Objetivos específicos	21
1.5 HIPÓTISIS	21
1.5.1 Hipótesis general	21
1.5.2 Hipótesis específico	21
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1 ANTECEDENTES	23
2.1.1 Generalidades	29
2.2 MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	30
2.2.1 Oro.....	30



2.2.2	Propiedades del oro	37
2.2.2.1	Propiedades físicas del oro	37
2.2.3	Actividad minera	39
2.2.4	Concentración gravimétrica	39
2.2.5	AMALGAMACION	42
2.2.6	MOLIENDA	46
2.2.7	Tipos y sus aplicaciones de planchas de goma	60

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO.....	65
3.2	PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO	65
3.3	PROCEDENCIA DEL MATERIAL ESTUDIADO	65
3.4	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	66
3.4.1	Diseño de investigación	66
3.4.2	Población.....	66
3.4.3	Muestra.....	66
3.4.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	67
3.4.5	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	67
3.5	OPERACIONES DE VARIABLES	67
3.5.1	Variable dependiente.....	67
3.5.2	Variable independiente.....	67
3.6	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO METALÚRGICO	67
3.6.1	Mineral	68
3.6.2	Chancado.....	69
3.6.3	Molienda - gravimetría.....	69
3.6.4	Circuito de alfombras - gravimetría	69



3.6.5	Relave.....	70
3.7	PROCEDIMIENTO METODOLOGICO DE LA INVESTIGACION.....	70
3.8	PRUEBAS EXPERIMENTALES	72
3.8.1	Parámetros de las pruebas.	72
3.9	PRUEBAS DE CONCENTRACIÓN A 0.5 CM DE ANCHO DE LA TRAMPA, CON DENSIDADES: 1300 g/L, 1350 g/L, 1400 g/L, 1450 g/L..	73
3.9.1	Condiciones de la prueba	73
3.10	PRUEBAS DE CONCENTRACIÓN A 0.8 CM DE ANCHO DE LA TRAMPA, CON DENSIDADES: 1300 g/L, 1350 g/L, 1400 g/L, 1450 g/L..	73
3.10.1	Condiciones de la prueba	73
3.11	PRUEBAS DE CONCENTRACIÓN A 1.0 CM DE ANCHO DE LA TRAMPA, CON DENSIDADES: 1300 g/L, 1350 g/L, 1400 g/L, 1450 g/L..	74
3.11.1	Condiciones de la prueba	74
3.12	PRUEBAS DE CONCENTRACIÓN A 1.2 CM DE ANCHO DE LA TRAMPA, CON DENSIDADES: 1300 g/L, 1350 g/L, 1400 g/L, 1450 g/L..	74
3.12.1	Condiciones de la prueba	74
CAPÍTULO IV		
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		
4.1	RESULTADOS DE LA CONCENTRACION A 0.5 CM DE ANCHO DE LAS TRAMPAS, CON DENSIDADES: 1300 g/L, 1350 g/L, 1400 g/L, 1450 g/L.....	76
4.1.1	Resultados de la concentración a 0.5 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1300 g/L.....	76
4.1.1	Resultados de la concentración a 0.5 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1350 g/L.....	76



4.1.2	Resultados de la concentración a 0.5 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1400 g/L.....	77
4.1.3	Resultados de la concentración a 0.5 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1450 g/L.....	77
4.2	RESULTADOS DE LA CONCENTRACION A 0.8 CM DE ANCHO DE LAS TRAMPAS, CON DENSIDADES: 1300 g/L, 1350 g/L, 1400 g/L, 1450 g/L.....	78
4.2.1	Resultados de la concentración a 0.8 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1300 g/L.....	78
4.2.2	Resultados de la concentración a 0.8 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1350 g/L.....	78
4.2.3	Resultados de la concentración a 0.8 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1400 g/L.....	79
4.2.4	Resultados de la concentración a 0.8 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1450 g/L.....	79
4.3	RESULTADOS DE LA CONCENTRACION A 1.0 CM DE ANCHO DE LAS TRAMPAS, CON DENSIDADES: 1300 g/L, 1350 g/L, 1400 g/L, 1450 g/L.....	80
4.3.1	Resultados de la concentración a 1.0 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1300 g/L.....	80
4.3.2	Resultados de la concentración a 1.0 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1350 g/L.....	80
4.3.3	Resultados de la concentración a 1.0 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1400 g/L.....	81



4.3.4	Resultados de la concentración a 1.0 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1450 g/L.....	81
4.4	RESULTADOS DE LA CONCENTRACION A 1.2 CM DE ANCHO DE LAS TRAMPAS, CON DENSIDADES: 1300 g/L, 1350 g/L, 1400 g/L, 1450 g/L.....	82
4.4.1	Resultados de la concentración a 1.2 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1300 g/L.....	82
4.4.2	Resultados de la concentración a 1.2 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1350 g/L.....	82
4.4.3	Resultados de la concentración a 1.2 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1400 g/L.....	83
4.4.4	Resultados de la concentración a 1.2 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1450 g/L.....	83
4.5	INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS	84
4.5.1	Resultado de las pruebas experimentales de 0.5 cm de ancho de las trampas.	84
4.5.2	Resultado de las pruebas experimentales de 0.8 cm de ancho de las trampas.	85
4.5.3	Resultado de las pruebas experimentales de 1.0 cm de ancho de las trampas.	86
4.5.4	Resultado de las pruebas experimentales de 1.2 cm de ancho de las trampas.	87
V.	CONCLUSIONES	89
VI.	RECOMENDACIONES.....	90
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91

Área: Metalurgia Extractiva

Tema: Proceso Gravimétrico

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 31 de mayo del 2023.



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Propiedades físicas del oro.....	37
Tabla 2. Escalones de la fragmentación.....	47
Tabla 3. Carga del molino.....	54
Tabla 4. Velocidades de trabajo indicadas por los fabricantes en molino de bolas...	59
Tabla 5. Propiedades de las planchas de goma	63
Tabla 6. Propiedades físicas de SBR, NR, NBR.....	63
Tabla 7. Propiedades químicas de SBR, NR, NBR.	64
Tabla 8. Especificaciones de SBR, NR, NBR.....	64
Tabla 9. Condiciones de la concentración del molino.	73
Tabla 10. Condiciones de la concentración del molino.	73
Tabla 11. Condiciones de la concentración del molino.	74
Tabla 12. Condiciones de la concentración del molino.	74
Tabla 13. Balance metalúrgico del molino a 0.5 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1300 g/L.	76
Tabla 14. Balance metalúrgico del molino a 0.5 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1350 g/L.	76
Tabla 15. Balance metalúrgico del molino a 0.5 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1400 g/L.	77
Tabla 16. Balance metalúrgico del molino a 0.5 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1450 g/L.	77
Tabla 17. Balance metalúrgico del molino a 0.8 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1300 g/L.	78



Tabla 18. Balance metalúrgico del molino a 0.8 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1350 g/L.	78
Tabla 19. Balance metalúrgico del molino a 0.8 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1400 g/L.	79
Tabla 20. Balance metalúrgico del molino a 0.8 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1450 g/L.	79
Tabla 21. Balance metalúrgico del molino a 1.0 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1300 g/L.	80
Tabla 22. Balance metalúrgico del molino a 1.0 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1350 g/L.	80
Tabla 23. Balance metalúrgico del molino a 1.0 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1400 g/L.	81
Tabla 24. Balance metalúrgico del molino a 1.0 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1450 g/L.	81
Tabla 25. Balance metalúrgico del molino a 1.2 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1300 g/L.	82
Tabla 26. Balance metalúrgico del molino a 1.2 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1350 g/L.	82
Tabla 27. Balance metalúrgico del molino a 1.2 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1400 g/L.	83
Tabla 28. Balance metalúrgico del molino a 1.2 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1450 g/L.	83
Tabla 29. Resultados de concentración del molino con ancho de la trampa 0.5 cm....	84
Tabla 30. Resultados de concentración del molino con ancho de la trampa 0.8 cm....	85
Tabla 31. Resultados de concentración del molino con ancho de la trampa 1.0 cm....	86



Tabla 32. Resultados de concentración del molino con ancho de la trampa 1.2 cm.... 87



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Zonas del interior de un molino.....	53
Figura 2. Carga de un molino de bolas o varilla	55
Figura 3. Obtención de la velocidad crítica del molino	58
Figura 4. Plancha de goma SBR	61
Figura 5. Planchas de goma NR.....	62
Figura 6. Planchas de goma NBR	63
Figura 7. Trampas de fácil acceso caladas en la chaqueta de goma al interior del molino.....	72
Figura 8. Prueba de la concentración del molino con ancho de la trampa 0.5 cm....	84
Figura 9. Prueba de la concentración del molino con ancho de la trampa 0.8 cm....	86
Figura 10. Prueba de la concentración del molino con ancho de la trampa 1.0 cm....	87
Figura 11. Prueba de la concentración del molino con ancho de la trampa 1.2 cm....	88



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

MPE	Minería en pequeña escala
OIT	Organización Internacional del Trabajo
GMP	Global Mercury Project
TMD	Toneladas métricas por días
g/t	Gramo por tonelada métrica
kg/t	Kilogramos por tonelada métrica
t/h	Toneladas por hora
Au/t	Oro por tonelada métrica
Ag/t	Plata por tonelada métrica
t	Tonelada métrica
T	Toneladas
t/d	Toneladas por día
Au	Oro
a.C	Antes de cristo
lb/Oz.	Libras por onza
ppm	Partes por millón
pH	Coefficiente del grado de acidez o basicidad de una solución acuosa
Eh	Potencial de oxidación
km	kilómetros
mm	Milímetros
Hg	Mercurio
rpm	Revoluciones por minuto
VD	Variable dependiente
VI	Variable independiente
kg/dm ³	Kilogramo por decímetro cúbico
PVC	Tubo de policloruro de vinilo
g/L	Gramos por litro
cm	Centímetros
h	Horas
%	Porcentaje



RESUMEN

El presente proyecto de tesis, fue realizado en la Unidad Minera MONTEFLOR - Limbani – Sandía, región de Puno – 2022. Donde se realiza la actividad minera de forma artesanal utilizando métodos convencionales, razón por la cual los minerales auríferos de baja ley ya no son rentables. El objetivo de este trabajo es procesar los minerales auríferos mediante la implementación de un molino continuo con trampas de fácil acceso caladas en la chaqueta de goma. La metodología consiste en la implementación de un molino continuo de bolas 2.3x2.8 pies con trampas, con lo que se consiguió una buena concentración del oro por gravimetría aptos para su tratamiento metalúrgico y a su vez el molino en su descarga cuenta con un circuito de alfombras para recuperar el oro no concentrado en las trampas, lo cual se evalúa mediante el balance metalúrgico el porcentaje de recuperación del oro y así se determinó el ancho óptimo de la trampa y la densidad óptima de la pulpa. Donde la población de estudio está constituida por las diferentes labores que existen en el asiento minero y se toma como muestras minerales de una labor en la Unidad Minera Monteflor. En conclusión, el ancho óptimo de la trampa fue 0.8 cm y la densidad óptima de la pulpa es 1400 g/L. Obteniéndose un concentrado de 7.66 g/t de Au en las trampas, que representa 61.48 % de recuperación del oro y 1.67 g/t de Au en el circuito de alfombras, lo cual representa 13.40% de recuperación del oro en las alfombras. Haciendo un total de recuperación 74.88% del oro. La recuperación del oro del molino continuo con chaqueta de goma se realiza cada día de una manera sencilla al acceder a las trampas del molino.

Palabras Clave: Mercurio contaminante, Minería artesanal, Mineral aurífero, Molienda continua.



ABSTRACT

This thesis project was carried out in the MONTEFLOR - Limbani - Sandia Mining Unit, Puno region - 2022. Where the mining activity is carried out in an artisanal way using conventional methods, which is why low-grade gold minerals are no longer profitable. The objective of this work is to process gold-bearing minerals through the implementation of a continuous mill with easily accessible traps set in the rubber jacket. The methodology consists of the implementation of a continuous ball mill 2.3x2.8 feet with traps, with which a good concentration of gold was achieved by gravimetry suitable for its metallurgical treatment and in turn the mill in its discharge has a circuit of carpets to recover the gold not concentrated in the traps, which is evaluated through the metallurgical balance, the percentage of gold recovery and thus the optimum width of the trap and the optimum density of the pulp were determined. Where the study population is made up of the different works that exist in the mining site and is taken as mineral samples from a work in the Monteflor Mining Unit. In conclusion, the optimal width of the trap was 0.8 cm and the optimum pulp density is 1400 g/L. Obtaining a concentrate of 7.66 g/t of Au in the traps, which represents 61.48% of gold recovery and 1.67 g/t of Au in the carpet circuit, which represents 13.40% of gold recovery in the carpets. Making a total recovery of 74.88% of the gold. The recovery of the gold from the continuous mill with rubber jacket is carried out every day in a simple way by accessing the mill traps.

Keywords: Polluting mercury, Artisanal mining, Gold ore, Continuous milling.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El sector minero y metalúrgico es la fuente de empleo socioeconómico más importante de Perú en la región de Puno. Debido a la presencia de minerales auríferos en diversas regiones puneñas que se acondicionan cada vez más a los procesos tradicionales, esta actividad se desarrolla a un ritmo más acelerado. En los últimos años la minería artesanal aurífera ha crecido notoriamente debido al alza del precio del oro, lo que ha originado un sistema de contaminación ambiental en las minas donde se realiza esta actividad, debido al uso de mercurio.

En la unidad minera MONTEFLOR ha reducido la producción del oro por las bajas leyes del mineral. Por lo tanto, la unidad minera MONTEFLOR implementa con tecnología para su procesamiento de minerales y así lograr la rentabilidad, además debido a los estándares de calidad ambiental, de conformidad con lo dispuesto en la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente que se exige en el Perú, evitando la contaminación ambiental en la unidad minera MONTEFLOR. Se pone énfasis en el procesamiento de minerales en la minería subterránea siendo estos puntos una preocupación para los mineros de la zona. Es así que el presente proyecto, procesamiento de minerales, mediante el sistema de molienda continua con trampas de fácil acceso caladas en la chaqueta al interior del mismo molino. En la Unidad Minera MONTEFLOR – LIMBANI-SANDIA cuyo objetivo es realizar actividad minera por gravimetría, el cual se constituye como una de las mejores opciones evitando generar impactos ambientales negativos en la zona de trabajo y con responsabilidad social.

La obtención del oro con tecnologías limpias es cada vez más demandada por los mercados, tanto locales, nacionales e internacionales que comienzan a tener la



sostenibilidad como una de sus prioridades. En la Unidad Minera MONTEFLOR se desarrolla la actividad en forma artesanal, por lo que se implementa el presente proyecto para procesar minerales de baja ley, con rentabilidad y cuidando el medio ambiente.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La obtención de oro por gravimetría y amalgamación es tan antigua como la propia civilización; con el avance de la tecnología la amalgamación un porcentaje ha sido reemplazado por procesos de lixiviación con cianuro (Villachica, et al., 2004). Dado que hace posible que un gran número de familias de todo el país y del mundo se ganen la vida, el uso del mercurio está relacionado con el trabajo de la minería a pequeña escala (MPE). La Organización Internacional del Trabajo (OIT) y el Global Mercury Project (GMP) estiman que en el Mundo más de 12 millones de personas dependen de la MPE aurífera y usan predominantemente el mercurio para recuperar el oro; como consecuencia esta actividad vierte más de 800 Toneladas/año de mercurio al ambiente (Villachica, et al., 2004).

La contaminación con mercurio es una gran preocupación mundial desde que en Minamata (Japón-1956) más de un millar de pescadores japoneses y sus familiares murieron intoxicados al ingerir pescado contaminado con este metal (Villachica, et al., 2004).

Antes de la llegada de los españoles, los incas, chibchas y aztecas de América Latina ya lavaban la tierra sobre piedras lisas, donde el agua fluía por un canal y era arrastrada hasta el suelo, dejando el oro sobre la misma losa, recogéndolo de esta forma; Como resultado, se considera un método gravimétrico básico; sin embargo, las leyes y el contenido disminuyeron, por lo tanto, invasores utilizaron mercurio, lo que provocó el declive de la civilización inca. Además, el cinabrio contamina el agua y el aire, causando



una alta tasa de mortalidad entre los incas. El proceso de patio fue el método principal de obtención de oro y plata durante los 300 años siguientes de 1555 hasta 1855, hasta que en 1900 aparece el método de cianuración (Sancho, 1534).

En el Perú, por el uso indiscriminado de tóxicos, muchos yacimientos de placeres en sus diferentes características, con contenidos de oro libre y magnetita son explotados en forma informal, atentando con el medio ambiente y la comunidad en general, realizando procesos no adecuados, obteniéndose de esta manera bajas recuperaciones, en los metales pesados y el oro libre, dejando como consecuencia, en la no rentabilidad del proceso, aún informal de extracción; motivo por el cual varios yacimientos, se encuentran abandonados y desaprovechados, solo por no realizar un proceso adecuado metalúrgico (Palomino, 2003).

El centro minero La Rinconada la cual, en su proceso de recuperación del oro con mercurio, pero la inadecuada aplicación de este procedimiento ocasiona la contaminación del agua, suelo y biodiversidad, situación que ha llevado a plantear varias alternativas de solución para trabajar la minería artesanal con métodos que no tengan efectos en la contaminación (Mina, 2017).

Las operaciones de explotación y beneficio aurífero en minera MONTEFLOR son bastante simples; en la minería subterránea para extraer el mineral se perfora con la Bosch accionadas por motores a gasolina. El mineral extraído es transportado en carretillas hasta la zona de reducción del mineral y una vez reducido el mineral aurífero es procesado en molinos no continuos de poca capacidad de forma artesanal con mercurio para separar el oro de la ganga, por lo que minerales de baja ley no resultan rentables y con recuperaciones deficientes de oro. La unidad minera MONTEFLOR carece de conocimientos técnicos de explotación y procesamiento del mineral aurífero.



De continuar este problema puede ocasionar como consecuencia, en la no rentabilidad del proceso e incluso la paralización de la mina, por lo que se propone instalar molino continuo con trampas de fácil acceso para evitar el uso de mercurio y procesar los minerales auríferos de baja ley en mayor volumen, con rentabilidad, cuidando el medio ambiente y responsabilidad social.

De modo que la investigación se orienta a plantear alternativas de concentración de oro filoniano mediante métodos gravimétricos eficientes.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Problema general

¿Se podrá procesar los minerales auríferos mediante la implementación de un molino continuo con trampas de fácil acceso caladas en la chaqueta de goma en la Unidad Minera MONTEFLOR?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es el ancho óptimo de la trampa de fácil acceso, calados en la chaqueta de goma en el interior del molino continuo para procesar minerales auríferos en la Unidad Minera MONTEFLOR?
- ¿Cuál es la densidad óptima de la pulpa del molino continuo con trampas de fácil acceso calados en la chaqueta de goma, para procesar minerales auríferos en la Unidad Minera MONTEFLOR?

1.3 JUSTIFICACIÓN

El estudio de investigación de la presente tesis, se justifica porque implementando el molino continuo con trampas de fácil acceso, dentro de la minería de oro subterránea de la zona, se consiguen recuperaciones aceptables, lo que permite explotar el oro de los minerales de baja ley y aumentar la rentabilidad de la explotación de los yacimientos



mineros. Además, incentiva el desarrollo de los pueblos alejados teniendo en cuenta el cuidado del medioambiente.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Procesar los minerales auríferos mediante la implementación de un molino continuo con trampas de fácil acceso caladas en la chaqueta de goma en la Unidad Minera MONTEFLOR.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar el ancho óptimo de las trampas de fácil acceso, calados en la chaqueta de goma en el interior del molino continuo para procesar minerales auríferos en la Unidad Minera MONTEFLOR.
- Determinar la densidad óptima de la pulpa del molino continuo con trampas de fácil acceso caladas en la chaqueta de goma, para procesar minerales auríferos en la Unidad Minera MONTEFLOR.

1.5 HIPÓTISIS

1.5.1 Hipótesis general

Mediante la implementación del sistema de molienda continua con trampas de fácil acceso, se puede procesar minerales auríferos en la Unidad Minera MONTEFLOR.

1.5.2 Hipótesis específico

- El ancho óptimo de la trampa de fácil acceso, calados en la chaqueta de goma en el interior del molino continuo, permitirá una recuperación adecuada del oro.
-



- La densidad óptima de la pulpa del molino continuo con trampas de fácil acceso caladas en la chaqueta de goma en el interior del molino, facilitará una mejor concentración del oro.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

Los antecedentes encontrados para este estudio, se utilizan como base para su desarrollo; a pesar de que no son efectivamente relacionados con el tema que nos ocupa, pero serán de gran ayuda para resolver los problemas planteados.

Caicedo (2014). En el presente artículo, se tiene como objetivo la utilización de tecnologías limpias en el proceso de beneficio del oro con la disminución o la eliminación del mercurio, el cual consiste actuar eficazmente en los procesos de separación, trituración, molienda, lavado y/o concentración, cianuración, fundición y diferentes tareas a las que se oprime el material extraído, para principalmente reducir el alto consumo de mercurio, la metodología se realizó en base a las revisiones de fuentes bibliográficas para acumular datos sobre la situación actual de la minería en Colombia. Esta problemática es de gran relevancia porque genera conflictos socioambientales con impactos negativos en el medio ambiente. El Ministerio de Minas y Energía, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible con la Fiscalía determinan la magnitud de la ilegalidad en el país, y las condiciones generales en las cuales se está adelantando la actividad minera, cuya conclusión en su mayoría las plantas de beneficio de oro no cuentan con operaciones eficientes y menos contaminantes por lo que se ha evidenciado la necesidad de implementar técnicas y tecnologías limpias en cada una de las etapas que integran los procesos de extracción de oro.

Freixas (2016). Mejora integral de la minería del oro a pequeña escala, Bolivia. Debido a la escasez de otras opciones económicas, la minería del oro artesanal y a pequeña escala es una importante fuente de ingresos para los mineros y sus familias en



las comunidades rurales. Sin embargo, los métodos de extracción y procesado del oro que usan los mineros carecen de conocimientos, tecnologías, cultura preventiva, planificación, seguridad y buenas infraestructuras, por lo que se suele perder mucho beneficio y además con un grado de contaminación extremadamente alto.

Pérez (2015). En su proyecto de “planta concentradora gravimétrica de metales auríferos con recuperación de agua”. Donde la minería ha sido y sigue siendo clave para el desarrollo de los chilenos. Por lo que la minería artesanal está obligada a modernizarse, pero los costos de modernización en el rubro son altos, por cual nace la necesidad de implementar una planta de concentración gravimétrica de metales auríferos de baja capacidad (2 ton/hora), alto rendimiento en concentración, con una recuperación de agua reutilizable del 90% en el sistema, que a la vez debe ser transportable, de rápida instalación y que asegura sustentabilidad en el tiempo al pequeño minero.

Castillo (2018). En su trabajo de grado de Técnicas alternativas para la extracción de oro sin el uso de mercurio y su potencial aplicación a pequeña escala y minería artesanal en Colombia. Con el fin de promover diversos métodos para sustituir el mercurio como agente primario para la extracción de oro, en el presente trabajo se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica en las bases de datos de repositorios universitarios, revistas de investigación y empresas de innovación. Donde la información recopilada sirve de apoyo técnico en la industria de la Minería Artesanal y a Pequeña Escala para el desarrollo de proyectos de minería sin mercurio.

Bonett (2021). En su trabajo de “Evaluación de la instalación de una planta de 250 TMD para beneficio de minerales auríferos aplicando gravimetría, flotación y lixiviación en San Martín – Urasqui” indica que, para beneficiar minerales auríferos, incluso algunos minerales refractarios a la lixiviación alcalina y/o acida, muy difundidos



en nuestro país dentro de las diversas formaciones geológicas, es necesario adaptar una serie de métodos cada vez menos contaminantes al medio ambiente. La planta cuenta con tres circuitos de procesamiento, el primero de concentración gravimétrica, el segundo de lixiviación de medios y el gravimétrico para recuperar el 95% del oro total, lo que hace que el proceso de beneficio propuesto sea muy adaptable. Para lo cual la planta está diseñada para tratar minerales auríferos de baja ley 2.88 g/TM hasta 10.50 g/TM tanto óxidos y sulfuros.

Peralta (2019). En su tesis titulado Métodos y tecnologías aplicadas a la recuperación de oro en el Perú. Debido a que en los últimos años han aumentado los estudios e investigaciones sobre nuevas tecnologías y métodos para recuperar el oro. Esto se hizo no sólo para intentar conseguir una alta rentabilidad y productividad durante el proceso de recuperación, sino también para disminuir el daño que los productos químicos hacen al medio ambiente y mejorar el bienestar de quienes los manipulan directamente. Es así que este trabajo pretende abordar mediante una recopilación bibliográfica nuevos métodos y tecnologías aplicadas para la recuperación de oro en el Perú, ya que al ser nuestro país el sexto productor a nivel mundial, nos hemos visto afectado por temas de contaminación ambiental y problemas de salud en la población, y este no sólo es un problema que afecta a la minería artesanal e ilegal, también estos problemas se encuentran en mineras industriales.

Julca y Ortiz (2017). En su tesis, basada en un estudio de investigación, se utilizó una muestra representativa de mineral sulfurado de baja ley de la provincia de Casma, en el departamento de Ancash. Se combinaron los concentrados de la preconcentración gravimétrica, centrifugación, flotación y remolienda, obteniéndose una granulometría de 80,27% -200 malla y una ley de cabeza de 15,78 g/t. Se realizaron cuatro pruebas metalúrgicas de cianuración en botellas a distintos tiempos, produciéndose la mejor



prueba tras 72 horas de cianuración, lo que dio como resultado una recuperación de oro del 87,94 por ciento y con un consumo de 1.65 kg/t de cianuro de sodio. Concluye que es posible obtener una recuperación bastante aceptable con los procesos combinados de gravimetría – centrifugación, flotación y cianuración para minerales sulfurados de baja ley de la provincia de Casma.

Huamán (2015). En su tesis de grado, cuyo objetivo fue realizar la evaluación de parámetros para diseñar un molino de bolas y desarrolló una investigación pre experimental de diseño causa y efecto, con una recolección de datos de análisis documental. Donde los resultados obtenidos indican que al estudiar diferentes estudios de los equipos que existen en la industria de la molienda, el autor encontró al molino de bolas como mejor opción para concentrado del mineral, además de ser un proceso limpio con bajos costos, calculando las dimensiones del molino, el grado de llenado, el consumo de energía eléctrica y la capacidad de producción que tendrá.

Pretel (2022). En su trabajo de “diseño de un molino de bolas para triturar mineral de baja ley y aumentar la producción de concentrado en la mina Esperanza, región la Libertad, 2020” tiene como objetivo diseñar un molino de bolas para triturar minerales de baja ley y aumentar la producción de concentrado en la mina Esperanza, Donde se identificó una problemática vinculada con la falta de gestión para el mineral de baja ley. En la muestra había minerales con piritización y óxidos de hierro. Para tratar los datos se utilizó un enfoque mixto no experimental, con procedimientos de investigación narrativa y percepción directa. Según los resultados, el molino de bolas tiene unas dimensiones de 1,35 m de diámetro por 1,35 m de longitud, procesa 3360 t/año de mineral, produce 1,1 t/hora y genera 38 t/mes de concentrado en una jornada laboral de 10 horas. Concluyendo que el molino es un proyecto viable que genera valor económico y contribuye al cuidado



del medio ambiente, al tiempo que aumenta la producción de concentrado y reduce los costos de explotación.

Chaucayanqui (2012). En su proyecto de investigación, titulado “Modelo de planta piloto para recuperación del Oro de la pequeña minería y minimizar los impactos ambientales” situados en Secocha, Misky y Yanaquihua, que afectan a la Cuenca del río Ocoña en el departamento de Arequipa, se realizó un estudio descriptivo, no experimental, con el objetivo de proponer un modelo de planta piloto de 25 TMD para la recuperación de oro de la pequeña minería y minimizar los impactos ambientales. Se realizaron pruebas de concentración gravimétrica mediante Falcon y Jig, ambas con 5 kg de mineral fresco, sobre una muestra de mineral que contenía 77,87 g Au/MT, según las conclusiones. El análisis de concentración gravimétrica arrojó una ley de concentrado de 830,7 g Au/MT y una recuperación del 57,97%, mientras que el análisis de absorción atómica arrojó una ley de concentrado de 469 g Au/MT y una recuperación del 21,76%. En el caso del Jig, la ley de concentrado evidenció 190,4 g Au/TM de oro con recuperación de 50,87% y una ley de 102 g Ag/TM con una recuperación de 19,54%.

Lobe (2018). En la región de Cajamarca, en su proyecto de posgrado, donde el objetivo era determinar si la magnetita y oro libre en los suelos aluviales del C.P. Pueden extraerse por el método gravimétrico, como alternativa ambiental, desarrolló una investigación descriptiva, explicativa y experimental. Los resultados muestran que el mineral de entrada y el concentrado para el oro libre tienen una relación positiva; los relaves, el concentrado y la recuperación resultaron estar positivamente correlacionados con la magnetita. De este modo, presume que la estrategia gravimétrica es una opción ecológica para la extracción de oro libre y magnetita. Además, descubrió mediante pruebas experimentales que el método gravimétrico puede recuperar del 71,51% al 74,5% de oro y del 73,28% al 74,0% de magnetita. Dado que no se utilizan sustancias tóxicas en



el proceso de recuperación, se trata de un método alternativo para controlar el impacto ambiental de los suelos. Además, realizó un muestreo sistemático para obtener leyes del mineral y su concentrado, dando que la ley de entrada para el oro libre fue de 0,40 g/t, y la concentración promedio del proceso gravimétrico en oro libre resultó en 9,9 g/t.

Rojas (2015). En su trabajo de grado titulado “Proceso innovador para mejorar la recuperación de oro y reducir la contaminación ambiental en la minería artesanal” donde la muestra que es materia de estudio en su investigación de su tesis, es un mineral parcialmente oxidado con una ley de cabeza calculada de 16.20 g/TM; proporcionado por los mineros artesanales de Yangas, provincia de Canta, departamento de Lima. En la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica de la UNMSM, se utilizó un microscopio óptico polarizado para caracterizar la muestra, revelando la presencia de oro, calcopirita, covelita, calcosita, esfalerita, pirita, arsenopirita, magnetita, goethita, rutilo y ganga. El resto del oro debe estar dentro de la especie mineralógica de los minerales de sulfuro debido a la presencia de partículas de oro entrelazadas con calcopirita y pirita. El mayor tamaño del oro es de 17 micras. Debido al método de amalgamación utilizado en la minería artesanal, la recuperación de oro es baja. Donde la mejor prueba seleccionada en la preconcentración, con el concentrador K-nelson es con una granulometría de 67.13% - 200 malla.

Ccari (2022). En su trabajo de investigación realizado en las instalaciones de la planta concentradora Cori Puno SAC, esto debido a cambio de frentes de minado y por tanto hubo cambios de mineralización de las mismas, las cuales se vieron reflejadas en la baja recuperación del oro que los años anteriores de los frentes de minado ya explotados; específicamente el problema de la baja recuperación en el concentrador gravimétrico Falcon, el cual se encontró alrededor de 37%. Como resultado, el objetivo principal de este estudio es lograr la mayor recuperación posible de



concentración gravimétrica de los frentes de Pomarani Cruz de Oro, donde se utilizó el concentrador gravimétrico FALCON en conjunto con un diseño de investigación experimental empleando tres variables; donde evalúa, mejora y optimiza los parámetros, así como variables influyentes como el tiempo de cosecha, el aporte de agua y la fuerza centrífuga. Como resultado, llegamos a la conclusión de que la recuperación de oro aumentó del 37% al 42%, optimizando la capacidad productiva en un 5%, lo que se tradujo en un aumento del beneficio económico.

Chambi (2013). En su proyecto titulado “diseño de un molino de bolas para la corporación minera Ananea S.A.” Con este diseño de molino de bolas se determina con la finalidad de mejorar la recuperación adecuada de mena, así mismo se hace la comparación, el estudio, la descripción teórica de los principales equipos de molienda sus partes su funcionamiento y mantenimiento, encontrando así el estudio de diferentes equipos que existe en la industria para la molienda de minerales, Se desarrolló el cálculo en el diseño de la transmisión del molino de bolas para la separación adecuada de la mena del mineral con el fin de obtener el resultado óptimo del diseño de un molino de bolas. Como resultado, el molino de bolas es la mejor opción para tratar mineral a un ritmo de 50 toneladas por día o 3 toneladas por hora. concluyendo que tratando tanto pequeñas como grandes cantidades de mineral, el molino de bolas produce resultados positivos.

2.1.1 Generalidades

La concentración gravimétrica es esencialmente una técnica para separar partículas minerales con gravedad específica variable utilizando diferencias de movimiento en respuesta a acciones simultáneas de la gravedad y/u otras fuerzas como las fuerzas hidráulicas y de fricción. Es el método de concentración más barato y sencillo. Su aplicación se recomienda cuando sea practicable, porque permite la recuperación de minerales en tamaños tan gruesos como sea posible,



reduciendo costos en trituración, molienda y concentración, y disminuyendo pérdidas en los finos que generalmente se forman en las operaciones de reducción de tamaños (Ccari, 2022).

Brewis (1995) en su estudio de los métodos de concentración gravimétrica se agrupan en tres categorías: 1) separación por medio pesado, en la cual las partículas se introducen en un fluido de densidad intermedia, de tal manera que partículas de bajo peso específico flotan y las de alto peso específico se hunden, 2) separación por corriente verticales, en la que se aprovechan las diferencias en velocidades de sedimentación, como en el caso de los Jigs y 3) separación en corrientes superficiales, como en el caso de las mesas concentradoras y los espirales (López, et al., 1999).

2.2 MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.2.1 Oro

Número atómico 79, elemento químico de símbolo Au y peso atómico 196,967. El metal es de color amarillo intenso, denso y flexible.

2.2.1.1 Tipos de yacimientos de oro

Metalla (2006) nos indica que a diferencia de otros minerales, el Au está presente generalmente en forma de partículas pequeñas, a pesar de encontrarse en estado metálico y no resulta apreciable a simple vista, lo que establece un grave problema para la ubicación de los yacimientos, para así realizar una evaluación fiable; la alta densidad de este metal favorece también la existencia de pequeñas aglomeraciones auríferas naturales en la superficie terrestre, se distinguen dos tipos yacimientos de oro: primarios y secundarios; dependiendo a las condiciones



geológicas de formación; el Au proveniente de los distintos tipos de yacimientos presenta por lo general unas distintas características geoquímicas que pueden acceder la distinción de sus orígenes (León, 2017; p.22).

A) Yacimientos primarios (en roca)

“Están relacionados con los estadios hidrotermales de las fases tardías de actividad magmática, formándose estos yacimientos a través de las grietas y fisuras de las rocas a una cierta profundidad, producidas por los movimientos tectónicos” (León, 2017; pág. 22). Como resultado, son mayoritariamente filonianas, siendo el cuarzo el mineral principal. También presentan sulfuros y sulfoarseniuros de hierro (pirita-arsenopirita) y una pequeña cantidad de oro libre, generalmente en partículas de tamaño comprendido de micras a milímetros. La técnica de este tipo de explotaciones consiste en abrir socavones, en donde los mineros trabajan introducidos en las entrañas de la tierra, con aire escaso, mucha humedad y poca luz (León, 2017; p. 23).

B) Yacimientos secundarios (en aluvión)

La meteorización y disgregación mecánica de los yacimientos primarios descarga las fracciones de oro del cuarzo y los sulfuros, por lo que puede dar lugar a la constitución de enriquecimientos auríferos en las cercanías de las áreas madre; cuando por la acción del agua las partículas de oro son trasladadas, estas tienden a juntarse mecánicamente debido a su alta densidad, dando lugar a los denominados placeres auríferos; consecuentemente en esta fase, bajo condiciones de clima tropical, pueden



intervenir también procedimientos geoquímicos de disolución-precipitación, por lo que la mayor parte de la plata que podía contener el oro primario se pierde en la disolución, incrementando la pureza del oro y alcanzar su característico color amarillo (León, 2017; p. 23).

2.2.1.2 Características del oro

A presión y temperatura normales, el oro es inerte en el agua y el aire. La densidad del oro nativo es de 19,3 g/cm³.

Sin embargo, en la naturaleza tiene una densidad de 15 g/cm³ (Santos y Medina, 2017).

Otras propiedades físicas: Baja dureza, gran maleabilidad, además es de destacar su resistencia a la oxidación y al ataque de ácidos, la principal ocurrencia mineralógica del oro es como oro nativo y fino en forma de inclusiones dentro de otros minerales: piritas, arsenopiritas, calcopiritas, esfaleritas, limonitas, cuarzo y en materia carbonosa (Santos y Medina, 2017).

2.2.1.3 Principales minerales auríferos

Elementos nativos y aleaciones naturales (Julca y Ortiz, 2017; p. 15).

- Oro nativo
- Oro argentífero (electrum) (Au, Ag)
- Oro cuprífero (cuproaururo) (Ag, Cu)
- Oro paladinifero (porpezita) (Au, Pd)
- Oro platinífero (Au, Pt)
- Amalgama de oro (Au₂Hg₃)



Sulfuros (Julca y Ortiz, 2017; p. 15).

- Uylembogaardtita (Ag_3AuS_2)

Teluros (Julca y Ortiz, 2017; p. 15).

- Calaverita (Au, Te_2)
- Krennerita (Au, Ag, Te_2)
- Petzita ($\text{Ag}_3, \text{Au, Te}_2$)
- Sylvanita (Au, Ag, Te)
- Kostovita (Au, Cu, Te_4)

Antimoniuro (Julca y Ortiz, 2017; pag.15).

- Aurostibita (Au, Sb_2)

Oro nativo (Julca y Ortiz, 2017; pag.15).

“Oro nativo: cuando el contenido de plata es menor al 20%. Kucha and Plimer (2001)” (Santos y Medina, 2017; pág. 11).

Marsden y House (1960) en el cual indica que oro nativo generalmente contiene Ag, Cu y Fe y desde trazas hasta menores proporciones de algunos de los siguientes elementos: Li, Na, K, Mg, Ca, Zn, Cd, Hg, Bi, Al, Ge, Pb, Ti, As, Sb, Te, Mn, Pt y tierras raras. El oro nativo de los placeres generalmente contiene menores proporciones de plata que los correspondientes yacimientos primarios y contiene mayor pureza, debido a que la plata y otros elementos han sido parcialmente lixiviados (Julca y Ortiz, 2017; p. 15).



Formas de oro nativo:

- Esponja: Deslustrado
- Escama: Laminilla
- Pepitas: Granos
- Hojuelas: Hoja, lóbulo

Electrum

Oro electrum: Cuando el contenido de plata está en el rango de 20 a 80% y la diferencia es oro (Santos y Medina, 2017; pág. 11).

Marsden y House (1960) donde la mayor parte de la plata en el oro se encuentra como constituyente de la red cristalina, existe un amplio rango sustitucional que va desde el oro nativo a través del oro argentífero (electrum), plata aurífera (kustetita) hasta plata nativa. Electrum se denomina al oro que contiene entre 2% a 55% de Ag, en el Perú es muy común por los yacimientos de: Millotingo, Colqui, San Juan de Lucanas (Julca y Ortiz, 2017; p. 16).

Minerales asociados al oro

Según Marsden y House (1960), el oro es un microcomponente común en muchos sulfuros y sulfuarseniuros. Se concentra en las especies de Cu, Ag, y Sb, piritita y arsenopiritita, sulfuros de Pb, y Zn, y sulfosales. En la galena el oro ocurre como finas inclusiones de oro nativo, la chalcocita, bornita y calcopiritita ocasionalmente tienen valores significativos de oro (Julca y Ortiz, 2017; p. 16).



En la pirita y arsenopirita el oro ocurre (Marsden y House 1960):

1. Como solución sólida (oro invisible) se presenta en dos formas: Catiónica; en la cual el oro sustituye al Fe de la pirita y arsenopirita Aniónica; en la cual el oro reemplaza átomos de As de arsenopirita, los radios atómicos del oro y arsénico son muy similares ($Au=1.44$; $As=1.39$) (Julca y Ortiz, 2017; p. 16).

2. Oro visible como ampollas de exolución, inclusiones, microvenillas, relleno de intersticios, reemplazamiento y microhalos (Julca y Ortiz, 2017; p. 16).

La limonita y el wad tienden a ser los portadores más comunes de oro, especialmente cuando estos óxidos ocurren muy próximos a yacimientos auríferos, se ha encontrado hasta 1.3 Oz/TM de oro y más de 100 Oz/TM de Ag en el wad, grafito, carbón amorfo y materiales carbonosos que son referidos como carbón, se encuentran frecuentemente en depósitos de oro, el cuarzo es el mineral más común de todos los yacimientos de oro y son de tipo incoloro o blanco lechoso, negro, gris, moteado de negro y blanco, pardo, rojo, amatista y verde (Julca y Ortiz, 2017; p. 17).

“Generalmente la pirita después del cuarzo es el sulfuro más importante en los yacimientos auríferos. Hematita, magnetita e ilmenita comúnmente se encuentra en los placeres auríferos” (Julca y Ortiz, 2017; pág. 17).

Los **teluros de oro** son los únicos minerales auríferos de valor económico distintos del oro metálico. Suelen encontrarse en combinación



con oro nativo y sulfuros. La calaverita (AuTe_2) y la krennerita ((Au. Ag) Te_2) son dos de estos minerales los cuales contienen alrededor de 40% de oro. La silvanita (AgAuTe_4), que también contiene plata y contiene aproximadamente un 25% de oro (Julca y Ortiz, 2017; p. 17).

2.2.2 Propiedades del oro

2.2.2.1 Propiedades físicas del oro (Julca y Ortiz, 2017).

Tabla 1.
Propiedades físicas del oro

PROPIEDADES	ORO
Símbolo químico	Au
Color	Amarillo
Peso atómico	197
Número atómico	79
Estado de oxidación	3.1
Densidad específica	19.3
Temperatura de fusión °C	1063
Temperatura de ebullición °C	2530
Temperatura de vaporización °C	2808
Calor de fusión, cal/gr.	16.3
Dureza (Mohs)	2.5
Radio atómico, A°	1.46
Radio iónico. A°	1.37
Potencial normal, voltios	1.498
Resistencia Eléctrica, MHm.	2.25
Electronegatividad	2.4

Fuente: *Misari Ch., Fidel Sergio; Franco Jiménez, Juan Antonio (1993)*
(Julca y Ortiz, 2017).

2.2.2.2 Propiedades químicas del oro

Entre las propiedades químicas del oro destaca su facilidad de solubilidad en agua regia y otras mezclas que liberan cloro. El yodo y los cianuros en su infancia también lo descomponen.

Ni el ácido clorhídrico ni el ácido nítrico por sí solos pueden acabar con ella.



Los álcalis fundidos no lo dañan.

El ácido sulfúrico lo ataca a temperaturas superiores a 300 °C.

El mercurio y el oro se combinan fácilmente para formar una amalgama de mercurio. El oro permanece como una esponja mientras que el mercurio se evapora cuando la amalgama se calienta cuidadosamente.

Entre todos los metales, el oro es el más "no reactivo" y es seguro tanto en entornos naturales como industriales. El oro rara vez se oxida o deslustra debido a su incapacidad para reaccionar con el oxígeno. Metalurgia del oro vol. 2 (1993) (Julca y Ortiz, 2017).

2.2.2.3 Propiedades mecánicas del oro

Metalurgia del oro vol. 2 (1993). El oro puede cortarse, moldearse y martillearse en frío en forma de lingote porque es maleable y dúctil; sólo puede tener un grosor de un quinceavo de micra, o un quinceavo de milésima de milímetro (0,0001 mm), en forma de lámina. Este grosor permite el paso de la luz y le da un color verde azulado, pero cuando se refleja, tiene su color único. Se puede cubrir una superficie de 30 m² con una onza de oro, es decir, unos 30 g. Como alambre, el oro puede extenderse a longitudes inconcebibles, una onza de metal llegaría a más de 90 km. El oro tiene un límite elástico de 4 Kg/mm² y una carga de rotura de 13 Kg/mm². Es muy resistente. Es de fácil soldadura autógena, buen conductor eléctrico y buen aislante del calor y del frío (Julca y Ortiz, 2017).

Utilidades del oro



- Joyería.
- Inversión.
- Tecnología.

2.2.3 Actividad minera

La minería es el conjunto de ejercicios relacionados con la revelación y extracción de minerales rastreados en la tierra. La exploración es la primera fase de esta actividad, que permite identificar las zonas con yacimientos minerales y estimar su cantidad y calidad. Los minerales encontrados deben tener una composición que permita su transformación y comercialización, y los costos de la operación no deben superar los ingresos previstos, para que una determinada región pueda ser explotada. La prospección, la toma de muestras y el reconocimiento son los primeros pasos de cualquier actividad exploratoria.

2.2.3.1 Minería artesanal aurífera en Perú

La extracción y recuperación de sustancias metálicas y no metálicas del suelo y el subsuelo por parte de individuos, grupos o entidades jurídicas con el objetivo de maximizar los ingresos de subsistencia comprenden la minería a pequeña escala y la minería artesanal.

2.2.4 Concentración gravimétrica

A medida que las regulaciones ambientales y los requisitos de permisos se vuelven más estrictos, La concentración gravimétrica puede convertirse en la única tecnología económicamente viable para algunos depósitos de mineral (Ccari, 2022).



“Gravimetría es la operación por el cual podemos separar minerales pesados de otros menos pesados o livianos, aprovechando la diferencia de sus gravedades específicas, con adición de agua, teniendo en cuenta la presión y el flujo de ésta” (Santos y Medina, 2017; pág. 4).

Rivera (2017) en su trabajo de la concentración gravimétrica aborda distintas técnicas y tecnologías cuyo principal objeto es la separación de oro o de otros minerales. Para ello, empleó diferentes metodologías que basan sus principios de operación en las fuerzas de gravedad y su interacción con las fuerzas hidráulicas, de fricción, diferencia de densidades y/o peso específico (Castillo, 2018).

Aunque la concentración gravimétrica ha sido discutida en capítulos anteriores como una etapa auxiliar de varios métodos de extracción de oro, es esencial enfatizar la eficiencia y eficacia del equipo. Así, se pueden catalogar como técnicas de extracción de bajo costo y de fácil implementación en la minería a pequeña escala o artesanal (Castillo, 2018).

En comparación con otros minerales, el elevado peso específico del oro (19,3 g/cm³) permite separar este metal de otros elementos, incluso cuando se encuentra en tamaños de partícula muy pequeños, según Hinojosa (2016). Esto demuestra la eficacia de estos métodos, que dependen del tamaño y la forma de las partículas de oro obtenidas durante la etapa de molienda. Se relacionan los equipos específicos para diferentes tamaños de partículas que se pueden emplear de acuerdo a la caracterización y composición mineralógica del depósito aurífero, la cual determina el grado de trituración óptimo para una adecuada separación (Concha, 2007).



2.2.4.1 Fundamentos y criterios de aplicación

El principio que explica la concentración por medio de la gravedad es el “asentamiento obstaculizado”, es decir, que la velocidad mayor o menor de asentamiento de partículas de diferentes tamaños y peso, en un medio líquido, que a su vez contiene partículas finas del mismo sólido, las cuales obstaculizan o retardan la caída de las partículas que se pretende diferenciar por su velocidad de asentamiento (Villas y Sánchez, 2006).

La presencia de gran cantidad de partículas más finas, dificulta el desarrollo normal en proceso de separación (Villas y Sánchez, 2006).

No obstante, la norma crucial es el peso, la proporción entre las cargas particulares del metal y la ganga, con la del medio fluido, que se comunica de la siguiente manera:

El criterio de concentración es $Q = (D_p - D_m) / (D_l - D_m)$. Fuente: Arthur H. F. Taggart (1966).

Dónde: **D_p** se denomina La densidad de las partículas pesadas (mineral), **D_l** es la densidad de las partículas ligeras (ganga) y **D_m** es la densidad del medio fluido de separación.

Se comprende fácilmente que mientras mayor sea la diferencia entre densidades de menas pesadas vs. ganga, y entre estas y la densidad del líquido, el proceso será más eficiente, y en especial, que la presencia de partículas finas, que forman una suspensión con el agua, con densidad mayor que 1 con mayor viscosidad, es particularmente negativa, por disminuir la velocidad de asentamiento obstaculizado de las partículas útiles, de menas pesadas (Villas, citado por Julca y Ortiz, 2017; p. 45)



2.2.5 AMALGAMACION

La recuperación de oro y plata nativos a partir de materiales auríferos o argentíferos se realiza mediante el proceso de amalgamación. El mercurio puede combinarse con el oro, la plata y otros metales y sus compuestos. Estas aleaciones se denominan amalgamas.

2.2.5.1 Mercurio

El mercurio es un elemento natural que puede encontrarse en depósitos de carbón y rocas de la corteza terrestre. En la tabla periódica se indica con el símbolo Hg. y el número atómico es 80” (EPA, 2022).

Existe en diversas formas:

- metilmercurio y otros compuestos orgánicos,
- mercurio elemental (metálico),
- compuestos de mercurio inorgánico.

El metilmercurio y otros compuestos de mercurio orgánico se forman cuando el mercurio se combina con el carbón. Los organismos microscópicos convierten el mercurio en metilmercurio, que es el compuesto de mercurio orgánico más común del medio ambiente (EPA, 2022).

A temperatura ambiente, el mercurio metálico o elemental es un líquido plateado brillante. Se utiliza en termómetros antiguos, algunos interruptores eléctricos y bombillas fluorescentes. Cuando cae, el mercurio elemental se rompe en gotitas más pequeñas que pueden filtrarse por grietas o adherirse firmemente a ciertos materiales. El mercurio que ha estado expuesto a la intemperie puede evaporarse y convertirse en un gas



tóxico, inodoro e invisible a temperatura ambiente. Si se calienta, es un gas incoloro e inodoro (EPA, 2022).

El mercurio, un elemento que no se ha mezclado con nada más, se denomina mercurio elemental. Cuando el mercurio reacciona con otra sustancia, forma un compuesto (EPA, 2022).

Excepto el sulfuro de mercurio (cinabrio), que es rojo, los compuestos inorgánicos de mercurio suelen ser cristales o polvos blancos hechos de sales de mercurio. La mayoría de los usos de los compuestos inorgánicos fueron suspendidos (EPA, 2022).

2.2.5.2 Emisiones de mercurio en la atmósfera

Cuando el mercurio se desprende de las rocas y acaba en la atmósfera y el agua, es perjudicial para el medio ambiente. Estas emisiones pueden ser producidas por la naturaleza. Tanto los volcanes como los incendios forestales envían mercurio a la atmósfera (EPA, 2022).

Sin embargo, la mayor parte del mercurio que llega al medio ambiente es resultado de actividades humanas. La quema de carbón, petróleo, madera y combustible pueden ocasionar que el mercurio quede suspendido en el aire, así como también, la quema de residuos que contienen mercurio (EPA, 2022).

"Deposición atmosférica" se refiere al proceso por el que este mercurio en suspensión cae al suelo en forma de gotas de lluvia, polvo o simplemente por gravedad. La cantidad de mercurio depositada en un área específica depende de cuánto mercurio se libera de las fuentes locales, regionales, nacionales e internacionales (EPA, 2022).

2.2.5.3 Exposición frecuente al mercurio

El principal método por el que las personas se exponen al mercurio es a través del consumo de pescado y marisco que contienen altos niveles de metilmercurio, una forma muy tóxica de mercurio que se encuentra en los tejidos de estos animales. Una forma más infrecuente de exposición al mercurio es a través de la inhalación de vapores de mercurio. El mercurio puede escaparse de un recipiente o de un aparato o producto que se haya roto. Si el mercurio no se coloca en un recipiente o se limpia de inmediato, se puede evaporar y convertir en un vapor tóxico invisible e inodoro (EPA, 2022).

2.2.5.4 Efectos de salud relacionados con la exposición al mercurio

- La exposición al mercurio en altos niveles puede dañar el cerebro, corazón, riñones, pulmones y sistema inmunológico de personas de todas las edades (EPA, 2022).
- Los altos niveles de metilmercurio en el torrente sanguíneo de los niños pequeños y de los bebés en proceso de desarrollo en el útero pueden dañar el sistema nervioso en desarrollo, lo que afecta su capacidad para pensar y aprender (EPA, 2022).

2.2.5.5 Efectos ecológicos de la exposición al mercurio

Las aves y los mamíferos que se alimentan de pescado tienen más probabilidades que otros animales de los ecosistemas acuáticos de estar expuestos al metilmercurio. El riesgo se extiende a los depredadores que se alimentan de estos mamíferos y aves. Se encontró metilmercurio en águilas, nutrias y panteras de Florida en peligro de extinción (EPA,



2022). Estos animales experimentan los siguientes efectos negativos del metilmercurio cuando se exponen a niveles elevados: comportamiento anormal, crecimiento y desarrollo más lentos, reproducción reducida y muerte.

2.2.5.6 Uso y aplicación de mercurio en minería artesanal

El mercurio(Hg) es un elemento bastante empleado en la minería para la extracción del oro tanto aluvial como de filón (roca), en proceso de la extracción aluvial, el Hg forma una amalgama con el oro granulado que se encuentra disgregado en el sedimento del lecho del río, en consecuencia posteriormente (Valderrama, citado por León Banegas, 2017), es expulsado al ambiente en forma de gases durante el proceso de la quema de la amalgama y en estado líquido a través de los vertimientos que son esparcidos a los cuerpos de agua o se dejan a campo abierto sin ningún tratamiento (Rojas, citado por León, 2017).

Procesos:

A) Molienda

La trituración de minerales para la operación mecánica para minimizar el tamaño de partículas, con el propósito de liberar la mena de los materiales con poco valor económico (Anticoi, citado por León, 2017); el molino es la maquinaria que reduce el tamaño de partículas y libera el oro asociado a la pirita de las vetas, al interior de los molinos se usan billas de acero, estas que ocupan un 30% del volumen del cilindro (Romano, citado por León, 2017).

B) Quimbalete



Es instrumento de desgaste de material refinado que obtiene una disminución evidente en el dimensión de partícula, construido con grandes bloques de granito, con una base también de granito y reforzada con una ligera capa de cemento (Romano, citado por León, 2017); el desgaste es producido por la fricción constante entre una de las caras del bloque sobre la base de este, el roce de las caras del quimbaleta con el material se consigue por medio del sistema de balanceo constante aplicado desde la parte superior, paralelamente adicionando agua (Anticoi, citado por León, 2017).

C) Amalgamación

La amalgamación es un proceso que consiste en la adherencia preferentemente del Au por el Hg, durante la fase de amalgamación es importante que la partícula de Au este libre y limpio de óxidos y minerales que puede contener entre 60 y 70% de oro (Gregorio y Valderrama, citado por León, 2017), donde el Hg concentra al Au, es decir, ambos logran formar un elemento sólido. Hay dos usos para el proceso de amalgamación en la recuperación de oro: 1. El proceso de recuperación de oro fino es el que contamina las masas de agua, 2. Extracción de oro con el propósito de alcanzar un producto de concentrado adecuado para la fundición y comercialización (Rodríguez, citado por León, 2017).

2.2.6 MOLIENDA

2.2.6.1 Grados de molienda

La molienda es el último escalón de la fragmentación¹ industrial, sigue a la trituración normalmente, y se caracteriza por el tamaño de salida

de los productos que puede estar entre algunos mm y algunas μm (Blanco, 2009).

Los molinos, que pueden funcionar en seco o en húmedo, son el medio por el que se lleva a cabo. La diferencia entre ambos medios suele caracterizarse por una humedad en torno al 8%, lo que provoca cierta adherencia del producto y limita el comportamiento del equipo de molienda. Por debajo se considera humedad superficial y el trabajo de los equipos es en seco, siendo deseable que esta humedad no rebase el 3%-4% (Blanco, 2009).

Se diferencia en la tabla las denominaciones correspondientes a proceso, etapa y escalón.

Tabla 2.
Escalones de la fragmentación

Proceso	Etapa	Escalón	Humedad	Tipo de equipo	
Fragmentación (Reducción de un bloque a tamaños menores)	Trituración (Etapa de la fragm. para tamaños gruesos)	Primaria	Seco	Trituradoras (Mandíbulas, conos, rodillos, martillos, etc.)	
		Secundaria	o		
		Terciaria	Húmedo		
	Molienda (Etapa de la fragm. Para tamaños finos)	Gruesa	Seco		Molinos (Barras, bolas, SAG, autógenos y de guijarros)
		Media	o		
		Fina	Húmedo		
	Ultrafina				

Fuente: Blanco, (2009)



2.2.6.2 Fuerzas dominantes en la trituración o molienda

Las máquinas utilizan una fuerza u otra de forma preferente. Por lo tanto, el equipo y su uso previsto se toman en consideración en función de esto.

Para ello sirven, entre otras cosas, las propiedades de los materiales y sustancias que se van a fragmentar:

Molturabilidad: Capacidad de fragmentación, normalmente vinculada a la cantidad de energía necesaria o a la dificultad de la fragmentación.

Abrasividad: Grado de agresividad o no agresividad con el que los materiales y equipos se rozan entre sí (abrasión o atrición). Normalmente, se determina por su contenido en sílice (SiO_2).

Pegajosidad: Cualidad de la adherencia entre materiales, también conocida como pastosidad, que suele estar influida por la humedad. No tiene relación directa con la viscosidad ya que esta última es una cualidad mensurable mediante ensayos normalizados y la pegajosidad es un concepto indicándose normalmente que aumenta o disminuye o afecta más o menos al proceso (Blanco, 2009).

En un proceso de fragmentación suelen intervenir las siguientes fuerzas:

- La compresión.
- El cizallamiento.



- El impacto o percusión.

- La abrasión o desgaste.

La compresión se puede aplicarse en forma discontinua o continua:

1. Compresión discontinua: Se aplican múltiples rondas de compresión a cada bloque. Las trituradoras de cono, mandíbula y giratorias son algunas de las máquinas utilizadas. La naturaleza de este tipo de maquinaria es universal: puede utilizarse con cualquier mineral. Tienen relaciones de reducción comprendidas entre 4 y 10 (Blanco, 2009).

2. Compresión continua: Se aplica al bloque una compresión única de intensidad variable. Se utilizan trituradoras y molinos de cilindros o rodillos. Se utilizan para tratar minerales que no son muy duros o abrasivos, como el carbón. Tiene relaciones de reducción entre 4 y 6 (Blanco, 2009).

- **Choque por impacto o percusión:** Cada bloque recibe un choque de alta energía repentina. Se utilizan trituradoras de impacto, martillo, caída libre o cascada. En general no son aptas para materiales muy abrasivos y su relación de reducción es muy elevada, de 40 a 50 (Blanco, 2009).

• **Choque:** Esta componente adquiere importancia en los molinos cuando estos trabajan a velocidades altas, próximas a la velocidad crítica, y las bolas describen trayectorias parabólicas yendo a golpear en la zona del pie de carga, ver figura en apartados siguientes, correspondiente a



zonas en el interior de un molino, (esta zona es donde el molino recibe la alimentación) (Blanco, 2009).

- **Flexión:** La fuerza más común es el cizallamiento y la flexión, que tiene el efecto de desgarro y suele ir acompañada de una compresión adicional. Se utilizan trituradoras de rodillos, de placas y de rodillos dentados o estriados. Pueden utilizarse en materiales duros, pero poco abrasivos. La relación de reducción está entre 4 y 6 o entre 4 y 10 según tipo de equipo (Blanco, 2009).

- **Mixto:** La compresión, la fricción y el impacto constituyen la mayor parte de las fuerzas. Se utilizan molinos autógenos SAG, de guijarros, de barras y de bolas. La relación de reducción es muy elevada, puede alcanzar valores de 60 o 90, incluso superiores, y depende de la configuración de la instalación en circuito abierto o cerrado (esta última más generalizada por la economía de energía que representa a igualdad de condiciones del proceso mineralúrgico) (Blanco, 2009).

Cada etapa o escalón se puede configurar como un sistema que trabaje en circuito abierto o en circuito cerrado, generalizándose el trabajo en circuito cerrado en las etapas de molienda y en las últimas de la fragmentación y en circuito abierto en las primeras etapas de fragmentación (Blanco, 2009).

2.2.6.3 Zonas del interior de un molino

El material a moler y las bolas de molienda están contenidos en grandes cilindros que giran sobre su eje en los molinos. Según sea la característica de estos cuerpos molturadores, cilindros metálicos (barras



metálicas con una longitud muy superior al diámetro), bolas metálicas o de fundición, trozos gruesos del propio mineral a moler, compuestos de sílice o mezcla de componentes, así se puede denominar el molino (Blanco, 2009).

La principal acción de un molino es la abrasión, o atrición. Esto se debe a que la masa del interior del molino se mueve sobre sí misma al girar el cilindro, creando mucha fricción entre las partículas y los elementos de molienda. No es despreciable el efecto de impacto, función de la velocidad de rotación, de los cuerpos cuando son lanzados o por su caída en cascada o catarata por el efecto de giro y desplazamiento de masas (Blanco, 2009).

En general para producir partículas finas prepondera el efecto abrasivo y para tamaños mayores, el impacto empieza a tener relevancia, en función del tamaño de los cuerpos moledores (Blanco, 2009).

Es posible que los molinos funcionen de forma discontinua, cerrando el aparato y haciéndolo girar durante un tiempo predeterminado antes de vaciar el contenido y separar el material molido de los cuerpos moledores (bolas, guijarros, etc.), Sin embargo, en la mayoría de las explotaciones mineras y canteras, el trabajo es interminable. Esta forma de trabajo, en continuo, hace que la granulometría producida siga un proceso estadístico donde el tiempo de residencia dentro del molino afecta a la granulometría (Blanco, 2009).

El cilindro se desliza sobre extremos huecos o ejes. Por el lado de la alimentación, y a través del espacio hueco del eje, se introduce el material a moler, agua si hay que ajustar el contenido de sólidos en peso o



volumen, y la reposición de los cuerpos moledores y por el otro extremo (según el tipo de vertido: de rebose, lateral, central, otro) se produce una salida continua de material molido, normalmente arrastrado por una corriente de agua (molienda en húmedo) o de aire (molienda en seco) (Blanco, 2009).

El tiempo de residencia está influido por el tamaño del cilindro, el volumen útil y el caudal. Modificar el caudal es una forma de controlar la granulometría y ajustar el molino a las necesidades cambiantes. Pueden definirse distintas zonas dentro de un molino, tanto en los de barras como en los de bolas, en función de la velocidad de rotación y el grado de llenado, dos componentes esenciales del proceso de molienda. Junto con las anteriores variables, adquiere una importancia relevante el grado de humedad del material a moler que condiciona el tipo de molienda y los resultados de la misma (Blanco, 2009).

Se considera que las principales características del funcionamiento de un molino son las siguientes: nivel de llenado del molino, la velocidad de rotación del molino y la humedad de los productos a moler (relación agua/sólido en los productos de la alimentación) (Blanco, 2009).

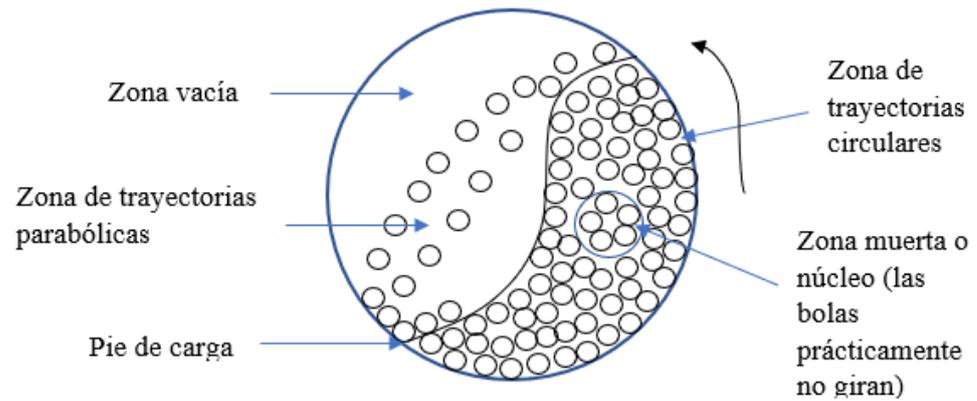


Figura 1. Zonas del interior de un molino

Fuente: Blanco (2009).

El pie de carga corresponde a la zona más activa del molino, la de mayor capacidad de fragmentación, mientras que el núcleo representa una zona de nula o baja actividad de molienda. El esquema muestra las bolas (cuerpos molidores) de diámetro uniforme cuando en la realidad del interior de un molino en funcionamiento los diámetros muestran toda una gama de dimensiones, desde el menor posible, hasta el nominal que se introduce en la reposición (Blanco, 2009).

2.2.6.4 Grado de llenado

El grado de llenado, es decir la proporción del volumen interno del molino que ocupa la carga, conjunto de mena a moler y elementos molidores, es un factor que afecta directamente al rendimiento del molino (Blanco, 2009).

Este grado de llenado, en la práctica está comprendido entre el 40% y el 55%, habitualmente el 45%, y lo forman bolas o barras (elementos molidores) y el propio mineral a moler (Blanco, 2009).

El volumen ocupado, lo producen normalmente los elementos molidores y entre estos se introduce el material a moler, siendo estos

huecos entre las barras o las bolas el concepto utilizado para obtener el peso del material molturador. Se considera por geometría que los huecos entre barras representan el 20% del volumen y entre las bolas el 40% del volumen y así se tiene (Blanco, 2009):

Tabla 3.
Carga del molino.

Elemento	% huecos	Peso de los elementos molturadores	Observaciones
Bolas	40	$P_{bolas} = V_{mol} * 0.45 * 0.6 * d_b$	d_b : Densidad de las bolas, material molturador para el acero 7.85 kg/dm ³
Barras	20	$P_{barras} = V_{mol} * 0.45 * 0.6 * d_b$	d_b : Densidad de las barras
Carga del molino	0%	$P_{carga} = V_{mol} * 0.45 * (0.6 * d_b + 0.4 * d_m)$ $P_{carga} = V_{mol} * 0.45 * (0.8 * d_b + 0.2 * d_m)$	Molino de bolas Molino de barras d_m : Densidad del mineral

Fuente: Blanco (2009).

2.2.6.5 Velocidad de giro o rotación

Tanto el consumo como las operaciones de molienda del molino dependen en gran medida de la velocidad de rotación del molino. Este giro del molino sobre su eje produce el desplazamiento de la carga, hasta que el par resistente por el peso de la carga iguala al par motor transmitido, y produce el movimiento relativo de los elementos que la componen entre sí, produciéndose la fricción, choque, etc., que produce la molienda del

mineral y el desgaste de los elementos molturadores que deben ser repuestos periódicamente (Blanco, 2009).

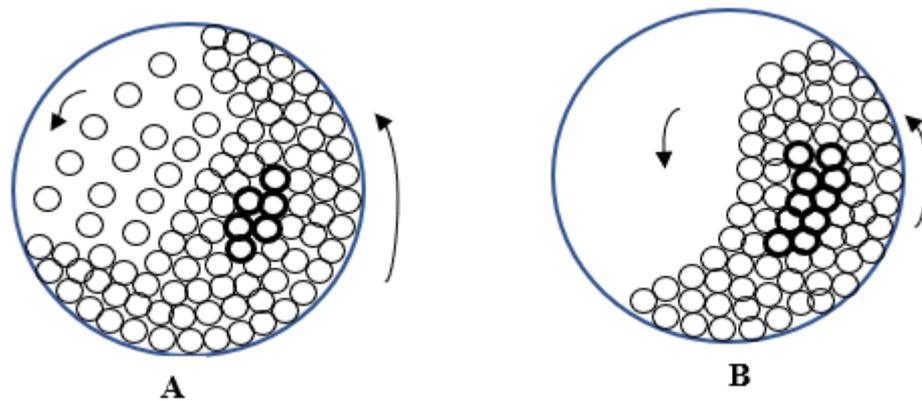


Figura 2. Carga de un molino de bolas o varilla

Fuente: Blanco (2009).

- A) Velocidad de rotación lenta, paso en cascada.
- B) Velocidad de rotación más rápida, caminata de cataratas.

Dependiendo del tamaño del molino, varios sistemas de acoplamiento producen este movimiento entre el motor y la máquina. Estos sistemas pueden clasificarse esquemáticamente como sigue:

- Molinos pequeños, hasta unos 50 kW, se emplea un sistema a base de poleas y correas trapezoidales (contramarcha) (Blanco, 2009).

- Molinos medianos, que giran a menor velocidad (20 r.p.m.) se emplean sistemas de motor, reductor, piñón (externo al molino) y corona calada concéntrica con el molino (Blanco, 2009).

- Molinos grandes, se utiliza una tracción consistente en motor síncrono, piñón, y corona calada sobre el molino (Blanco, 2009).



- Molinos muy grandes, de diámetro superior a 6 o 7 m, el propio molino es el eje, con una zona bobinada solidaria con el molino, de un motor síncrono de gran tamaño. Al poner en marcha el motor gira el molino (Blanco, 2009).

Los sistemas de acoplamiento pueden disponer de un sistema de acoplamiento hidráulico que suaviza los arranques y las brusquedades del sistema o mecanismos de arranque en carga mediante otros tipos de reguladores de velocidad estáticos (variadores, etc.) (Blanco, 2009).

2.2.6.6 Velocidad crítica

La velocidad de revolución del molino se caracteriza como un nivel de la "velocidad crítica teórica" o "velocidad crítica" de un molino, y que es aquella velocidad de rotación del molino por la cual la primera fila de bolas en contacto con la carcasa y por el efecto centrífugo, se pega a la carcasa y deja de producir el efecto de la molienda, permanece pegada a la carcasa durante una vuelta total. Esta velocidad es teórica y por el efecto de deslizamiento o el contrario de arrastre de los forros sufre ligeras modificaciones, pero siempre se considera una velocidad de referencia (Blanco, 2009).

La definición de velocidad crítica teórica se refiere a aquella velocidad que centrifugaría una partícula infinitesimal situada en la periferia interna del molino (Blanco, 2009).

Se utiliza la idea de crítica porque representa la velocidad más lenta que provoca el efecto mencionado. Cualquier velocidad superior a ésta provoca que el efecto de adherencia se produzca en la fila exterior de bolas



y, en función del valor de esta velocidad, en las filas siguientes. En el momento que se alcanza la velocidad crítica, el molino pierde capacidad de molienda ya que hay un porcentaje de la carga de elementos molturadores que no realiza trabajo alguno (Blanco, 2009).

El valor de la “velocidad crítica, V_c o ω_c ” es (Blanco, 2009):

$$V_c = \frac{42,3}{\sqrt{D}} \quad \omega_c = \frac{4,43}{\sqrt{D}}$$

V_c : Velocidad crítica en r.p.m.

ω_c : Velocidad crítica en rad/s.

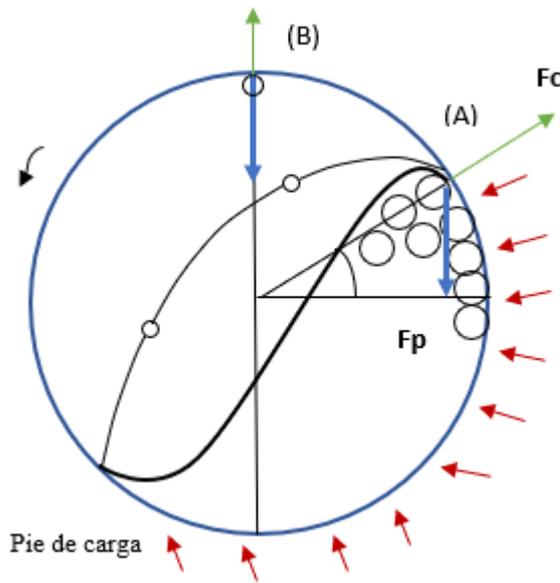
D : Diámetro interno del molino en (m) y que puede tener la expresión

$$D = D_n - 2 \cdot E_f - D_b/2$$

D_n : Diámetro nominal del molino, indicado normalmente en catálogo.

E_f : Espesor medio de los forros.

D_b : Diámetro medio de las bolas/barras.



El equilibrio de fuerzas supone:
 $F_c = m V^2/R$; $R = D/2$; $m = P/g$;
 P : peso de la bola.
 $F_p = P$; la ecuación del equilibrio en un punto es:
 $F_c \text{ sen } (\alpha) = F_p$; para el punto (B); más exigente, se
 tiene: $\text{sen } (\alpha=90^\circ) = 1$.
 Sustituyendo: $(P/g) V^2/R = P$; y R por $D/2$
 se obtiene la velocidad:
 $2 V^2/D = G \quad V = \sqrt{(D g/2)}$
 Como: $V(\text{lineal}) = \omega (\text{angular}) R$
 Sustituyendo se obtiene, para $g = 9.81 \text{ m/s}^2$
 $\omega (\text{rad/s}) = \sqrt{(2 g/D)} = 4,43 \text{ raíz}(1/D)$;
 $\omega (\text{r.p.m.}) = (60/2\pi) 4,43 \text{ raíz}(1/D) = 42,3 \text{ raíz}(1/D)$
 D : Diámetro interno de molino en metros.

Figura 3. Obtención de la velocidad crítica del molino

Fuente: Blanco (2009)

Se considera suficiente aproximación en la bibliografía la dada por $D = D_n - 2 \cdot E_f$. Para una partícula infinitesimal en la zona exterior, $D = D_n$ que es el valor teórico (Blanco, 2009).

Para obtener la expresión anterior se considera el equilibrio entre la fuerza centrífuga que impulsa la bola contra la carcasa y la fuerza de gravedad que tiende a separarla y se comparan en la peor situación para asegurar la adherencia en los 360°, esta se corresponde al punto (B) indicado en la figura

Se observa que esta velocidad crítica depende del diámetro interno del molino y es independiente del tipo de material molido (Blanco, 2009).

La velocidad real del molino se determina normalmente como un porcentaje de esta velocidad crítica, y suele oscilar entre el 60% y el 80%. El punto de máximo rendimiento, medido por la potencia necesaria para accionar el molino, está en el entorno del 75% y se suelen utilizar velocidades de rotación de 65-70% para los molinos de bolas y de 50-70% para los molinos de barras (Blanco, 2009).

Tabla 4.
Velocidades de trabajo indicadas por los fabricantes en molino de bolas.

<i>Diámetro (m)</i>	<i>Longitud (m)</i>	<i>Volumen (m³)</i>	<i>Potencia CV</i>	<i>Velocidad crítica Vc</i>	<i>Velocidad catálogo</i>	<i>Vc(r.p.m.) % Vc</i>
1.00	3.5	2.75	50	42.3	32	76
1.32	5.0	6.84	100	36.8	28	76
1.80	6.0	15.26	200	31.5	23	73
2.04	6.0	19.60	250	29.6	22	74
2.15	6.0	21.77	250	28.8	21	73
2.40	6.0	27.13	400	27.3	19	70
2.70	6.0	34.34	450	25.7	17	66

Fuente: Blanco (2009)

2.2.6.7 Efecto de la humedad

El mayor rendimiento de los molinos se consigue en seco, pero no en absoluto, sino con una pequeña humedad del 1%, que por razón alguna favorece la rotura de los granos (Blanco, 2009).

Si la proporción de agua sigue aumentando, el rendimiento cae rápidamente, donde se produce una pasta pegajosa que recubre las bolas y forros e impide los choque y la abrasión, hasta alcanzar un valor del 8%-9% donde aumenta rápidamente el rendimiento de la molienda y se mantiene este rendimiento alto hasta valores de 55%-60% de sólidos en peso (Blanco, 2009).

Por las diferentes facilidades en la molienda, (menos polvo, disminución del ruido, facilidad de transporte, entre otras), se prefiere la



molienda en húmedo frente a la molienda en seco, con la observación hecha para aquellos productos a los que la humedad puede afectar o hacer reacción, como el caso de la oxidación o contaminación de la mena por otros efectos, o la evidente de disponibilidad de agua en la cantidad adecuada (Blanco, 2009).

2.2.7 Tipos y sus aplicaciones de planchas de goma

En el mundo actual, las planchas de goma se utilizan en numerosos entornos comerciales e industriales. Por sus características hace que sea un material imprescindible en muchos ámbitos (Pavimentos, plásticos y cauchos, suelos, 2022).

2.2.7.1 Aplicaciones de las planchas de goma

Donde la lista de aplicaciones es innumerable, aquí enumeramos las más destacadas:

- Juntas de dilatación
- Cubiertas de neumáticos
- Suelo con diferente terminación para el tránsito de personas
- Suelos alveolares
- Apoyos estructurales
- Todo tipo de industrias (minera, automotriz, etc.)
- Cintas transportadoras
- Etc.

2.2.7.2 Tipos de plancha de goma

Actualmente se utilizan diversas variedades de planchas de goma:

SBR, NR y NBR

A) Plancha de goma SBR

El polímero fabricado mediante la polimerización de una mezcla de dos o más monómeros se conoce como SBR (caucho estireno-butadieno). Es sin duda el caucho más utilizado en el mundo. Se consigue a partir de látex (fluido lácteo) que lo podemos encontrar en un gran número de especies vegetales (Pavimentos, plásticos y cauchos, suelos, 2022).

Su principal característica es su excelente resistencia a la abrasión y al desgarro.



Figura 4. Plancha de goma SBR

Fuente: Pavimentos, plásticos y cauchos, suelos.

B) Planchas de goma NR

El caucho natural NR (Natural Rubber) es un elastómero fabricado a partir del látex llamado caucho natural. La corteza de los árboles, concretamente el "Hevea Brasiliensis", es la fuente principal. Se trata de un árbol procedente de cultivos en África y Sudeste Asiático, originario del Amazonas del cual se obtiene el fluido lechoso que circula por sus vasos laticíferos, fluido que este compuesto principalmente el polímero

orgánico Cis-Polisopreno, del cual se obtiene el NR (Pavimentos, plásticos y cauchos, suelos, 2022).

Sus principales características son su elasticidad o flexibilidad, propiedades mecánicas y resistencia a las temperaturas (Pavimentos, plásticos y cauchos, suelos, 2022).



Figura 5. Planchas de goma NR.

Fuente: *Pavimentos, plásticos y cauchos, suelos.*

C) Planchas de goma NBR

El caucho NBR (Caucho Acrilo Nitrilo) también se conoce como caucho nitrilo o nitrílico. Este caucho que pertenece a la familia de los cauchos sintéticos. Se trata de un copolímero de butadieno y acrolonitrilo (*Pavimentos, plásticos y cauchos, suelos, 2022*).

Los cauchos nitrílicos son parte de los cauchos sintéticos con la mejor resistencia a hidrocarburos, grasas, aceites lubricantes, fluidos de transmisión, fluidos hidráulicos, etc. (*Pavimentos, plásticos y cauchos, suelos, 2022*).



Figura 6. Planchas de goma NBR

Fuente: Pavimentos, plásticos y cauchos, suelos.

Tabla 5.
Propiedades de las planchas de goma

	SBR	NR	NBR
<i>Descripción</i>	Caucho Estireno Butadieno	Caucho Natural	Caucho Nitrilo
<i>Temperatura</i>	De -50°C a 110°C	De -50°C a 90°C	De - 30°C a 120°C
<i>Dureza (Shore A)</i>	35 - 95	30 - 90	30 - 95

Fuente: Pavimentos, plásticos y cauchos, suelos.

Tabla 6.
Propiedades físicas de SBR, NR, NBR.

	SBR	NR	NBR
<i>Flexibilidad</i>	Muy buena	Excelente	Muy buena
<i>Resist. A la tracción</i>	Muy buena	Excelente	Muy buena
<i>Resist. a la rotura</i>	Buena	Muy buena	Buena
<i>Impermeabilidad en gas</i>	Regular	Muy buena	Buena
<i>Resist. al envejecimiento</i>	Buena	Buena	Buena
<i>Resist. al fuego</i>	Regular	Regular	Baja
<i>Resist. a la abrasión</i>	Muy buena	Muy buena	Muy buena

Fuente: (Pavimentos, plásticos y cauchos, suelos, 2022)

Tabla 7.
Propiedades químicas de SBR, NR, NBR.

	<i>SBR</i>	<i>NR</i>	<i>NBR</i>
<i>Resist. al ozono/oxígeno</i>	Regular	Regular	Buena
<i>Resist. a los carburantes</i>	Baja	Baja	Excelente
<i>Resist. a grasas/aceites hidra.</i>	Baja	Baja	Excelente
<i>Resist. a ácidos</i>	Baja	Baja	
<i>Resist. a los alcalinos</i>	Buena	Buena	Muy buena
<i>Resist. al agua caliente</i>	Muy buena	Buena	Buena

Fuente: (Pavimentos, plásticos y cauchos, suelos, 2022)

Tabla 8.
Especificaciones de SBR, NR, NBR.

	<i>SBR</i>	<i>NR</i>	<i>NBR</i>
<i>Color</i>	Negro	Beige	Negro
<i>Densidad</i>	1.6 g/cm ³	1.1 g/cm ³	1.5 g/cm ³
<i>Elongación</i>	400%	625%	400%
<i>Resistencia a la tracción</i>	8 N/mm ²	19 N/mm ²	8 N/mm ²
<i>Temperatura</i>	-50°C a 110°C	-50°C a 90°C	-25°C a 125°C

Fuente: (Pavimentos, plásticos y cauchos, suelos, 2022)



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

La Unidad Minera Monteflor, se ubica en paraje MONTEFLOR del distrito de Limbani, provincia de Sandia y departamento de Puno, al sur del Perú.

Este proyecto metalúrgico está ubicado en:

- Unidad Minera: MONTEFLOR
- Distrito: LIMBANI
- Provincia: SANDIA
- Departamento: PUNO

3.2 PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO

De acuerdo con la metodología, se llevó a cabo el siguiente procedimiento para alcanzar los objetivos mencionados: revisión bibliográfica, implementación del proyecto, recolección de datos, procesamiento y análisis de datos, realizar el análisis del mineral de cabeza en laboratorio, contrastación en planta, durante los meses de febrero, marzo, abril, mayo, junio y julio del año 2022.

3.3 PROCEDENCIA DEL MATERIAL ESTUDIADO

La materia prima o el mineral a ser estudiado proviene de una labor o bocamina de paraje MONTEFLOR, el cual es para el procesamiento en el molino continuo con trampas de fácil acceso.



3.4 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

De acuerdo al trabajo de investigación y por las características del estudio es de tipo descriptivo y experimental.

3.4.1 Diseño de investigación

Dado que el proyecto tiene como objetivo el procesamiento de minerales auríferos mediante la implementación de un molino continuo con trampas de fácil acceso caladas en la chaqueta de goma y su incidencia en la recuperación de oro, en la Unidad Minera MONTEFLOR. Se recurre al balance metalúrgico para evaluar el porcentaje de su recuperación, el ancho óptimo de la trampa de fácil acceso caladas en la chaqueta de goma en el interior del molino continuo y determinar la densidad de la pulpa óptima del molino continuo con trampas de fácil acceso calados en la chaqueta de goma en la unidad minera MONTEFLOR.

3.4.2 Población

El término población se refiere a “cualquier conjunto de elementos de los que se quiere conocer o investigar alguna o algunas de sus características.” (Alcaide, citado por Balestrini, 2001).

La población de estudio está constituida por las diferentes labores que existen en el paraje minero MONTEFLOR, existen alrededor de 10 labores o bocaminas en dicho paraje minero Monteflor.

3.4.3 Muestra

Se toma como muestra, minerales de una (01) labor en la unidad minera Monteflor mediante muestreo aleatorio simple. De una labor de las 10 que existen en el paraje minero Monteflor. El proyecto de investigación es puntual y



específico, porque que se dio en una labor o bocamina en la minera MONTEFLOR.

3.4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica que se aplicó para la recolección de datos es tomar muestras del recojo del concentrado obtenido de las trampas de fácil acceso caladas en la chaqueta y la densidad de pulpa de manera aleatoria, se relacionó dichas muestras con la ley de cabeza del mineral para la investigación y así se obtuvo toda la información necesaria y como instrumento se tiene un formato para la recolección y registro de datos, realizado de acuerdo a la necesidad del estudio.

3.4.5 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

En esta sección se detallan los distintos procedimientos a los que se someten los datos del estudio descriptivo y experimental, que son empleadas para descifrar lo que revelan los datos obtenidos de la operación metalúrgica del molino continuo con trampas de fácil acceso.

3.5 OPERACIONES DE VARIABLES

3.5.1 Variable dependiente

VD: Porcentaje de recuperación

3.5.2 Variable independiente

VI: Ancho óptimo de la trampa

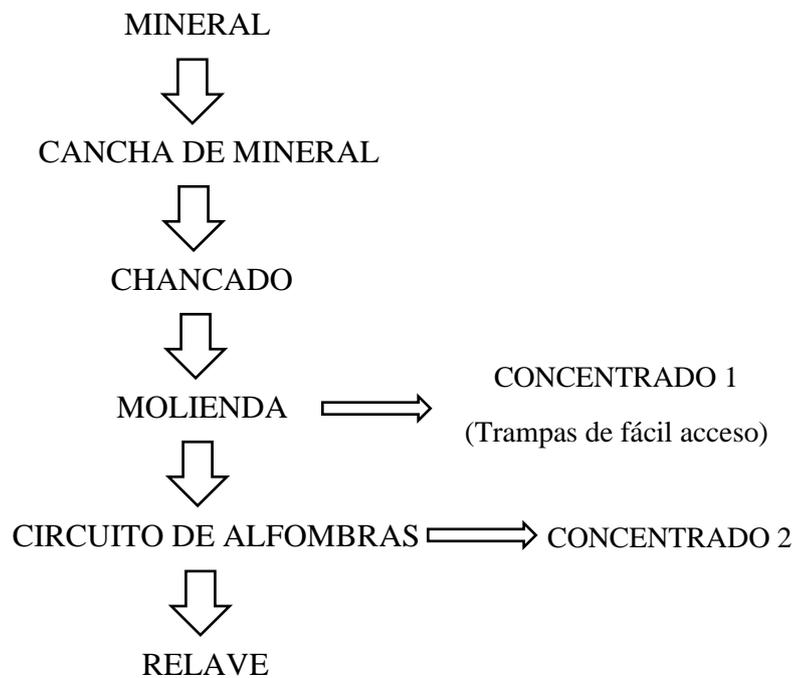
VI: Densidad óptima de la pulpa

3.6 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO METALÚRGICO

El procesamiento del mineral aurífero en la Unidad Minera MONTEFLOR es de la siguiente manera:

- Mineral
- Chancado
- Molienda _ gravimetría.
- Circuito de alfombras _ gravimetría.
- Relave

DIAGRAMA DE FLUJO – UNIDAD MINERA MONTEFLOR



3.6.1 Mineral

El acarreo o transporte del mineral de interior mina hacia la cancha de recepción se realiza en carretillas debido a la accesibilidad y lejanía de la zona, el mineral procedente de la mina se acumula en la cancha de gruesos y luego el mineral es transportado al área de chancado.



3.6.2 Chancado

El mineral procedente de la mina para el chancado correspondiente es alimentado por el personal de turno manualmente con palas, a una chancadora de quijadas 8 x 10 pulgadas. accionado con un motor a gasolina de 13 Hp. para luego ser acumulado en la cancha de mineral de finos para su procesamiento.

3.6.3 Molienda - gravimetría

Aquí el mineral chancado es alimentado con pala al molino 2.3x2.8 pies cada 5 minutos (3 palas), por el personal a cargo, para la determinación de la densidad de la pulpa del molino, se realiza la toma de muestra de la descarga del molino de una manera aleatoria, cada 30 minutos y estas son anotados en un formato de reportes para el estudio correspondiente. Con una supervisión estricta.

El tiempo de operación de la molienda y concentración gravimétrica en el molino con trampas de fácil acceso, es de 8 horas. Luego se procede a realizar el recojo del concentrado 1 de las trampas de fácil acceso, seguidamente se realiza el secado del concentrado sometiéndolo a fuego lento. Para su posterior pesaje y disposición a gerencia.

3.6.4 Circuito de alfombras - gravimetría

La descarga del molino 2.3x2.8 pies, pasa por un circuito de alfombras de una longitud de 10 m. y 40 cm de ancho con una inclinación de acorde al comportamiento de la pulpa que oscila entre 10 a 12 grados de ángulo de inclinación y obtenemos el concentrado Nro. 2 oro fino del circuito de alfombras, el cual es enviado a la gerencia para su tratamiento correspondiente.



3.6.5 Relave

El molino con trampas de fácil acceso procesa 2 TMD. Generando relaves luego de pasar por el circuito de alfombras. El relave procesado en la planta es enviado por un conducto de PVC de 2" de diámetro por gravedad a la cancha de relave. La relavera está debidamente controlada para evitar la contaminación ambiental.

3.7 PROCEDIMIENTO METODOLOGICO DE LA INVESTIGACION

La técnica comprende lo siguiente:

- Información sobre el tema de investigación a partir de una bibliografía.
- Adquirir una muestra representativa del mineral de cabeza de la mina Monteflor.
- Tomar muestras del recojo del concentrado 1, obtenido de las trampas de fácil acceso caladas en la chaqueta del molino, para determinar el ancho óptimo de la trampa.
- Se realiza el muestreo de pulpa en la descarga del molino, para determinar la densidad óptima de la pulpa.
- Relacionar dichas muestras con la ley de cabeza del mineral, para la contrastación de datos.
- Como instrumento se tiene un formato de registro, para la recolección y registro de datos.
- Sistematizar los resultados obtenidos, mediante balances metalúrgicos y gráficos representativos.

Para la evaluación de la prueba metalúrgica del molino continuo con trampas de fácil acceso caladas en la chaqueta de goma, se efectuó el seguimiento del proceso desde la acumulación y almacenamiento del mineral para el procesamiento hasta la obtención



de los concentrados de oro. En la primera etapa se procedió a la colocación de la chaqueta de goma al molino y posteriormente se realiza el calado de las trampas de 0.5 cm de ancho en la chaqueta con un cuchillo metálico. Seguidamente se adiciona 0.607 toneladas de billas. Luego se alimenta al molino con el mineral chancado utilizando una pala, alimentando un total de 2 TM de mineral. Para las pruebas siguientes se realiza el mismo procedimiento y seguimiento del proceso. Una vez puesto en marcha el molino continuo con trampas de fácil acceso se mide la densidad de la pulpa cada media hora y estas son apuntadas en un formato para la recolección y registro de datos durante el tiempo de procesamiento.

Una vez terminado el procesamiento de mineral, se realiza la descarga del concentrado, retirando primeramente la tapa del molino continuo para realizar el lavado correspondiente, después se procede a extraer el concentrado de las trampas de fácil acceso, luego de realizar esta operación se realiza el secado del concentrado en una hornilla a fuego lento para su pesaje y su posterior disposición a gerencia.

Esta misma operación se realiza para todas las medidas del ancho de la trampa 0.5 cm, 0.8 cm, 1 cm y 1.2 cm. De igual manera para las densidades 1300 g/L, 1350 g/L, 1400 g/L y 1450 g/L. Para encontrar el ancho óptimo de las trampas de fácil acceso y la densidad óptima de la pulpa.

Para determinar el ancho óptimo de la trampa de fácil acceso, se realizó las pruebas experimentales con diferentes dimensiones del ancho de la trampa, que son las siguientes: 0.5 cm, 0.8 cm, 1 cm, 1.2 cm, con cada una de estas dimensiones se realizó el procesamiento del mineral.

Se considera como ancho óptimo de la trampa, la sección que luego del procesamiento del mineral obtenga el mayor porcentaje de recuperación.

- Para determinar la densidad óptima de la pulpa del molino continuo, se realizó las pruebas experimentales con diferentes densidades como: 1300 g/L, 1350 g/L, 1400 g/L y 1450 g/L. con cada una de estas densidades se procesó el mineral.

Se considera como densidad optima de la pulpa, la que luego del procesamiento del mineral, se obtenga el mayor porcentaje de recuperación.



Figura 7. Trampas de fácil acceso caladas en la chaqueta de goma al interior del molino

3.8 PRUEBAS EXPERIMENTALES

3.8.1 Parámetros de las pruebas.

- Alimentación al molino: mineral a ½ pulgada
- pH: Natural
- Tiempo de molienda: 8 horas
- Ancho de la trampa: 0.5 cm, 0.8 cm, 1.0 cm, 1.2 cm
- Densidad de la pulpa: 1300 g/L, 1350 g/L, 1400 g/L, 1450 g/L

3.9 PRUEBAS DE CONCENTRACIÓN A 0.5 CM DE ANCHO DE LA TRAMPA, CON DENSIDADES: 1300 g/L, 1350 g/L, 1400 g/L, 1450 g/L.

Se realizó la concentración del oro en las trampas de fácil acceso del mismo molino por la diferencia de gravedad específica. Para ello es importante que la muestra sea representativa.

3.9.1 Condiciones de la prueba

Tabla 9.
Condiciones de la concentración del molino.

Ancho de la trampa (cm)	Densidad de la pulpa (g/L)
0.5	1300
0.5	1350
0.5	1400
0.5	1450

Fuente: elaboración propia.

Se procesó el mineral a 0.5 cm de ancho de la trampa a diferentes densidades de la pulpa, tal como se observa en la tabla 9, para la determinación del ancho óptimo y la densidad óptima de la pulpa.

3.10 PRUEBAS DE CONCENTRACIÓN A 0.8 CM DE ANCHO DE LA TRAMPA, CON DENSIDADES: 1300 g/L, 1350 g/L, 1400 g/L, 1450 g/L.

3.10.1 Condiciones de la prueba

Tabla 10.
Condiciones de la concentración del molino.

Ancho de la trampa (cm)	Densidad de la pulpa (g/L)
0.8	1300
0.8	1350
0.8	1400
0.8	1450

Fuente: elaboración propia.

El ancho de la trampa de fácil acceso 0.8 cm se relacionó con cada una de las densidades de la pulpa del molino en el procesamiento del mineral tal como se observa en la (tabla 10). Para encontrar el ancho óptimo y la densidad óptima de la pulpa.

3.11 PRUEBAS DE CONCENTRACIÓN A 1.0 CM DE ANCHO DE LA TRAMPA, CON DENSIDADES: 1300 g/L, 1350 g/L, 1400 g/L, 1450 g/L.

3.11.1 Condiciones de la prueba

Tabla 11.

Condiciones de la concentración del molino.

Ancho de la trampa (cm)	Densidad de la pulpa (g/L)
1.0	1300
1.0	1350
1.0	1400
1.0	1450

Fuente: elaboración propia

La tabla 11 muestra que, se procesó el mineral aurífero en la unidad minera Monteflor, relacionando las condiciones que se observa.

3.12 PRUEBAS DE CONCENTRACIÓN A 1.2 CM DE ANCHO DE LA TRAMPA, CON DENSIDADES: 1300 g/L, 1350 g/L, 1400 g/L, 1450 g/L.

3.12.1 Condiciones de la prueba

Tabla 12.

Condiciones de la concentración del molino.

Ancho de la trampa (cm)	Densidad de la pulpa (g/L)
1.2	1300
1.2	1350
1.2	1400
1.2	1450

Fuente: elaboración propia.



Se procesa el mineral a 1.2 cm del ancho de la trampa, con densidades:
1300 g/L, 1350g/L, 1400g/L y 1450 g/L. para encontrar el ancho óptimo y la
densidad óptima de la pulpa.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS DE LA CONCENTRACION A 0.5 CM DE ANCHO DE LAS TRAMPAS, CON DENSIDADES: 1300 g/L, 1350 g/L, 1400 g/L, 1450 g/L.

4.1.1 Resultados de la concentración a 0.5 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1300 g/L.

Tabla 13.

Balance metalúrgico del molino a 0.5 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1300 g/L.

PRODUCTO	PESO (T)	% PESO	LEY Au(g/t)	% RECUPERACIÓN	% RECUPERACION TOTAL	RATIO
CABEZA	2	100	6.23	100		
TRAMPAS	0.0009	0.05	3.88	31.14	41.57	2222.22
ALFOMBRAS	0.0365	1.83	1.30	10.43		54.79
RELAVE	1.9626	98.13	7.28	58.43		

Fuente: Elaboración propia

4.1.1 Resultados de la concentración a 0.5 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1350 g/L.

Tabla 14.

Balance metalúrgico del molino a 0.5 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1350 g/L.

PRODUCTO	PESO (T)	% PESO	LEY Au(g/t)	% RECUPERACIÓN	% RECUPERACION TOTAL	RATIO
CABEZA	2	100	6.23	100		
TRAMPAS	0.0009	0.05	3.91	31.38	42.22	2222.22
ALFOMBRAS	0.0365	1.83	1.35	10.83		54.79
RELAVE	1.9626	98.13	7.20	57.78		

Fuente: elaboración propia.



4.1.2 Resultados de la concentración a 0.5 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1400 g/L.

Tabla 15.

Balance metalúrgico del molino a 0.5 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1400 g/L.

PRODUCTO	PESO (T)	% PESO	LEY Au(g/t)	% RECUPERACIÓN	% RECUPERACION	
					TOTAL	RATIO
CABEZA	2	100	6.23	100		
TRAMPAS	0.0009	0.05	4.19	33.63	44.14	2222.22
ALFOMBRAS	0.0365	1.83	1.31	10.51		54.79
RELAVE	1.9626	98.13	6.96	55.86		

Fuente: elaboración propia.

4.1.3 Resultados de la concentración a 0.5 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1450 g/L.

Tabla 16.

Balance metalúrgico del molino a 0.5 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1450 g/L.

PRODUCTO	PESO (T)	% PESO	LEY Au(g/t)	% RECUPERACIÓN	% RECUPERACION	
					TOTAL	RATIO
CABEZA	2	100	6.23	100		
TRAMPAS	0.0009	0.05	3.98	31.22	42.13	2222.22
ALFOMBRAS	0.0365	1.83	1.36	10.91		54.79
RELAVE	1.963	98.13	7.21	57.87		

Fuente: elaboración propia.

4.2 RESULTADOS DE LA CONCENTRACION A 0.8 CM DE ANCHO DE LAS TRAMPAS, CON DENSIDADES: 1300 g/L, 1350 g/L, 1400 g/L, 1450 g/L.

4.2.1 Resultados de la concentración a 0.8 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1300 g/L.

Tabla 17.

Balance metalúrgico del molino a 0.8 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1300 g/L.

PRODUCTO	PESO (T)	% PESO	LEY Au(g/t)	% RECUPERACIÓN	% RECUPERACION	
					TOTAL	RATIO
CABEZA	2	100	6.23	100		
TRAMPAS	0.001	0.05	5.87	47.11	58.99	2000.00
ALFOMBRAS	0.037	1.83	1.48	11.88		54.05
RELAVE	1.963	98.13	5.11	41.01		

Fuente: elaboración propia.

4.2.2 Resultados de la concentración a 0.8 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1350 g/L.

Tabla 18.

Balance metalúrgico del molino a 0.8 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1350 g/L.

PRODUCTO	PESO (T)	% PESO	LEY Au(g/t)	% RECUPERACIÓN	% RECUPERACION	
					TOTAL	RATIO
CABEZA	2	100	6.23	100		
TRAMPAS	0.001	0.05	6.39	51.28	63.64	2000.00
ALFOMBRAS	0.037	1.83	1.54	12.36		54.05
RELAVE	1.963	98.13	4.53	36.36		

Fuente: elaboración propia.



4.2.3 Resultados de la concentración a 0.8 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1400 g/L.

Tabla 19.

Balance metalúrgico del molino a 0.8 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1400 g/L.

PRODUCTO	PESO (T)	% PESO	LEY Au(g/t)	% RECUPERACIÓN	% RECUPERACION	
					TOTAL	RATIO
CABEZA	2	100	6.23	100		
TRAMPAS	0.001	0.05	7.66	61.48	74.88	2000
ALFOMBRAS	0.037	1.83	1.67	13.40		54.05
RELAVE	1.963	98.13	3.13	25.12		

Fuente: elaboración propia.

4.2.4 Resultados de la concentración a 0.8 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1450 g/L.

Tabla 20.

Balance metalúrgico del molino a 0.8 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1450 g/L.

PRODUCTO	PESO (T)	% PESO	LEY Au(g/t)	% RECUPERACIÓN	% RECUPERACION	
					TOTAL	RATIO
CABEZA	2	100	6.23	100		
TRAMPAS	0.001	0.05	6.55	52.57	65.09	2000.00
ALFOMBRAS	0.037	1.83	1.56	12.52		54.05
RELAVE	1.963	98.13	4.35	34.91		

Fuente: elaboración propia.

4.3 RESULTADOS DE LA CONCENTRACION A 1.0 CM DE ANCHO DE LAS TRAMPAS, CON DENSIDADES: 1300 g/L, 1350 g/L, 1400 g/L, 1450 g/L.

4.3.1 Resultados de la concentración a 1.0 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1300 g/L.

Tabla 21.

Balance metalúrgico del molino a 1.0 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1300 g/L.

PRODUCTO	PESO (T)	% PESO	LEY Au(g/t)	% RECUPERACIÓN	% RECUPERACION	
					TOTAL	RATIO
CABEZA	2	100	6.23	100		
TRAMPAS	0.0011	0.06	5.63	45.18		1818.18
ALFOMBRAS	0.0365	1.83	1.43	11.48	56.66	54.79
RELAVE	1.9624	98.12	5.4	43.34		

Fuente: elaboración propia.

4.3.2 Resultados de la concentración a 1.0 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1350 g/L.

Tabla 22.

Balance metalúrgico del molino a 1.0 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1350 g/L.

PRODUCTO	PESO (T)	% PESO	LEY Au(g/t)	% RECUPERACIÓN	% RECUPERACION	
					TOTAL	RATIO
CABEZA	2	100	6.23	100		
TRAMPAS	0.0011	0.06	5.78	46.39		1818.18
ALFOMBRAS	0.0365	1.83	1.35	10.83	57.22	54.79
RELAVE	1.9624	98.12	5.33	42.78		

Fuente: elaboración propia.



4.3.3 Resultados de la concentración a 1.0 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1400 g/L.

Tabla 23.

Balance metalúrgico del molino a 1.0 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1400 g/L.

PRODUCTO	PESO (T)	% PESO	LEY Au(g/t)	% RECUPERACIÓN	% RECUPERACION	
					TOTAL	RATIO
CABEZA	2	100	6.23	100		
TRAMPAS	0.0011	0.06	6.64	53.29	65.41	1818.18
ALFOMBRAS	0.0365	1.83	1.51	12.12		
RELAVE	1.9624	98.12	4.31	34.59		

Fuente: elaboración propia.

4.3.4 Resultados de la concentración a 1.0 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1450 g/L.

Tabla 24.

Balance metalúrgico del molino a 1.0 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1450 g/L.

PRODUCTO	PESO (T)	% PESO	LEY Au(g/t)	% RECUPERACIÓN	% RECUPERACION	
					TOTAL	RATIO
CABEZA	2	100	6.23	100		
TRAMPAS	0.0011	0.06	6.53	52.41	64.13	1818.18
ALFOMBRAS	0.0365	1.83	1.46	11.72		
RELAVE	1.9624	98.12	4.47	35.87		

Fuente: elaboración propia.

4.4 RESULTADOS DE LA CONCENTRACION A 1.2 CM DE ANCHO DE LAS TRAMPAS, CON DENSIDADES: 1300 g/L, 1350 g/L, 1400 g/L, 1450 g/L.

4.4.1 Resultados de la concentración a 1.2 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1300 g/L.

Tabla 25.

Balance metalúrgico del molino a 1.2 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1300 g/L.

PRODUCTO	PESO (T)	%	LEY Au(g/t)	%	%	
					RECUPERACION TOTAL	RATIO
CABEZA	2	100	6.23	100		
TRAMPAS	0.0012	0.06	3.56	28.57	40.85	1666.66
ALFOMBRAS	0.0365	1.83	1.53	12.28		54.79
RELAVE	1.9623	98.12	7.37	59.15		

Fuente: elaboración propia.

4.4.2 Resultados de la concentración a 1.2 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1350 g/L.

Tabla 26.

Balance metalúrgico del molino a 1.2 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1350 g/L.

PRODUCTO	PESO (T)	%	LEY Au(g/t)	%	%	
					RECUPERACION TOTAL	RATIO
CABEZA	2	100	6.23	100		
TRAMPAS	0.0012	0.06	3.67	29.45	42.05	1666.66
ALFOMBRAS	0.0365	1.83	1.57	12.60		54.79
RELAVE	1.9623	98.12	7.22	57.95		

Fuente: elaboración propia.

4.4.3 Resultados de la concentración a 1.2 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1400 g/L.

Tabla 27.

Balance metalúrgico del molino a 1.2 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1400 g/L.

PRODUCTO	PESO (T)	% PESO	LEY Au(g/t)	% RECUPERACIÓN	% RECUPERACION	
					TOTAL	RATIO
CABEZA	2	100	6.23	100		
TRAMPAS	0.0012	0.06	4.15	33.31	47.35	1666.66
ALFOMBRAS	0.0365	1.83	1.75	14.04		54.79
RELAVE	1.9623	98.12	6.56	52.65		

Fuente: elaboración propia.

4.4.4 Resultados de la concentración a 1.2 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1450 g/L.

Tabla 28.

Balance metalúrgico del molino a 1.2 cm de ancho de la trampa y una densidad de la pulpa de 1450 g/L.

PRODUCTO	PESO (T)	% PESO	LEY Au(g/t)	% RECUPERACIÓN	% RECUPERACION	
					TOTAL	RATIO
CABEZA	2	100	6.23	100		
TRAMPAS	0.0012	0.06	5.42	43.50	55.86	1666.66
ALFOMBRAS	0.0365	1.83	1.54	12.36		54.79
RELAVE	1.9623	98.12	5.5	44.14		

Fuente: elaboración propia.

4.5 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

4.5.1 Resultado de las pruebas experimentales de 0.5 cm de ancho de las trampas.

La concentración del oro en el molino continuo con trampas de fácil acceso, a 0.5 cm del ancho de la trampa y a una densidad de 1400 g/L. La mejor prueba metalúrgica seleccionada fue la tabla 15, donde se obtuvo un concentrado de 4.19 g/t en las trampas del molino y 1.31 g/t en las alfombras. Una recuperación del oro de 33.63% en las trampas del molino y 10.51% en el circuito de alfombras, haciendo un total de recuperación de 44.14% del oro (ver tabla 29).

Tabla 29.

Resultados de concentración del molino con ancho de la trampa 0.5 cm

Ancho de la trampa (cm)	Densidad de la pulpa (g/L)	LEY Au (g/t)		% RECUPERACIÓN		% RECUPERACIÓN TOTAL
		Concentrado trampas	Concentrado alfombras	Trampas	Alfombra	
0.5	1300	3.88	1.30	31.14	10.43	41.57
0.5	1350	3.91	1.35	31.38	10.83	42.22
0.5	1400	4.19	1.31	33.63	10.51	44.14
0.5	1450	3.98	1.36	31.22	10.91	42.13

Fuente: elaboración propia.

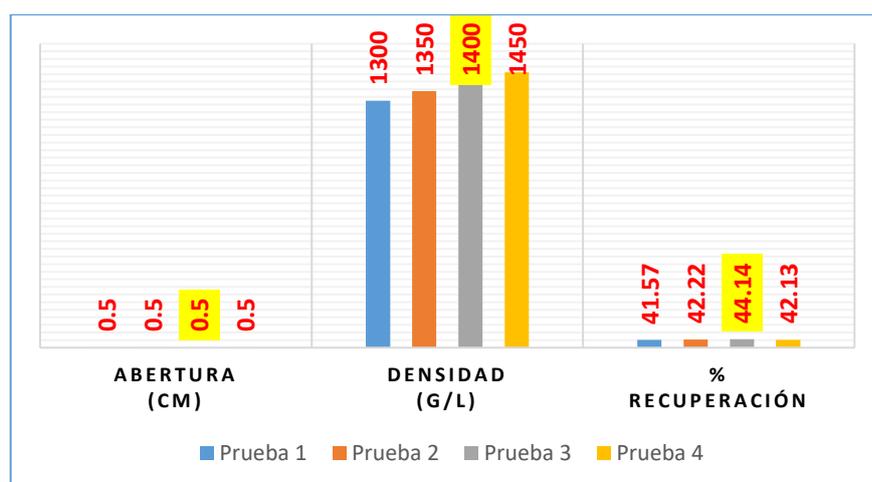


Figura 8. Prueba de la concentración del molino con ancho de la trampa 0.5 cm

De acuerdo a los resultados se puede indicar que con una abertura de 0.5 cm de ancho de la trampa, el oro se deja desplazar hacia el rebose del molino debido a que el ancho de la trampa se satura, por eso las recuperaciones son bajas, lo cual indica que a menor densidad la pulpa esta aguada desplazando el oro con facilidad hacia el relave con una ley de 6.96 g/t, Lo cual representa 55.86% del oro.

4.5.2 Resultado de las pruebas experimentales de 0.8 cm de ancho de las trampas.

A 0.8 cm del ancho de la trampa de fácil acceso del molino la concentración del Au y a una densidad de 1400 g/L. Dio mejores resultados, siendo la mejor prueba metalúrgica seleccionada fue la (tabla 19), donde se obtuvo un concentrado de 7.66 g/t en las trampas del molino y 1.67 g/t en las alfombras, Una recuperación de 61.48 % de oro en las trampas del molino y 13.40% de oro en el circuito de alfombras, haciendo un total de recuperación de 74.88% de Au tal como se muestra en la (tabla 30).

Tabla 30.

Resultados de concentración del molino con ancho de la trampa 0.8 cm

Ancho de la trampa (cm)	Densidad de la pulpa (g/L)	LEY Au (g/t)		% RECUPERACIÓN		% RECUPERACIÓN TOTAL
		Concentrado trampas	Concentrado alfombras	Trampas	Alfombra	
0.8	1300	5.87	1.48	47.11	11.88	58.99
0.8	1350	6.39	1.54	51.28	12.36	63.64
0.8	1400	7.66	1.67	61.48	13.40	74.88
0.8	1450	6.55	1.56	52.57	12.52	65.09

Fuente: elaboración propia.

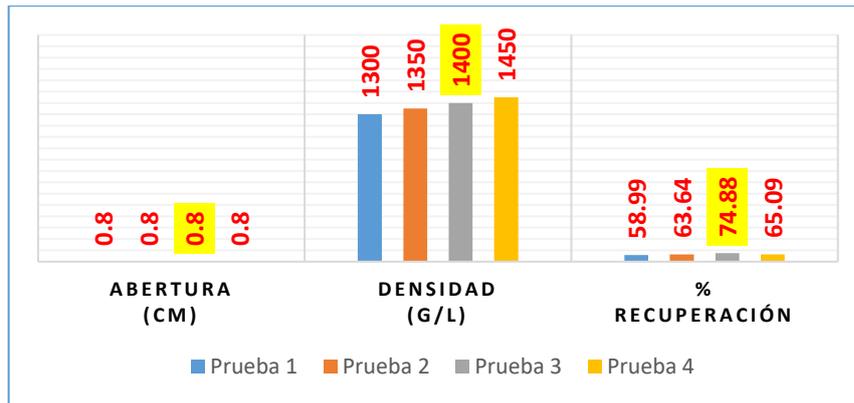


Figura 9. Prueba de la concentración del molino con ancho de la trampa 0.8 cm

Esto debido a que a una densidad de 1400 g/L y con el ancho de la trampa 0.8 cm con espacio suficiente se rellena completamente y con molienda a 67.54 malla – 200, donde hay una adecuada liberación de oro para su mejor concentración.

4.5.3 Resultado de las pruebas experimentales de 1.0 cm de ancho de las trampas.

Tabla 31.

Resultados de concentración del molino con ancho de la trampa 1.0 cm

Ancho de la trampa (cm)	Densidad de la pulpa (g/L)	LEY Au (g/t)		% RECUPERACIÓN		% RECUPERACIÓN TOTAL
		Concentrado trampas	Concentrado alfombras	Trampas	Alfombra	
1.0	1300	5.63	1.43	45.18	11.48	56.66
1.0	1350	5.78	1.35	46.39	10.83	57.22
1.0	1400	6.64	1.51	53.29	12.12	65.41
1.0	1450	6.53	1.46	52.41	11.72	64.13

Fuente: elaboración propia.

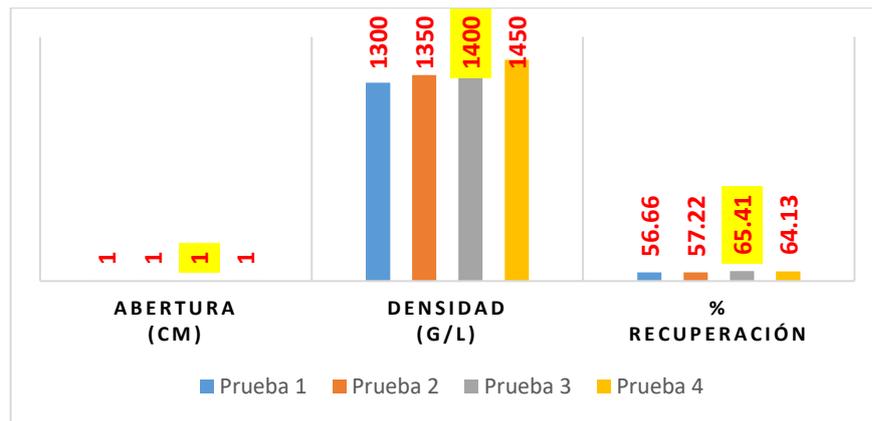


Figura 10. Prueba de la concentración del molino con ancho de la trampa 1.0 cm

En la (tabla 23) y (tabla 31). Se muestra que a un ancho de la trampa a 1.0 cm y a una densidad 1400 g/L es el más representativo con una recuperación de 65.41% de Au. Por lo que hay una mejor liberación de Au a la densidad mencionada, lo que sucede a este ancho de la trampa de 1.0 cm a menores densidades se deja salir el concentrado de la trampa del molino con el agua y a mayor densidad el oro no es liberado como se espera.

4.5.4 Resultado de las pruebas experimentales de 1.2 cm de ancho de las trampas.

Tabla 32.

Resultados de concentración del molino con ancho de la trampa 1.2 cm

Ancho de la trampa (cm)	Densidad de la pulpa (g/L)	LEY Au (g/t)		% RECUPERACIÓN		% RECUPERACIÓN TOTAL
		Concentrado trampas	Concentrado alfombras	Trampas	Alfombra	
1.2	1300	3.56	1.53	28.57	12.28	40.85
1.2	1350	3.67	1.57	29.45	12.60	42.05
1.2	1400	4.15	1.75	33.31	14.04	47.35
1.2	1450	5.42	1.54	43.50	12.36	55.86

Fuente: elaboración propia.

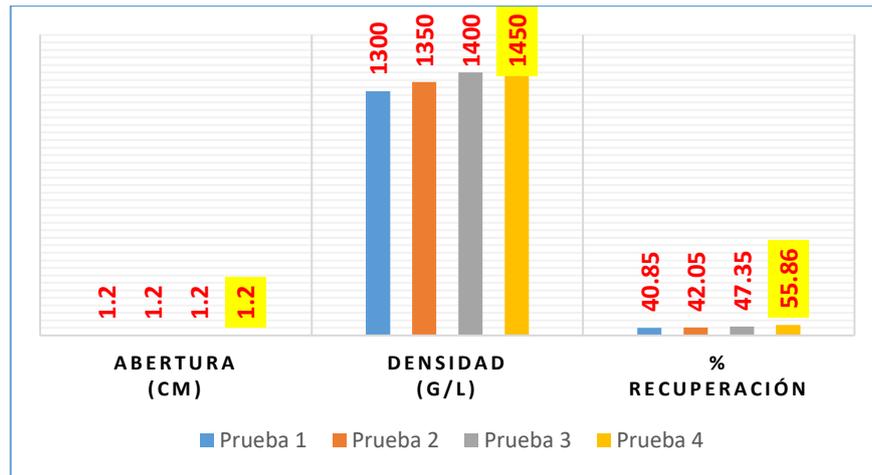


Figura 11. Prueba de la concentración del molino con ancho de la trampa 1.2 cm

Aquí se observa en la (tabla 28) y (tabla 32), que a mayor ancho de la trampa y a una densidad menor el concentrado de Au tiende a soltarse, lo cual genera una sobre molienda del mineral y el oro es desplazado hacia el relave. Por lo que a densidad de 1450 g/L la trampa se rellena logrando un concentrado 1 de 43.50% de recuperación del oro en las trampas y concentrado 2 de 12.36% de recuperación del oro en el circuito de alfombras. Haciendo una recuperación de la suma de los dos concentrados 55.86% de Au.



V. CONCLUSIONES

1. Se determinó que el ancho óptimo de la trampa de fácil acceso, caladas en la chaqueta de goma, después de la investigación realizada en el procesamiento de minerales auríferos fue 0.8 cm de ancho, obteniendo un mejor resultado en el concentrado de las trampas de 7.66 g/t de Au. Lo cual representa el 61.48 % de recuperación del oro, en la Unidad Minera Monteflor - Limbani.
2. Se determinó la densidad óptima de la pulpa del molino continuo luego de la investigación es de 1400 g/L, logrando una mejor concentración en las trampas y con una recuperación de 1.67 g/t de Au en el circuito de alfombras, lo cual representa 13.40 % de recuperación del oro y logrando una recuperación total de 74.88 % de oro, en la Unidad Minera Monteflor – Limbani.



VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda trabajar con otras variables en el molino continuo con trampas de fácil acceso, como el tamaño de partícula o granulometría del mineral, por tratarse de una metodología nueva para la recuperación de oro en la minería a pequeña escala o minería artesanal.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blanco, E. (2009). *Bloque II - capítulo 8. Molienda.*
https://ocw.unican.es/pluginfile.php/693/course/section/703/8._molienda.pdf
- Rojas, V. (2015). *Proceso innovador para mejorar la recuperación de oro y reducir la contaminación ambiental en la minería artesanal.* <https://hdl.handle.net/20.500.12672/4605>
- Bonett, H. (2021). *“Evaluación de la instalación de una planta de 250 TMD para beneficio de minerales auríferos aplicando gravimetría, flotación y lixiviación en San Martín – Urasqui.”* <http://hdl.handle.net/20.500.12773/13911>
- Caicedo, S. (2014). *Planteamiento de una tecnología de producción más limpia para el proceso de beneficio de oro sin mercurio.*
<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/11872/TECNOLOG%20C3%8DA%20M%20C3%81S%20LIMPIA%20EN%20EL%20BENEFICIO%20DE%20ORO%20SIN%20MERCURIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castillo, I. (2018). *Técnicas alternativas para la extracción de oro sin el uso de mercurio y su potencial aplicación a pequeña escala y minería artesanal en Colombia.*
<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/21703>
- Ccari, E. (2022). *Optimización de la recuperación en concentración gravimétrica de oro de los frentes Pomarani - Cruz de oro Cori Puno S.A.C.*
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/17839>
- Concha, H. (2007). *Estudio de la concentración gravimétrica de minerales auríferos en un jig de laboratorio.* <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/9875/CB-0343306.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- EPA. (18 de Abril de 2022). *informacion basica sobre el mercurio.* Obtenido de Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos: <https://espanol.epa.gov/espanol/informacion-basica-sobre-el-mercurio>



- Freixas, A. (2016). *Mejora integral de la minería del oro a pequeña escala, Bolivia*.
<http://hdl.handle.net/2117/104043>
- Huamán, P. (2015). “*Evaluación de parámetros para el diseño de un molino de bolas en la empresa administradora de Cerro S.A.C. - Pasco -2015.*”
<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/253>
- Julca, D, y Ortiz, J. (2017). *Recuperación de oro en minerales sulfurados de baja ley en la provincia de Casma*. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/6475>
- León, R. (2017). “*Eficiencia del método ecológico sin mercurio respecto al tradicional con mercurio en la extracción de oro en minería artesanal en Ollachea - Puno.*”
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6409>
- Lobe, C. (2018). *Concentración de magnetita y oro libre, en los suelos aluviales de Inguro (Bellavista, Jaén, Cajamarca) por el método gravimétrico, como una alternativa ambiental*.
<http://hdl.handle.net/20.500.14074/2445>
- López, A., Ibarra A., Oliva, S., y Reyes, J. (1999). *Concentración gravimétrica centrífuga de oro y plata. Su implementación en el circuito de molienda de minera el Pílon*.
<https://www.researchgate.net/publication/326493725>
- Peralta, G. (2019). “*Métodos y tecnologías aplicadas a la recuperación de oro en el Perú.*”
http://54.213.100.250/bitstream/UCSP/15958/1/PERALTA_VIZQUERRA_GIA_REC.pdf
- Pérez, P. (2015). *Planta concentradora gravimétrica de metales auríferos con recuperación de agua*. <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/8513>
- Pretel, F. (2022). *Diseño de un molino de bolas para triturar mineral de baja ley y aumentar la producción de concentrado en la mina Esperanza, región la Libertad, 2020*.
<https://hdl.handle.net/11537/30466>



Pavimentos, plásticos y cauchos, suelos. (09 de junio de 2022). *Jardínday*. Obtenido de Pavimentos, plásticos y cauchos, suelos: <https://jardinday.com/tipos-de-planchas-de-goma-y-sus-aplicaciones/>

Santos, E., y Medina, L. (2017). *Influencia de la presión de agua y el porcentaje de sólidos en la recuperación de oro mediante concentración gravimétrica centrífuga para un relave tipo óxido procedente de la Provincia de Sánchez Carrión*. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/9398>

Villachica, C., Llamosas, J., y Villachica, L. (2004). *Oro ecológico tecnología para la obtención de oro sin mercurio en la minería de pequeña escala*. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38112499/oroecologico-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1666575889&Signature=PQ48E1n7Si~dYxCNNNBVJOqE3-NhXL~snUaHoMp9~dAw3nkY2wiy7Lluk46bD0FZfdB8vbIxPjJvQbNFsuPTgKiQ9nWYVb9BwwJwjBGmn8ZS-0wjDW1KcKdlmFzOsTx6vedIk-0b8TUOG2~vyXYYSJYFCv9ISKGLXYrDu14kvs7sJAWyKH022js~KG23zpyt9h3P6EfUbceOI~jAuAxJIZXQeRRk6Xr8Jk6MvBs1qk5ENBiCoMyVEi4JHFNOVE7Ekkev5iiITRwnnBcYmKYuTCR0298CUTP4V~bdjJpw2s24iYRx-9tY9mSIKpZ0XZD7U1vsnTNiAfFwj7cDxWQ6A__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

ANEXOS

ANEXO A. Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA										
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPÓTESIS ESPECIFICOS	VARIABLES	ENFOQUE DE INVESTIGACION	NIVEL DE INVESTIGACION	POBLACION MUESTRA
¿Se podrá procesar los minerales auríferos mediante la implementación de un molino continuo con trampas de fácil acceso caladas en la chaqueta de goma en la Unidad Minera MONTEFLOR?	Procesar los minerales auríferos mediante la implementación de un molino continuo con trampas de fácil acceso caladas en la chaqueta de goma, en la Unidad Minera MONTEFLOR.	Mediante la implementación del sistema de molienda continua se puede procesar minerales auríferos en la Unidad Minera MONTEFLOR.	Molino: es una maquina que se emplea para triturar o moler los minerales.	1.- ¿Cuál es el ancho óptimo de la trampa de fácil acceso, calados en la chaqueta de goma en el interior del molino continuo para procesar minerales auríferos en la Unidad Minera MONTEFLOR ?	Determinar el ancho óptimo de las trampas de fácil acceso, calados en la chaqueta de goma en el interior del molino continuo para procesar minerales auríferos en la Unidad Minera MONTEFLOR.	El ancho óptimo de la trampa de fácil acceso, calados en la chaqueta de goma en el interior del molino continuo, permitirá una recuperación adecuada del oro.	Variable dependiente VD: Porcentaje de recuperación	Cuantitativo	Descriptivo y experimental.	La población está constituida por las diferentes labores que existen en dicha zona minera.
			Mineral: Son sustancias naturales que, por lo general, son inorgánicas, tienen composición química definida y se encuentran en estado sólido.	2.- ¿Cuál es la densidad óptima de la pulpa del molino continuo con trampas de fácil acceso caladas en la chaqueta de goma en el interior del molino continuo para procesar minerales auríferos en la Unidad Minera MONTEFLOR ?	Determinar la densidad óptima de la pulpa del molino continuo con trampas de fácil acceso caladas en la chaqueta de goma, para procesar los minerales auríferos en la Unidad Minera MONTEFLOR.	La densidad óptima de la pulpa del molino continuo con trampas de fácil acceso caladas en la chaqueta de goma en el interior del molino, facilitará una mejor concentración de oro.	Variable independiente VI: Ancho óptimo de la trampa VI: Densidad óptima de la pulpa			Se ha tomado como muestra, minerales de una labor en la unidad minera Monteflor mediante muestreo aleatorio simple.

ANEXO B. Imagen de la colocación de chaqueta de goma



ANEXO C. Imagen de la colocación de chaqueta de goma



ANEXO D. Imagen del calado de las trampas en la chaqueta de goma



ANEXO E. Imagen de la planta de procesamiento del mineral – U.M. Monteflor



ANEXO F. Imagen de la descarga del concentrado de las trampas de fácil acceso del molino.



ANEXO G. Imagen de lavado del concentrado de la tapa del molino.



ANEXO H. Imagen de la obtención del concentrado de oro de la trampa óptima 0.8 cm del molino y a una densidad óptima de la pulpa 1400 g/L.



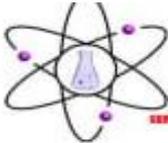
ANEXO I. Imagen del acceso a interior mina.



ANEXO J. Imagen del molino continuo con trampas de fácil acceso.



ANEXO K. Análisis químico muestra de minerales Monteflor



RHLAB S.A.C.
SERVICIOS ANALÍTICOS QUÍMICO - METALÚRGICO

RH-M83-0496

INFORME DE ENSAYO

DATOS DEL CLIENTE			
A SOLICITUD DE	:	BACH. EFRAIN MAMANI GONZALES	
ASUNTO	:	Determinación Analítica del contenido metálico total en la muestra	
CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES DE LA MUESTRA			
CANTIDAD DE MUESTRAS	:	04	
SOLICITUD DE ENSAYO	:	Análisis Químico elemento Oro (Au) Por Reconocimiento	
RECEPCION DE MUESTRAS	:	Bolsa de Plástico debidamente codificado	
FECHA DE REALIZACION DEL ENSAYO	:	29/03/2022 al 30/03/2022	
DETALLE DEL INFORME			

RESULTADO DE ENSAYO

N°	N° RH	Código de Cliente	Au	
			Gr/Tm	Oz/Tc
1	RH-M82584	Muestra de Minerales de la Unidad Minera Monteflor - N° 01	6,230	0,182
2	RH-M82585	Muestra de Minerales de la Unidad Minera Monteflor - N° 02	6,252	0,182
3	RH-M82586	Muestra de Minerales de la Unidad Minera Monteflor - N° 03	6,221	0,181
4	RH-M82587	Muestra de Minerales de la Unidad Minera Monteflor - N° 04	6,212	0,181

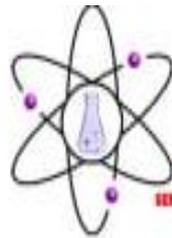
Los resultados obtenidos y que se consignan en el presente informe corresponden al ensayo solicitado en las muestras recibidas del cliente.

MÉTODOS DE REFERENCIA

* Determinación de Oro (Au) en mineral - Método Vía Seca



ANEXO L. Análisis químico de las muestras: ancho de las trampas 0.8 cm y densidad
1350 g/L.



RHLAB S.A.C.
SERVICIO ANALITICO QUIMICO - METALURGICO

RH-M89-0937

INFORME DE ENSAYO

DATOS DEL CLIENTE

A SOLICITUD DE	:	BACH. EFRAIN MAMANI GONZALES
ASUNTO	:	Determinación Analítica del contenido metálico total en la muestra
CARACTERISTICAS Y CONDICIONES DE LA MUESTRA	:	
CANTIDAD DE MUESTRAS	:	03
SOLICITUD DE ENSAYO	:	Análisis Químico elemento Oro (Au) Reconocimiento
RECEPCION DE MUESTRAS	:	Bolsa plástico codificado
FECHA DE REALIZACION DEL ENSAYO	:	07/06/2022 al 08/06/2022
DETALLE DEL INFORME	:	

RESULTADO DE ENSAYO

N°	N° RH	Código de Cliente	Au	
			Gr/Tm	Oz/Tc
1	RH-M86033	Muestra del concentrado en las trampas de fácil acceso del molino: ancho de la trampa a 0.8 cm y densidad de la pulpa 1350 g/L	6,390	0,186
2	RH-M86034	Muestra del concentrado en el circuito de alfombras: ancho de la trampa a 0.8 cm y densidad de la pulpa 1350 g/L	1,540	0,045
3	RH-M86035	Muestra del relave: ancho de la trampa a 0.8 cm y densidad de la pulpa 1350 g/L	4,530	0,132

Los resultados obtenidos y que se consignan en el presente informe corresponden al ensayo solicitado en las muestras recibidas del cliente.

MÉTODOS DE REFERENCIA

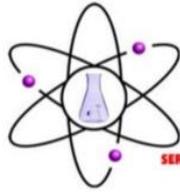
* Determinación de Oro (Au) en mineral - Método Vía Seca

RHLAB S.A.C.

Inga Nilda Trujillo Tapia
GERENTE GENERAL



ANEXO M. Análisis químico de las muestras: ancho de las trampas 0.8 cm y densidad 1400 g/L, 1450 g/L.



RHLAB S.A.C.
SERVICIOS ANALÍTICOS QUÍMICO - METALÚRGICO

RH-M89-1029

INFORME DE ENSAYO

DATOS DEL CLIENTE		
A SOLICITUD DE	:	BACH. EFRAIN MAMANI GONZALES
ASUNTO	:	Determinación Analítica del contenido metálico total en la muestra
CARACTERISTICAS Y CONDICIONES DE LA MUESTRA		
CANTIDAD DE MUESTRAS	:	06
SOLICITUD DE ENSAYO	:	Análisis Químico elemento Oro (Au) Reconocimiento
RECEPCION DE MUESTRAS	:	Bolsa plástico codificado
FECHA DE REALIZACION DEL ENSAYO	:	15/06/2022 al 20/06/2022
DETALLE DEL INFORME		

RESULTADO DE ENSAYO

N°	N° RH	Código de Cliente	Au	
			Gr/Tm	Oz/Tc
1	RH-M85136	Muestra del concentrado en las trampas de fácil acceso del molino: ancho de la trampa a 0.8 cm y densidad de la pulpa 1400 g/L	7,660	0,223
2	RH-M85137	Muestra del concentrado en el circuito de alfombras: ancho de la trampa a 0.8 cm y densidad de la pulpa 1400 g/L	1,670	0,049
3	RH-M85138	Muestra del relave: ancho de la trampa a 0.8 cm y densidad de la pulpa 1400 g/L	3,130	0,091
4	RH-M85139	Muestra del concentrado en las trampas de fácil acceso del molino: ancho de la trampa a 0.8 cm y densidad de la pulpa 1450 g/L	6,550	0,191
5	RH-M85140	muestra del concentrado en el circuito de alfombras: ancho de la trampa a 0.8 cm y densidad de la pulpa 1450 g/L	1,560	0,046
6	RH-M85141	Muestra del relave: ancho de la trampa a 0.8 cm y densidad de la pulpa 1450 g/L	4,350	0,127

Los resultados obtenidos y que se consignan en el presente informe corresponden al ensayo solicitado en las muestras recibidas del cliente.

METODOS DE REFERENCIA

* Determinación de Oro (Au) en mineral - Método Vía Seca

RHLAB S.A.C.
Ing. Fidel Huaynapata Luque
GERENTE GENERAL



ANEXO N. Análisis químico muestra de relave: ancho de las trampas 1.0 cm y densidad 1400 g/L.

 **RHLAB S.A.C.**
SERVICIOS ANALÍTICOS QUÍMICOS - METALÚRGICOS

RH-M89-1090

INFORME DE ENSAYO

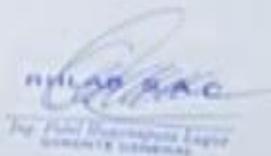
DATOS DEL CLIENTE	BACH. EFRAIN MAMANI GONZALES
A SOLICITUD DE:	Determinación Analítica del contenido metálico total en la muestra
ASUNTO:	01
CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES DE LA MUESTRA	Análisis Químico elemento Oro (Au)
CANTIDAD DE MUESTRAS	Reconocimiento
SOLICITUD DE ENSAYO:	Bolsa plástica debidamente codificada
RECEPCIÓN DE MUESTRAS:	29/05/2022 al 30/05/2022
FECHA DE REALIZACIÓN DEL ENSAYO	
DETALLE DEL INFORME	

RESULTADO DE ENSAYO

N°	N° RH	Código de Cliente	Au	
			Gr/Tm	Oz/Tz
1	RH-M85236	Muestra del relave; ancho de la trampa a 1.0 cm y densidad de la pulpa 1400 g/L	4,310	0,126

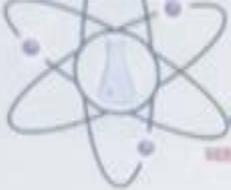
Los resultados obtenidos y que se consignan en el presente informe corresponden al ensayo solicitado en las muestras recibidas del cliente.

MÉTODOS DE REFERENCIA
* Determinación de Oro (Au) en mineral - Método Vía Seca


RHLAB S.A.C.
Ing. Paul Domínguez López
GERENTE GENERAL



ANEXO O. Análisis químico, muestra de relave: ancho de las trampas 1.2 cm y densidad 1450 g/L.

 **RHLAB S.A.C.**
SERVICIOS ANALITICOS QUIMICO - METALURGICOS

RH-M89-1091

INFORME DE ENSAYO

DATOS DEL CLIENTE

A SOLICITUD DE : BACH, EFRAIN MAMANI GONZALES

ASUNTO : Determinación Analítica del contenido metálico total en la muestra

CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES DE LA MUESTRA

CANTIDAD DE MUESTRAS : 01

SOLICITUD DE ENSAYO : Análisis Químico elemento Oro (Au)
Reconocimiento

RECEPCION DE MUESTRAS : Bolsa plástica debidamente codificado

FECHA DE REALIZACION DEL ENSAYO : 29/06/2022 al 30/06/2022

DETALLE DEL INFORME

RESULTADO DE ENSAYO

N°	N° RH	Código de Cliente	Au	
			Gr/Tm	Oz/Tc
1	RH-M86237	Muestra del relave: ancho de la trampa a 1.2 cm y densidad de la pulpa 1450 g/L	6,500	0,160

Los resultados obtenidos y que se consignán en el presente informe corresponden al ensayo solicitado en las muestras recibidas del cliente.

METODOS DE REFERENCIA

* Determinación de Oro (Au) en mineral - Método Via Seca


Ing. FIDEL MONTENEGRO LEON
GERENTE GENERAL



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo EFRAIN ALFREDO MAMANI GONZALES
identificado con DNI 42174923 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA METALÚRGICA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado
 Título Profesional denominado:

"IMPLEMENTACIÓN DE UN MOLINO CONTINUO CON TRAMPAS DE FACIL ACCESO
PARA PROCESAR MINERALES AURÍFEROS EN LA UNIDAD MINERA MONTEFLOR-LIMBANI
" Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 24 de MAYO del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo EFRAIN ALFREDO MAMANI GONZALEZ
, identificado con DNI 92174923 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA METALURGICA

, informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado

Título Profesional denominado:

"IMPLEMENTACIÓN DE UN MOLINO CONTINUO CONTRAMPAS DE FACIL ACCESO PARA PROCESAR MINERALES AURÍFEROS EN LA UNIDAD MINERA MONTEFLOR - LIMBANI"

" Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

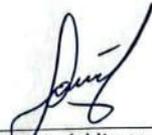
En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 24 de MAYO del 2023


FIRMA (obligatoria)



Huella