

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA



TESIS

**“EVALUACION DE VARIABLES DEL PROCESO DE CIANURACION DE
MINERALES AURIFEROS DEL YACIMIENTO ISCHUORCCO-CURPAHUASI
APURIMAC” (INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA)**

PRESENTADO POR:

BR. RENSO RAUL GUTIERREZ HUAÑAHUI

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO METALÚRGICO**

ASESOR:

ING. LEONARDO AVILES HINOJOSA

CUSCO – PERÚ

2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada: "EVALUACIÓN DE
VARIABLES DEL PROCESO DE CIANURACIÓN DE MINERALES AURIFEROS
DEL YACIMIENTO ISCHUDRILLO - CURPAMAYASI - APURÍMAC"
(INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA)

presentado por: RENZO RAÚL GUTIERREZ HUADAMANI con DNI Nro.: 73776396..... presentado
por: con DNI Nro.: para optar el
título profesional/grado académico de INGENIERO
METALURGICO

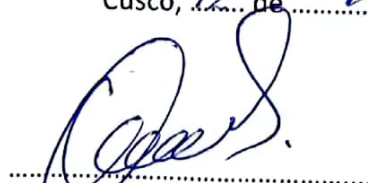
Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el
Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la**
UNSAAC y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 5%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o
título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 12 de NOVIEMBRE de 2021



Firma

Post firma LEONARDO AVILES H.

Nro. de DNI 23984953

ORCID del Asesor 0000-0002-1851-9172

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:475380525

Gutiérrez Huañahui Renso Raúl

EVALUACION DE VARIABLES DEL PROCESO DE CIANURACION DE MINERALES AURIFEROS DEL YACIMIENT...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:415380525

Fecha de entrega

12 dic 2024, 6:08 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

12 dic 2024, 7:31 a.m. GMT-5

Nombre de archivo

Renso_Gutierrez_Huañahui DEC THESIS.pdf

Tamaño de archivo

4.2 MB

121 Páginas

20,472 Palabras

97,650 Caracteres

5% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...




Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Exclusiones

- ▶ N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 5%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 3%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

*A Dios, por ser la fuente de mi fortaleza,
sabiduría y guía en cada paso de este camino. Sin Su
bendición y misericordia, este logro no habría sido
posible.*

*A mis padres, Fortunato Gutiérrez y
Alejandra Huañahui, por su amor incondicional,
sacrificios y enseñanzas que me han formado como
persona y profesional. Su esfuerzo y dedicación son
el cimiento de este logro.*

*A todos mis hermanos, por su apoyo constante,
sus palabras de aliento y su compañía en los momentos
más difíciles.*

*Y de manera especial, a la memoria de mi
querido hermano, Ruhel F. Gutiérrez Huañahui, cuya
ausencia física se compensa con su presencia eterna
en mi corazón. Este esfuerzo también está dedicado a
su memoria, con la esperanza de honrar el legado de
amor y alegría que dejó en nuestras vidas.*

*A todos ustedes, gracias por ser mi inspiración. Este trabajo es una muestra de lo que
juntos hemos construido.*

El Autor

AGRADECIMIENTO

A nuestra querida alma mater, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica que nos impartieron sus conocimientos y experiencias en nuestra formación profesional.

A nuestros compañeros de código que hicieron amena la etapa estudiantil.

El Autor

PRESENTACIÓN

Señor Decano de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Cumpliendo con el Reglamento de Grados y Títulos de la ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA METALURGICA, y con el fin de optar al Título Profesional de Ingeniero Metalúrgico, pongo a vuestra consideración el presente trabajo titulado:

“EVALUACIÓN DE VARIABLES DEL PROCESO DE CIANURACIÓN DE MINERALES AURIFEROS DEL YACIMIENTO ISCHUORCCO – CURPAHUASI – APURIMAC (INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA)”

Esperando que el presente trabajo, fruto del esfuerzo de más de un año de investigación a nivel de campo y laboratorio, cumpla con los objetivos trazados. Para lo cual se planteó como variables independientes el tamaño de partícula, tiempo y la concentración de cianuro. Llegando a una conclusión de que el tiempo y el tamaño de partícula tienen influencia directa en el porcentaje de extracción.

El Autor

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
PRESENTACIÓN	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE TABLAS	iix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
SIMBOLOGIA	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I:	15
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.1 Situación Problemática	15
1.2 Formulación del Problema	16
1.2.1 Problema General	16
1.2.2 Problemas Específicos	16
1.3 Justificación	16
1.3.1 Justificación Tecnológica	16
1.3.2 Justificación Económica	16
1.3.3 Justificación Social	17
1.3.4 Justificación Ambiental	17
1.4 Objetivos de la Investigación	17
1.4.1 Objetivo General	17
1.4.2 Objetivos Específicos	17
CAPÍTULO II:	19
MARCO TEÓRICO	19
2.1 Antecedentes	19
2.1.1 Antecedentes Internacionales	19

2.1.2	Antecedentes Nacionales	20
2.1.3	Antecedentes Locales	21
2.2	Bases Teóricas	21
2.2.1	Geología del Yacimiento	21
2.2.2	Química del Oro	22
2.2.3	Lixiviación por Cianuración	24
2.2.4	Termodinámica de la Cianuración	25
2.2.5	Química de la Cianuración	28
2.3	Marco Conceptual	30
2.3.1	Factores que Afectan la Disolución de Oro en la Cianuración	30
2.3.1.1	Concentración de Cianuro	30
2.3.1.2	Tiempo	31
2.3.1.3	Tamaño de Partícula	32
2.3.1.4	Concentración de Oxígeno	33
2.3.1.5	Alcalinidad de la Solución	34
2.3.1.6	Temperatura	35
2.3.2	Métodos de Lixiviación	35
2.3.2.1	Lixiviación por Agitación	35
2.3.2.2	Lixiviación in Place – In Situ	36
2.3.2.3	Lixiviación en Bateas	37
2.3.2.4	Lixiviación en Pilas	37
2.3.2.5	Lixiviación en Botaderos	38
2.3.3	Uso del Cianuro de Sodio para la Extracción del Oro	40
2.3.4	El cianuro en Soluciones	40
2.3.4.1	Cianuro Libre	40
2.3.4.2	Complejos de Cianuro	41
2.3.5	Ciclo del Cianuro	43
2.3.5.1	Degradación Natural	43
	CAPÍTULO III:	44

HIPÓTESIS Y VARIABLES	44
3.1 Hipótesis de la Investigación	44
3.1.1 Hipótesis General	44
3.1.2 Hipótesis Especifica	44
3.2 Variables	44
3.2.1 Variable Dependiente	44
3.2.2 Variables Independientes	44
3.2.3 Variables Intervinientes	45
3.2.4 Indicadores	45
3.2.5 Operacionalización de Variables	46
CAPÍTULO IV:	47
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	47
4.1 Localización Geográfica	47
4.2 Caracterización Mineralógica	48
4.3 Diseño de la Investigación	50
4.3.1 Tipo de Investigación	50
4.3.2 Nivel de Investigación	50
4.4 Población, Tamaño y Selección de Muestra	50
4.4.1 Población	50
4.4.2 Muestra	50
4.4.3 Selección de Muestra	51
4.5 Técnicas e Instrumentos de Toma de Datos	51
4.5.1 Técnica	51
4.5.2 Instrumentos.	51
4.6 Equipos, Materiales y Reactivos	51
4.6.1 Equipos	51
4.6.2 Materiales	52
4.6.3 Reactivos	52
4.6.4 Viabilidad	52
CAPÍTULO V:	53
RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN	53

5.1	Procedimiento Experimental	53
5.1.1	Preparación Mecánica del Mineral	55
5.1.2	Molienda	56
5.1.3	Determinación de Porcentaje de Humedad	56
5.1.4	Determinación de la Gravedad Especifica	58
5.1.5	Cálculo de Peso de Mineral y Volumen de Agua en Pulpa	59
5.1.6	Cálculo de pH Estándar (11) de la Pulpa	61
5.1.7	Cálculo de Reactivo (NaCN)	62
5.1.8	Análisis de Titulación Volumétrica en el Control de Muestras	63
5.1.9	Reactivos para la Titulación del Proceso	63
5.1.10	Reposición de Reactivos	64
5.1.10.1	Reposición de Cal	64
5.1.10.2	Reposición de Cianuro de Sodio (NaCN)	64
5.1.10.3	Determinación de Cianuro Libre	66
5.2	Diseño Experimental	69
5.2.1	Balance de las Pruebas	73
5.3	Análisis Estadístico de Experimento	76
5.3.1	Análisis de Varianza (ANOVA)	77
5.3.2	Resumen de Modelo	78
5.3.3	Ecuación del Modelo Matemático	79
5.3.4	Análisis de Residuos	80
	CAPÍTULO VI:	82
	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	82
6.1	Contrastación Grafica de Análisis Estadístico	82
6.2	Discusión de Resultados	88
	CONCLUSIONES	91
	RECOMENDACIONES	92
	REFERENCIAS	93
	ANEXO 1	97
	ANEXO 2	117

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Diferencia de características de lixiviación en pilas, botaderos y por agitación</i>	39
Tabla 2 <i>Análisis de soluciones estériles</i>	42
Tabla 3 <i>Operacionalización de variables</i>	46
Tabla 4 <i>Determinación del tiempo de molienda</i>	56
Tabla 5 <i>Datos para la determinación de porcentaje de humedad</i>	57
Tabla 6 <i>Determinación de gravedad específico</i>	59
Tabla 7 <i>Condiciones operativas de todas las pruebas (mineral y agua)</i>	61
Tabla 8 <i>Componentes adicionados inicialmente en el reactor</i>	63
Tabla 9 <i>Parametros de titulacion</i>	66
Tabla 10 <i>Niveles de operación de variables para las pruebas</i>	70
Tabla 11 <i>Plan de pruebas experimentales mediante el diseño factorial 2³</i>	70
Tabla 12 <i>Condiciones operativas de diseño factorial</i>	71
Tabla 13 <i>Condiciones operativas de las 10 pruebas</i>	71
Tabla 14 <i>Balance metalúrgica para la prueba 1</i>	74
Tabla 15 <i>Balance metalúrgico de las 8 pruebas y 2 replicas</i>	75
Tabla 16 <i>Matriz de diseño factorial</i>	76
Tabla 17 <i>Estimación de efectos de los factores para el % de extracción de oro</i>	77
Tabla 18 <i>Análisis de varianza (ANOVA)</i>	78
Tabla 19 <i>Resumen de modelo matemático</i>	79
Tabla 20 <i>Analisis de residuo</i>	80
Tabla 21. <i>Matriz de consistencia</i>	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Estructura cristalina del oro</i>	23
Figura 2 <i>Diagrama de estabilidad potencial – pH para el sistema Au-H₂O-CN- a 25°C.</i>	25
Figura 3 <i>Ilustración de la naturaleza electroquímica de la disolución de partículas de oro en KCN en presencia de oxígeno</i>	26
Figura 4 <i>Representación esquemática de la disolución de oro en soluciones cianuradas, por corrosión electroquímica</i>	27
Figura 5 <i>Hidrolisis del cianuro de sodio</i>	29
Figura 6 <i>Efecto de la concentración de cianuro de sodio (NaCN) vs Extracción de oro</i>	31
Figura 7 <i>Tiempo vs Porcentaje de extracción</i>	32
Figura 8 <i>Tamaño de partícula vs Porcentaje de extracción</i>	33
Figura 9 <i>Efecto de pH en la extracción de oro</i>	35
Figura 10 <i>Tipos de lixiviación in place-in situ</i>	37
Figura 11 <i>Equilibrio de CN-/HCN con el pH</i>	41
Figura 12 <i>El ciclo del cianuro</i>	43
Figura 13 <i>Ubicación geográfica del yacimiento</i>	47
Figura 14 <i>Valor máximo de extracción de oro</i>	81
Figura 15 <i>Grafica de cubos (medias ajustadas) de porcentaje de extracción de oro</i>	82
Figura 16 <i>Grafica normal de efectos estandarizados</i>	83
Figura 17 <i>Diagrama de Pareto de efectos estandarizados</i>	84
Figura 18 <i>Grafica de residuos de extracción (%)</i>	85
Figura 19 <i>Grafica de efectos principales para la extracción (%)</i>	86
Figura 20 <i>Grafica de contorno de extracción (%)</i>	87
Figura 21 <i>Grafica de superficie de extracción (%)</i>	88

SIMBOLOGIA

Ag:	Plata
ANOVA:	Analysis of variance
Au:	Oro
cm ³ :	Centímetro cubico
g/t:	Gramos por tonelada
g:	Gramo
g/TM:	Gramo por tonelada métrica
h:	Hora
kg/m ³ :	Kilogramo por metro cubico
kg:	Kilogramo
L:	Litro
m.s.n.m:	Metros sobre el nivel del mar
mg:	Miligramos
m:	Metro
min:	Minuto
mm:	Milímetros
NaCN:	Cianuro de sodio
pH:	Potencial de hidrogeno
ppm:	Partes por millón
TMS:	Toneladas métricas secas
μ:	Micrones
%:	Porcentaje

RESUMEN

El trabajo de investigación intitulada EVALUACION DE VARIABLES DEL PROCESO DE CIANURACION DE MINERALES AURIFEROS DEL YACIMIENTO ISCHUORCCO-CURPAHUASI-APURIMAC (INVESTIGACION TECNOLOGICA). Este estudio tuvo como objetivo principal evaluar las variables del proceso de cianuración como el tamaño de partícula (μm) tiempo de cianuración (Hr) y la concentración de cianuro (%) para maximizar la extracción de oro a partir de los minerales auríferos del yacimiento Ischuorcco-Curpahuasi, ubicado en la región Apurímac. La metodología utilizada fue experimental con un enfoque explicativo-descriptivo, con un diseño factorial 2^3 que incluyó dos réplicas en el punto central. Este diseño permitió evaluar la influencia de las variables independientes: tiempo de cianuración (12 a 48 horas), concentración de cianuro de sodio (0.009 a 0.05%) y tamaño de partícula (149, 111.5, 74 μm). Para la ejecución de las pruebas de laboratorio, se usaron 60 kg de muestra representativa del yacimiento aurífero de Ischuorcco. El proceso experimental se llevó a cabo bajo condiciones controladas de pH 11, tamaño de partícula (149, 111.5, 74 μm), concentración de cianuro (0.009, 0.0295, 0.05 %), temperatura y presión a condiciones normales. Tras analizar los datos, se determinó que las mejores condiciones para la extracción de oro fueron un tiempo de 48 horas, tamaño de partícula de 74 μm y una concentración de cianuro de 0.05 %. Estas condiciones lograron una extracción máxima de 95.77 %. De todas las variables evaluadas, el tiempo de cianuración resultó ser el factor más influyente en el proceso, seguido por el tamaño de partícula y la concentración de cianuro. En conclusión, el control y la evaluación de estas variables fueron fundamentales para lograr una extracción eficiente de oro.

Palabras clave: *Evaluación de tamaño de partícula, tiempo de cianuración, concentración de cianuro, cianuración, extracción de oro.*

ABSTRACT

The research work entitled EVALUATION OF VARIABLES OF THE CYANIDATION PROCESS OF GOLD-BEARING MINERALS FROM THE ISCHUORCCO-CURPAHUASI-APURIMAC DEPOSIT (TECHNOLOGICAL RESEARCH). The main objective of this study was to evaluate the variables of the cyanidation process such as particle size (μm), cyanidation time (Hr) and cyanide concentration (%) to maximize the extraction of gold from the gold-bearing minerals of the Ischuorcco-Curpahuasi deposit, located in the Apurímac region. The methodology used was experimental with an explanatory-descriptive approach, with a 2^3 factorial design that included a replication at the central point. This design allowed the evaluation of the influence of the independent variables: cyanidation time (12 to 48 hours), sodium cyanide concentration (0.009 to 0.05%) and particle size (149, 111.5, 74 μm). For the execution of the laboratory tests, 60 kg of representative sample from the Ischuorcco gold deposit were used. The experimental process was carried out under controlled conditions of pH 11, particle size (149, 111.5, 74 μm), cyanide concentration (0.009, 0.0295, 0.05%), temperature and pressure at normal conditions. After analyzing the data, it was determined that the best conditions for gold extraction were a time of 48 hours, particle size of 74 μm and a cyanide concentration of 0.05%. These conditions achieved a maximum extraction of 95.77 %. Of all the variables evaluated, cyanidation time was found to be the most influential factor in the process, followed by particle size and cyanide concentration. In conclusion, the control and evaluation of these variables were essential to achieve efficient gold extraction.

Keywords: *Particle size evaluation, time of cyanidation, cyanide concentration, cyanidation, gold extraction.*

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación tiene como propósito ofrecer una alternativa de mejora en la extracción de oro mediante la aplicación del proceso de cianuración en los minerales auríferos de Ischuorcco. Este tema cobra relevancia debido al creciente interés en la optimización de los métodos extractivos, orientados a maximizar el porcentaje de recuperación del metal precioso en un contexto donde la eficiencia y la sostenibilidad son fundamentales.

El objetivo principal de este estudio fue evaluar las variables operativas clave, tamaño de partícula, concentración de cianuro y tiempo de cianuración que permiten alcanzar una alta eficiencia en la extracción de oro mediante el proceso de cianuración a partir de los minerales auríferos de Ischuorcco. Para ello, se utilizó una metodología experimental con un enfoque descriptivo-explicativo. Las variables analizadas incluyeron el tamaño de partícula expresado en micrones (μm), la concentración de cianuro en porcentaje (%) y el tiempo en horas (hr). De acuerdo con los resultados obtenidos, el tiempo de cianuración demostró ser la variable más influyente, seguido por el tamaño de la partícula y su interacción con el tiempo, mientras que la concentración de cianuro tuvo un impacto menos significativo.

El desarrollo de este estudio está estructurado en seis capítulos. El **Capítulo 1** describe la problemática de la investigación, estableciendo el contexto y la justificación del trabajo. En el **Capítulo 2** se desarrolla el marco teórico y se analizan los antecedentes relevantes. El **Capítulo 3** plantea las hipótesis y variables de estudio, mientras que el **Capítulo 4** detalla la metodología utilizada. Los resultados experimentales se presentan en el **Capítulo 5**, seguidos por el análisis y discusión de los mismos en el **Capítulo 6**. Finalmente, se incluyen los anexos que complementan la investigación

CAPÍTULO I:

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Situación Problemática

La cianuración es el método más utilizado para la extracción de oro debido a su eficiencia y costo relativamente bajo. Actualmente la minería está en su apogeo ya que los precios de los metales están en la cúspide a comparación a los años anteriores. La extracción de los minerales de Ischuorcco son extraídos de manera artesanal mediante socavones, el mineral acumulado generalmente por periodos al final es llevado a plantas de procesamiento más cercanos o a la región Arequipa para su posterior venta y procesamiento. Las ganancias obtenidas son mínimas (15 % del total gastado) ya que el costo de transporte, el pago al personal y gastos en los insumos hacen que sea poco rentables. Es por ello se vio la necesidad de llevar a cabo esta investigación con el propósito de evaluar las variables como la granulometría, concentración de cianuro y el tiempo de cianuración, mediante el proceso de cianuración y plantearles que dicho proceso se puede implementar para transformar el producto bruto extraído en productos más rentables.

Es crucial desarrollar métodos más eficientes y sostenibles para la cianuración de minerales auríferos. Este estudio busca explorar y evaluar la efectividad de esta técnica en la mejora del proceso de cianuración, proporcionando una solución viable para los mineros artesanales y contribuyendo a la sostenibilidad de las poblaciones aledañas al proyecto.

1.2 Formulación del Problema

1.2.1 Problema General

- ¿Se podrá evaluar las variables, tamaño de partícula, concentración de cianuro y el tiempo que permitan una alta extracción de oro mediante el proceso de cianuración a partir de los minerales auríferos del yacimiento Ischuorcco-Curpahuasi-Apurímac?

1.2.2 Problemas Específicos

- ¿Cuál será el tamaño de partícula adecuada que permita una alta extracción de oro mediante el proceso de cianuración a partir de los minerales auríferos del yacimiento Ischuorcco-Curpahuasi-Apurímac?
- ¿Cuál será la concentración de cianuro que permita una alta extracción de oro mediante el proceso de cianuración a partir de los minerales auríferos del yacimiento Ischuorcco-Curpahuasi-Apurímac?
- ¿Cuál será el tiempo que permita una alta extracción de oro mediante el proceso de cianuración a partir de los minerales auríferos del yacimiento Ischuorcco-Curpahuasi-Apurímac?

1.3 Justificación

1.3.1 Justificación Tecnológica

La culminación del trabajo de investigación servirá a los mineros artesanos de Ischuorcco como un antecedente o una guía para su posterior implementación del proyecto mediante el proceso de cianuración. Además, con ello se dará un inicio en uso de los equipos modernos para el procesamiento de los minerales extraídos artesanalmente.

1.3.2 Justificación Económica

Teniendo el trabajo de investigación como antecedente y plantear una implementación de una planta de procesamiento para dar valor agregado a los minerales auríferos del

yacimiento de Ischuorcco mediante el proceso de cianuración y con ello mejorar los ingresos económicos de los mineros artesanales si es que se instala la planta de procesamiento. En efecto los pueblos aledaños también se beneficiarán ya sea directa o indirectamente con los ingresos y por generar nuevos empleos.

1.3.3 Justificación Social

Desde este aspecto, tener claro, que la adopción de prácticas mineras responsables y sostenibles mejora las relaciones entre el proyecto y las comunidades aledañas, así mismo este tipo de prácticas incentivan al resto de empresas a tomar políticas que vayan a favor de las comunidades.

1.3.4 Justificación Ambiental

El proceso de cianuración, si no se gestiona adecuadamente, puede dar lugar a la liberación de cianuro y metales pesados en el entorno, lo que representa un riesgo ambiental significativo. La mejora de los procesos busca minimizar estos riesgos al reducir la cantidad de cianuro utilizado y asegurar su manejo seguro, así como la reducción de residuos tóxicos, esto a favor de la biosfera de la zona, así como de los pobladores.

1.4 Objetivos de la Investigación

1.4.1 Objetivo General

- Evaluar las variables, tamaño de partícula, concentración de cianuro y el tiempo que permitan una alta extracción de oro mediante el proceso de cianuración a partir de los minerales auríferos del yacimiento Ishuorcco-Curpahuasi-Apurímac.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar el tamaño de partícula adecuada que permita una alta extracción de oro mediante el proceso de cianuración a partir de los minerales auríferos del yacimiento Ishuorcco-Curpahuasi-Apurímac.

- Determinar la concentración de cianuro que permita una alta extracción de oro mediante el proceso de cianuración a partir de los minerales auríferos del yacimiento Ishuorcco-Curpahuasi-Apurímac.
- Determinar el tiempo óptimo que permita una alta extracción de oro mediante el proceso de cianuración a partir de los minerales auríferos del yacimiento Ishuorcco-Curpahuasi-Apurímac.

CAPÍTULO II:

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Antecedentes Internacionales

(Huamani & Roberto, 2019). *Contribución al conocimiento sobre la minimización de cianuro en la minería de oro; sales oxidantes, aireación y sobre molienda para minerales cianicidas (Artículo)*. Este proyecto de investigación busca reducir el consumo de cianuro en la minería aurífera, especialmente en minerales complejos como sulfuros y arseniuros de oro, mediante el uso de sales oxidantes. Se realizaron pruebas de cianuración variando factores como la concentración de cianuro y el pH, y utilizando sales de plomo como pasivantes. Los resultados muestran que el uso de estas sales reduce significativamente el consumo de cianuro, logrando una disolución de oro del 97.78% en 24 horas, en contraste con el 84.50% obtenido en un proceso convencional sin pasivación. La preoxidación del mineral también mejoró la disolución de oro.

Asghar Azizi, Reza G. (2015) Titulado. *Optimizing and evaluating the operational factors affecting the cyanide leaching circuit of the Aghdareh gold processing plant using a CCD model (Artículo)*. En el artículo se empleó un método de superficie de respuesta con un diseño compuesto central para analizar y optimizar la influencia de cinco factores clave en el proceso de cianuración de oro: pH, porcentaje de sólidos, concentración de NaCN, tamaño de partículas y tiempo de lixiviación. Se desarrolló un modelo de segundo orden que mostró que los factores más influyentes en la lixiviación de oro fueron, en orden de importancia: tiempo de lixiviación, concentración de NaCN, tamaño de partícula, pH y otros factores e interacciones menores. Las condiciones óptimas para una recuperación del 91.5% de oro

incluyeron un pH de 10.11, 36.07% de sólidos, 729.56 ppm de NaCN, un tamaño de partícula de 37.52 μm y 23.2 horas de lixiviación.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

Vásquez Condori, J. R. (2021). *Evaluación de las principales variables del proceso de lixiviación y su influencia en la recuperación de oro* (tesis de grado). Universidad Nacional de San Agustín. El objetivo de este estudio fue determinar principales variables del proceso de lixiviación y cómo influyen estas en la recuperación de oro. El método de investigación fue de tipo experimental y el diseño fue experimental. Se realizaron 11 pruebas de cianuración en columna, donde las variables principales fueron concentración de NaCN, tasa de riego y el pH. Se concluyó que, para una óptima extracción de oro, se debe trabajar con una concentración de NaCN de 200 ppm, por otro lado, se pudo determinar que para una extracción mayor se debe de trabajar a un pH de 10.5.

Morales Mulluni, D. C. (2018). *Evaluación del proceso de cianuración por agitación de minerales de oro y plata de la zona minera de Malco en el distrito de Puyo – Ayacucho* (tesis de grado). Universidad nacional Jorge Basadre Grohmann. El propósito de este estudio fue analizar el proceso de cianuración por agitación para extraer oro y plata. La investigación se enfocó en la extracción de estos metales a partir de minerales de la zona minera de Malco, en el distrito de Puyo-Ayacucho, llevada a cabo en un laboratorio. Se trabajó con dos muestras representativas, molidas durante 25 y 35 minutos, las cuales fueron sometidas a cianuración por agitación, utilizando diferentes dosis de pH (de 10,3 a 10,5), CaO (entre 1,0 y 1,5 g/kg), NaCN (de 1,9 a 9,0 gramos) y tiempos de cianuración que variaron de 0 a 24 horas. La mayor ley de mineral de oro, de 9,3 g/tn, alcanzó una recuperación del 89,5% de oro y una extracción del 61,4% de plata tras 24 horas de cianuración, utilizando hasta 9,0 gramos de cianuro de sodio (NaCN) a un pH de entre 10,3 y 10,5.

2.1.3 Antecedentes Locales

Orcoapaza y Taype (2019), en la tesis intitulada “*evaluación de variables en la lixiviación por agitación con Gold Max para la extracción de Oro del yacimiento Ayahuay-Apurimac*”, El objetivo principal de esta investigación es analizar las variables del proceso de lixiviación utilizando Gold MAX, con la hipótesis de que se puede lograr una extracción de oro superior al 90%. Se aplicó una metodología experimental de carácter cualitativo y explicativo. Las pruebas preliminares de lixiviación por agitación indicaron que las variables más influyentes en el proceso son la granulometría y el tiempo. Estas variables se emplearon en pruebas experimentales basadas en un diseño factorial 2³. En estas condiciones, se alcanzó una extracción del 96,16% de oro. Los parámetros óptimos fueron: una granulometría del 83,1% pasante a -200M, una concentración de Gold MAX del 0,025% y un tiempo de lixiviación de 40 horas. Finalmente, se estableció el diseño experimental y se utilizó el software estadístico Statgraphics para identificar y explicar las variables más relevantes del proceso.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Geología del Yacimiento

En el lugar donde está ubicado este yacimiento las rocas más antiguas están constituidas por areniscas y cuarcitas jurásicas correspondiente a la formación Goyllarisquiza; encima de los cuales yacen calizas que podrían correlacionarse con las calizas Machay del Cretáceo finalmente estos últimos están localmente asociadas a la mineralización metálica de la región.

El yacimiento de Ischuorcco, se encuentra emplazada en una táctica (skarn) que con características de manto ha sido generada en la zona de contacto entre un intrusivo; acido alterado (monzonita) que ya se en la base y las calizas recristalizadas Machay; las calizas y la

táctica se encuentran constituidas por una serie de regalamientos locales; íntimamente asociados con las ocurrencias de la mineralización metálica.

La táctica, contiene disseminaciones pobres de pirita residual, algo de chalcopirita y ocasionalmente galena y marmatita asociada a venillas de cuarzo en ganga de cuarzo y granates; los afloramientos de táctica, presentan una intensa oxidación en limonitas originadas por la lixiviación de los sulfuros originales.

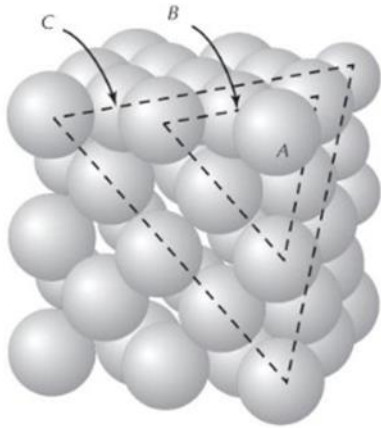
2.2.2 *Química del Oro*

“El oro, cuyo símbolo es Au, se clasifica como un metal noble debido a su resistencia a reaccionar químicamente en medios simples. No obstante, puede reaccionar con una variedad de reactivos en condiciones específicas. Pertenece al grupo del cobre y la plata en la tabla periódica, se encuentra comúnmente asociado con estos elementos en las rocas”. (Marsden y House, 2006).

El oro puede contener pequeñas cantidades de cobre y hierro, junto con trazas de elementos como bismuto, plomo, estaño, zinc y metales del grupo del platino. Su pureza o ley se mide en partes por millón (ppm). Generalmente, el oro contiene alrededor del 10% de otros metales, lo que le otorga una ley de 900. En cuanto a su estructura, el oro presenta un empaquetamiento cúbico compacto de sus átomos, como se muestra en la fig.1.

Figura 1

Estructura cristalina del oro



Nota: Adaptado de Rabinovich (2017), Pg. 20

El oro ha sido un metal y su valor inherente, sino también por sus extraordinarias propiedades fisicoquímicas, incluyendo su inusual color amarillo, su resistencia a la oxidación, su extrema ductilidad (con un gramo de este metal es posible fabricar un hilo fino de 2.3 km) y su gran maleabilidad (con un gramo se puede preparar una lámina de, aproximadamente, un metro cuadrado) Rabinovich, D. (2017).

“El oro se encuentra en minerales como la calaverita (AuTe_2), montbroyita (Au_2Te_3) y silvanita (AuAgTe_4) en diversas concentraciones, asociado con otros minerales como el sulfuro de cobre” (Piscoya A. Katherin L., 2018). Su presencia en la corteza terrestre es de aproximadamente 0,005 g/t, lo cual es significativamente menor en comparación con la mayoría de otros metales, como la plata que tiene una concentración de 0,07 g por tonelada y el cobre que tiene 50 g por tonelada. El contenido de oro varía según los minerales y sus propiedades específicas; por ejemplo, el Electrum (Au-Ag), que generalmente tiene una gravedad específica inferior a 19,3 y un contenido de oro que fluctúa entre el 45 % y el 75 %. (Marsden & House, 2006).

Los granos de oro nativo poseen un contenido de Au que puede alcanzar hasta un 99,8 %, aunque en su mayoría oscilan entre el 85 % y el 95 % de contenido de Au, siendo la plata la principal impureza presente. A pesar de que su densidad nominal es de 19,300 kg/m³, el oro nativo generalmente exhibe una densidad de alrededor de 15,000 kg/m³. Por lo tanto, al liberarse de los minerales de desecho, es posible recuperarlo de manera sencilla mediante la concentración gravimétrica, que ha sido el método principal empleado a lo largo de la historia para la recuperación de oro, especialmente en partículas de tamaño superior a 10 µm. (Marden & House, 2006)

2.2.3 Lixiviación por Cianuración

La técnica convencional de procesamiento de oro ha sido la lixiviación con cianuro durante más de un siglo. En este proceso, una solución de cianuro o lixivante se pasa a través del mineral, contenido en tanques, columnas o pilas. “El oro se disuelve gracias al cianuro y luego se retira de las columnas o pilas. Después, se extrae de la solución de lixiviación enriquecida mediante procesos de adsorción en carbono o resinas” (Romero García, J. O., 2020). Este método comprobado y rentable de extracción de minerales proporciona una recuperación óptima para diversos tipos de minerales de oro, incluyendo aquellos de baja ley y algunos refractarios. (Adams, M. D., 2005).

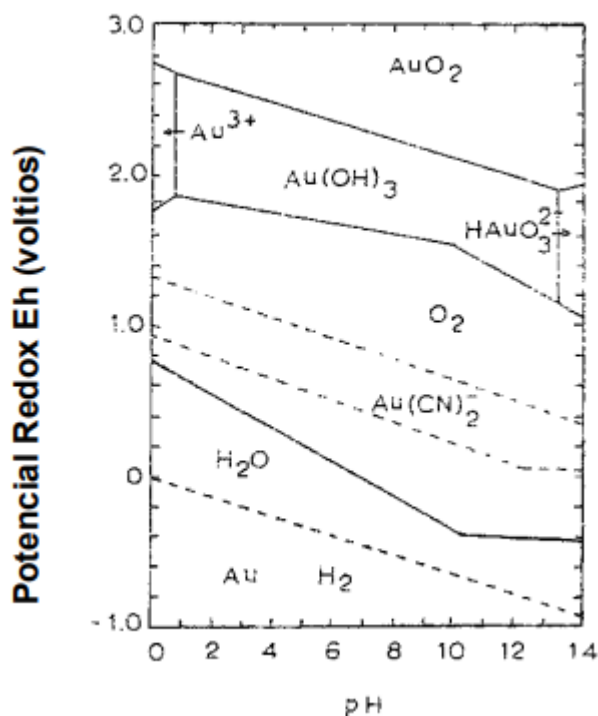
(Adams, M. D., 2005) indica que la lixiviación por agitación es adecuada para minerales de mayor ley, Cuando el mineral genera una gran cantidad de partículas finas durante la fase de trituración, o cuando el mineral de interés está distribuido de manera dispersa, es necesario molerlo para liberar su valor y facilitar el proceso de disolución. También es una tecnología utilizada para la lixiviación de calcinas de tostación y concentrados.

2.2.4 Termodinámica de la Cianuración

Para explorar los procesos fisicoquímicos relacionados con la lixiviación del oro, es esencial examinar a fondo sus propiedades termodinámicas, centrándose especialmente en sus estados estables y metaestables. Estos estados se representan tradicionalmente en los diagramas de Pourbaix (figura 2), que establecen la relación entre el potencial de óxido-reducción (Eh) del metal y el pH del entorno. Dicho diagrama indica que la formación de compuestos como $\text{Au}(\text{OH})_3$, AuO_2 , HAuO_3^{2-} , así como el ión Au^{3+} , requiere potenciales redox elevados. La extracción de oro metálico mediante lixiviación resulta extremadamente desafiante debido a la notable estabilidad inherente a este metal. (Choquipoma, 2010)

Figura 2

Diagrama de estabilidad potencial – pH para el sistema Au-H₂O-CN- a 25°C.

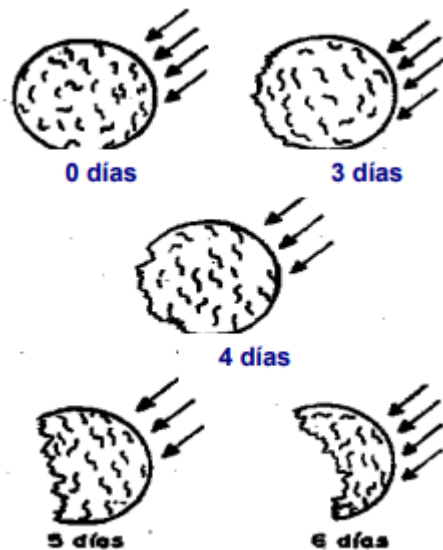


Nota: Adaptado de Choquipoma, (2010). Pág. 32

Este experimento, en el cual se utilizaron “pequeñas esferas de oro y una solución solidificada como soporte, demostró que al hacer circular una corriente de KCN libre de aire, se observó una ligera corrosión en el lado opuesto al flujo de incidencia tras tres días. Después de otros tres días, la partícula de oro se había reducido a la mitad” (Delgado F., Kancha G., 2023). Como se muestra en la fig. 3.

Figura 3

Ilustración de la naturaleza electroquímica de la disolución de partículas de oro en KCN en presencia de oxígeno

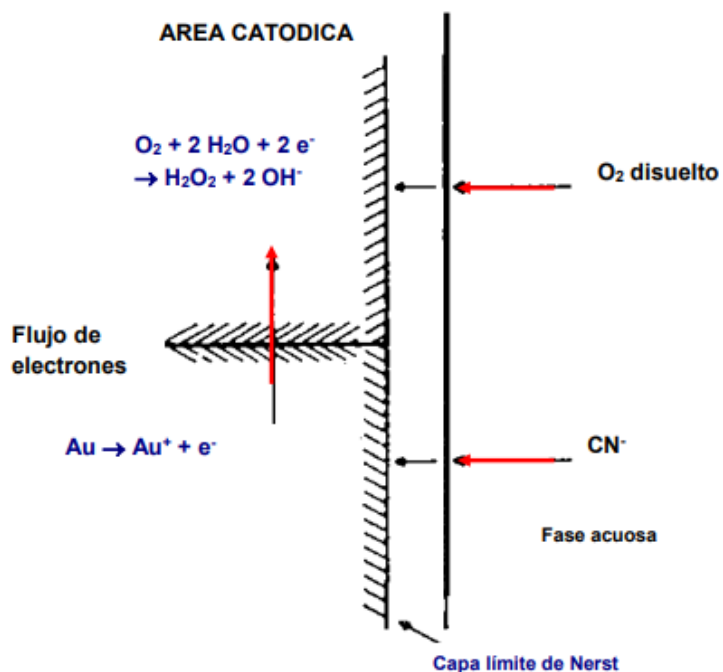


Nota: Adaptado de Flores, Antonio (2015). Pág. 17

Este fenómeno se explica gráficamente en la fig. 4, donde se observa que la reducción del oxígeno en la superficie metálica en la zona catódica está acompañada por la

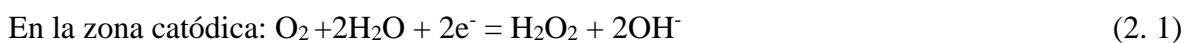
Figura 4

Representación esquemática de la disolución de oro en soluciones cianuradas, por corrosión electroquímica



Nota: Adaptado de Flores, Antonio (2015), Pag.18

oxidación del oro en la zona anódica. Las reacciones que describen este proceso son las siguientes:



El experimento evidencia la presencia de un flujo de electrones entre la fase líquida, donde se encuentran el oxígeno disuelto y el cianuro, y la fase sólida compuesta por el oro. Este flujo de electrones es clave en el proceso de corrosión, ya que facilita las reacciones

redox en las cuales el oxígeno se reduce y el oro se oxida, generando la degradación del metal.

La capa límite de Nernst, situada entre ambas fases, tiene un espesor variable según el método de lixiviación y la velocidad de agitación. (González & Pérez, 2017).

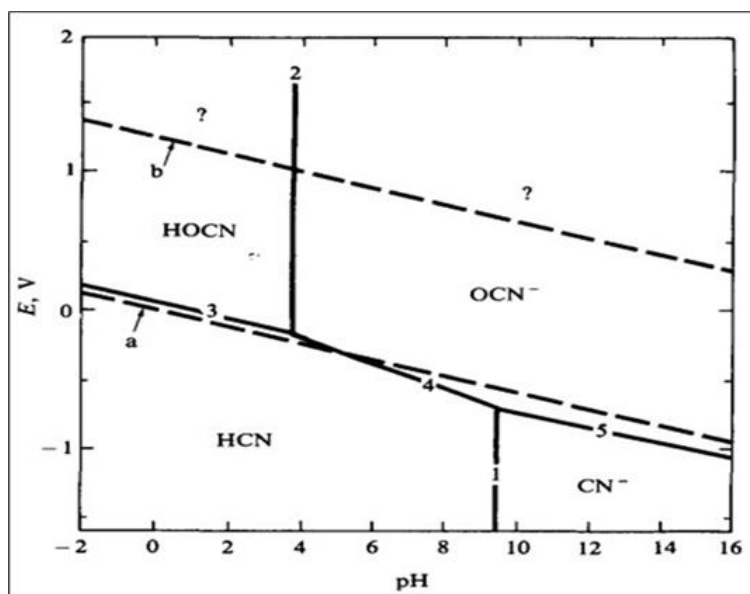
2.2.5 *Química de la Cianuración*

(Marsden y House, 2006) “La cianuración es un proceso hidrometalúrgico que consiste en la disolución de los metales preciosos, principalmente oro y plata, en soluciones alcalinas de cianuro, mediante la formación de iones complejos” (p. 27).

Los iones de cianuro experimentan hidrólisis en agua, dando lugar a la formación de ácido cianhídrico (HCN) y oxhidrilo (OH⁻), cuyas concentraciones varían en función del pH. A un pH de 9,3, alrededor de la media parte del total de cianuro se presenta en cianuro de hidrógeno (HCN), mientras que la otra parte se encuentra en forma de iones cianuro (CN⁻). A medida que el pH aumenta, el cianuro se presenta mayoritariamente como iones de cianuro libres. Durante el proceso de lixiviación, pueden ocurrir reacciones indeseadas que llevan a la generación de ácido cianhídrico (HCN) y cianuro libre. En presencia de oxígeno, estos compuestos pueden oxidarse para producir cianato (CNO⁻), una sustancia que no tiene la capacidad de disolver el oro y, por lo tanto, disminuye la concentración de cianuro libre (Marsden & House, 1992).



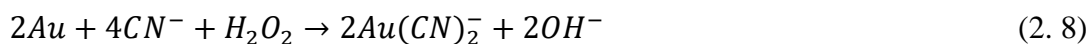
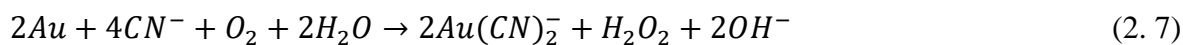
Estas reacciones se muestran termodinámicamente en la fig. 5

Figura 5*Hidrolisis del cianuro de sodio*

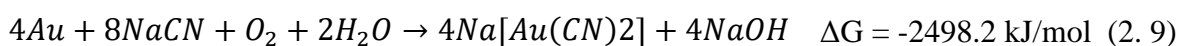
Nota: Adaptado de (Marsden & House, 1992)

A pesar de que el oro no experimenta oxidación por sí mismo, se acepta comúnmente que, en presencia de un agente complejante como el cianuro, el oro experimenta oxidación y forma un ion complejo estable ($\text{Au}(\text{CN}_2)^-$). De igual manera, el oxígeno se minimiza, produciendo peróxido de hidrógeno a manera de un producto intermedio en la primera etapa y luego actuando como agente oxidante en la segunda etapa, entendiendo que estos procesos son esenciales en el contexto de la cianuración. Srithammavut (2008) al citar a Marsden & House, (1992) y Adams, M. D. (2005); se afirma que la oxidación es un requisito previo para la disolución del oro en una solución de cianuro alcalino. Aunque el oro no tiende a oxidarse por sí solo, “generalmente se acepta que, en presencia de un agente complejante como el cianuro, experimenta oxidación y se convierte en el ion complejo estable ($\text{Au}(\text{CN}_2)^-$). Por otro lado, el oxígeno experimenta una reducción” (Piscoya A. Katherin L., 2018), generando peróxido de hidrógeno como un producto intermedio en la primera etapa, para luego actuar

como agente oxidante en la segunda etapa. Se comprende que estas reacciones químicas ocurren simultáneamente, como las mostradas a continuación:



La adición de las dos reacciones previas resulta en la ecuación (2.9), formulada por Elsner, como se presenta a continuación:



Esta ecuación es correcta desde el punto de vista estequiométrico. No obstante, no abarca por completo las reacciones catódicas vinculadas a la disolución. (Marsden & House, 1992)

2.3 Marco Conceptual

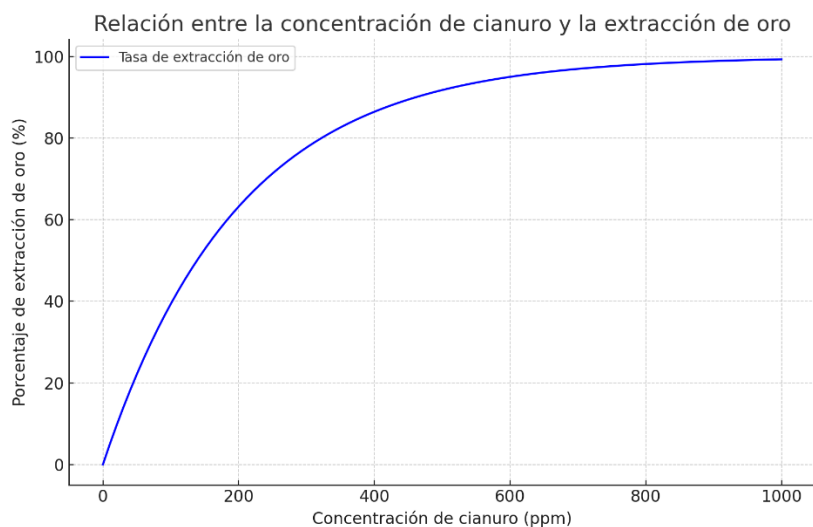
2.3.1 Factores que Afectan la Disolución de Oro en la Cianuración

2.3.1.1 Concentración de Cianuro

Según (Misari, 2010) quien menciona que la máxima velocidad de disolución del oro en soluciones de cianuro se alcanza al pasar de una solución concentrada a soluciones más diluidas, según indica su investigación. Su estudio revela que este valor máximo se logra al utilizar una solución con una concentración de 0.25% de NaCN.

Figura 6

Efecto de la concentración de cianuro de sodio (NaCN) vs Extracción de oro

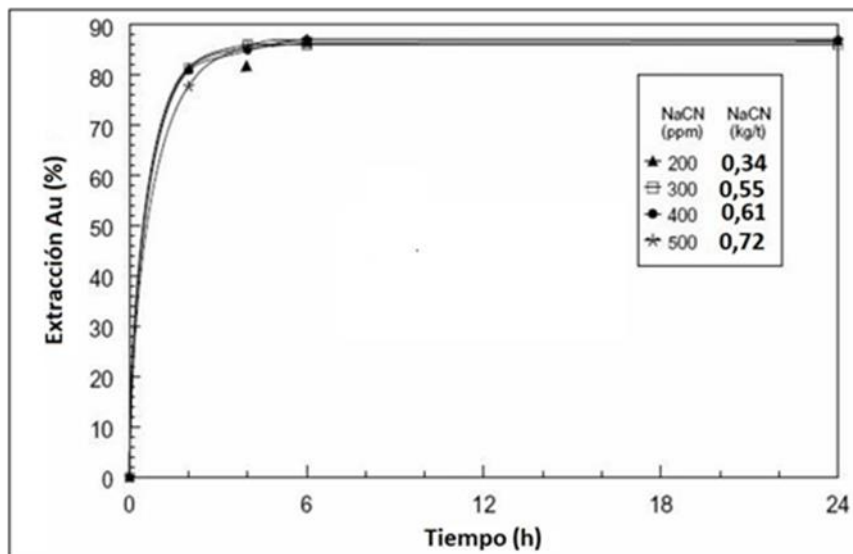


Nota: Adaptado de software Python

(Deschênes, Boucher, & Brière, 2003), La velocidad de disolución del oro aumenta con el incremento de la concentración de cianuro, pero alcanza un punto de estabilización cuando la concentración de cianuro supera el 0.06% de NaCN, equivalente a 600 partes por millón (ppm). Ver fig.6

2.3.1.2 Tiempo

“El tiempo es un factor determinante en la lixiviación de oro, ya que impacta directamente la eficiencia de la disolución del metal” (Piscoya A. Katherin L., 2018). Un tiempo de lixiviación bien ajustado maximiza la recuperación de oro, pero debe ser cuidadosamente optimizado junto con otros parámetros del proceso para evitar ineficiencias, costos adicionales o complicaciones ambientales como se muestra en la fig. 7. Por lo tanto, controlar adecuadamente el tiempo en la cianuración es esencial para equilibrar la recuperación, el uso de reactivos y el impacto ambiental. Adams, M. D. (2016).

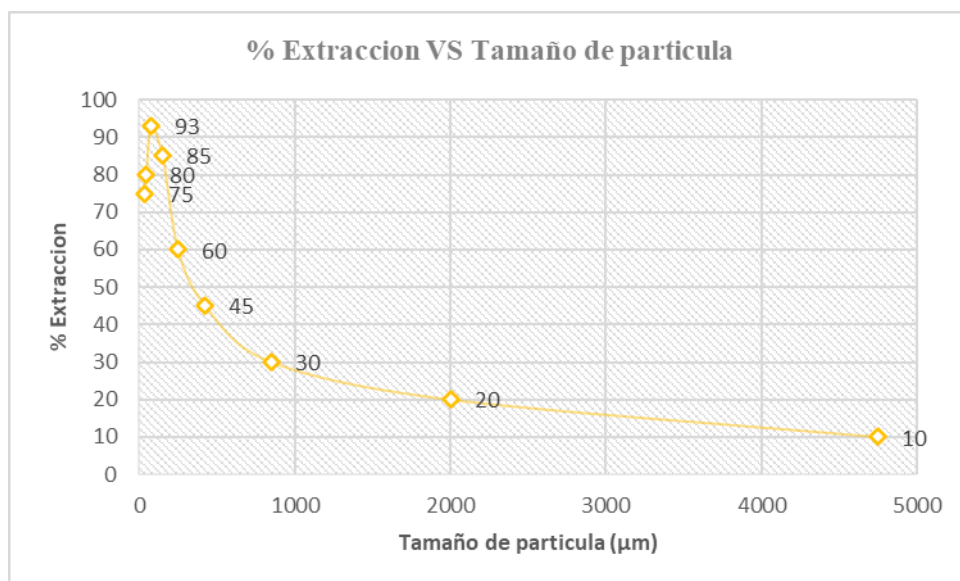
Figura 7*Tiempo vs Porcentaje de extracción**Nota: Adaptado de (Deschenes, 2003)*

2.3.1.3 Tamaño de Partícula

El autor; (Misari Chuquipoma, 2010, pág. 27) se señala que, el tamaño de partícula es directamente proporcional al tiempo de cianuración como se muestra en la fig. 8. En presencia de oro grueso y libre en los minerales, el método comúnmente empleado para recuperarlo antes de la cianuración es a través de dispositivos como trampas, jigs, mantas, entre otros. De lo contrario, estas partículas de mayor tamaño no podrían disolverse por completo en el tiempo necesario para llevar a cabo la cianuración.

Figura 8

Tamaño de partícula vs Porcentaje de extracción



Nota: Adaptado de Excel 2019

2.3.1.4 Concentración de Oxígeno

El autor menciona; (Misari, 2010) La utilización de oxígeno o de un agente oxidante es indispensable para llevar a cabo la disolución de oro en condiciones normales de cianuración. Aunque en el pasado se han empleado con éxito “agentes oxidantes como peróxido de sodio, permanganato de potasio, bromo o cloro, su uso ha disminuido debido a su costo y a las complicaciones asociadas con su manipulación” (Delgado F., Kancha G., 2023). Además, un conocimiento más detallado de las reacciones implicadas en el proceso de cianuración, junto con una mejor comprensión de los efectos de los componentes no deseados en los minerales, ha demostrado que una adecuada aireación, bajo condiciones apropiadas, puede generar resultados tan eficaces como los obtenidos mediante oxidantes químicos.

La influencia de la oxigenación y la influencia en la recuperación de oro.

- Concentración de Oxígeno (O₂)
- Aumento de la Oxidación del Oro

- Aceleración de la Tasa de Disolución del Oro
- Mejora en la Recuperación de Oro
- Reducción en el Tiempo de Lixiviación

2.3.1.5 Alcalinidad de la Solución

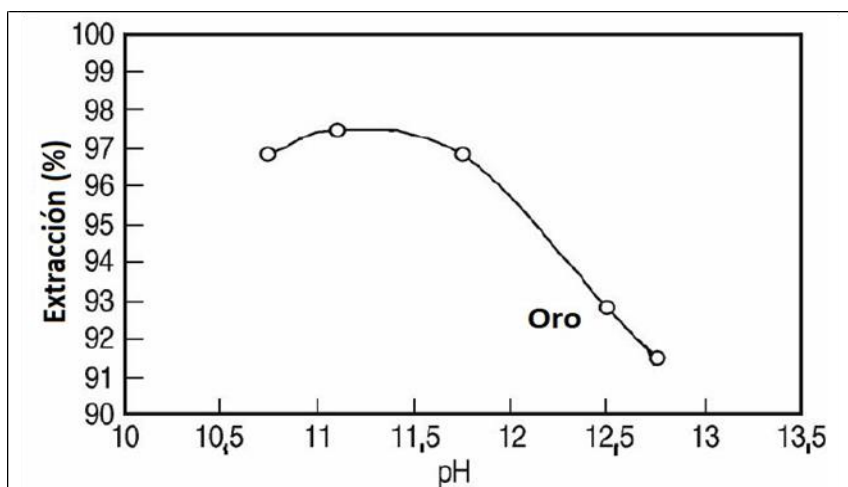
Según Misari (2010), las funciones del hidróxido de calcio en el proceso de cianuración son:

- Previene la pérdida de cianuro debido a la hidrólisis.
- Impide la pérdida de cianuro causada por la acción del dióxido de carbono presente en el aire.
- Descompone los bicarbonatos presentes en el agua antes de su utilización en el proceso de cianuración.
- Equilibra los compuestos ácidos, como las sales ferrosas, sales férricas y sulfato de magnesio en el agua, antes de incorporarlo al circuito de cianuro.
- Compensa los componentes ácidos presentes en el mineral.
- Compensa los compuestos ácidos que se generan debido a la descomposición de diversos minerales cuando están presentes en soluciones de cianuro.
- Facilita la sedimentación de partículas minerales finas, permitiendo así la separación de la solución clara impregnada del mineral tratado con cianuro.
- Mejora la eficiencia de extracción en minerales que contienen telururos, los cuales se descomponen más rápidamente en condiciones de mayor alcalinidad (pag. 40).

Parga et al. (2007) presentan el efecto del pH en la extracción de oro tal como se indica en la fig. 9. “Se puede observar que la extracción de oro para el sistema de alta presión se reduce cuando el pH aumenta también” (Piscoya A. Katherin L., 2018).

Figura 9

Efecto de pH en la extracción de oro



Nota: Adaptado de (Parga, 2007)

2.3.1.6 Temperatura

(Misari, 2010) menciona al respecto que cuando el calor es aplicado a una solución de cianuro conteniendo oro metálico, dos factores contrarios afectan la velocidad de disolución; por un lado, el incremento en la temperatura produciría un aumento en la actividad de la solución y así se incrementaría la velocidad de disolución de oro; al mismo tiempo, la cantidad de oxígeno en la solución disminuiría porque la solubilidad de los gases disminuye con el incremento de temperatura.

2.3.2 Métodos de Lixiviación

Según Marsden, et al. (2006), se mencionan los tipos de lixiviación de oro.

2.3.2.1 Lixiviación por Agitación

Adams, M. D. (2005), “el proceso de lixiviación por agitación es el método más comúnmente empleado para disolver el oro, y consiste en agitar de forma constante la pulpa formada por el mineral triturado y los reactivos de lixiviación. Este método se utiliza principalmente en menas con una alta ley de oro (superior a 10 g/TM) y en concentrados con

leyes superiores a 30 g/TM, logrando elevadas tasas de extracción debido a su alta velocidad de reacción”. “El mineral que se procesa generalmente se encuentra en un rango de 80% a - 200 mallas, e incluso a menos de -400 mallas, con un porcentaje de sólidos en la pulpa del 25% al 30%. El tiempo de lixiviación por agitación puede variar desde unas pocas horas hasta aproximadamente 48 horas” (Romero García, J. O., 2020). Según Piscoya A. Katherin L., 2018, la alta velocidad de extracción de oro en este proceso se atribuye a las siguientes razones:

- El tamaño de partícula es lo suficientemente pequeño, lo que genera una alta superficie expuesta debido a la intensa agitación.
- El espesor de la capa límite es reducido, lo que aumenta la velocidad de disolución del oro.
- La cinética de la reacción es rápida, ya que el mineral se libera mejor como resultado de la reducción de su tamaño durante las etapas de trituración y molienda (pag. 34).

El costo de instalación y operación asociado a este método se compensa con la alta extracción de metal que permite, además de requerir un menor tiempo de operación (en horas) en comparación con otras técnicas de lixiviación, como la lixiviación en pilas o bateas (Adams, M. D.,2005).

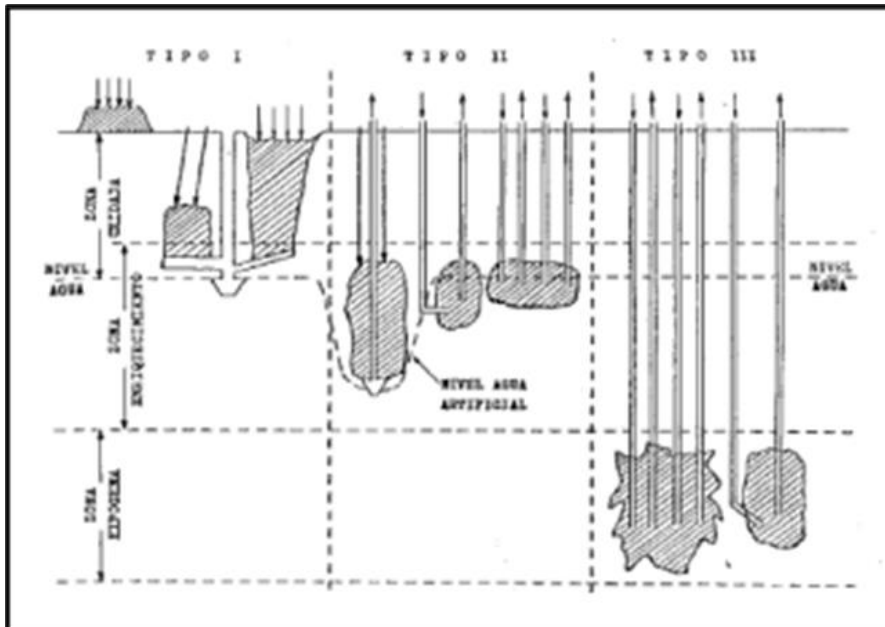
2.3.2.2 Lixiviación in Place – In Situ

La lixiviación **IN PLACE** se refiere al proceso de lixiviación de los desechos o fragmentos de roca que permanecen en minas abandonadas, aprovechando los materiales ya expuestos. Por otro lado, la lixiviación **IN SITU** implica la aplicación directa de soluciones químicas a un depósito mineralizado aún en su ubicación original, sin necesidad de extraer o mover el material previamente (González & Pérez, 2018).

En la fig. 10 se puede observar los diferentes tipos de lixiviación in situ.

Figura 10

Tipos de lixiviación in place-in situ



Nota: Adaptado de Misari F.D. Metalurgia del Oro

2.3.2.3 Lixiviación en Bateas

(López & García, 2019) “Esta metodología implica la conexión de una cama de mineral con una solución acuosa que filtra y llena la batea o estanque.” (p.03)

(Misari, 2010) “La lixiviación en bat fue llevada a cabo en piscinas o tanques, cada uno condicionado con un sistema diferente de base de filtración, de modo que los problemas de diseño pueden ser analizados totalmente. Las técnicas de filtración evaluadas incluyeron el uso de yute colocado sobre una base de madera, túneles de succión recubiertos con yute, y filtros de arena gruesa. Cada tanque fue cargado con aproximadamente 35 toneladas de residuo”.

2.3.2.4 Lixiviación en Pilas

(Misari, 2010) menciona que:

Muchos depósitos pequeños de mineral, alguna vez considerados antieconómicos, ahora que son económicamente factibles para ser procesados por los métodos de lixiviación en pilas. Recientemente, el aumento en los precios del oro y la plata ha generado un renovado interés en el desarrollo de pequeñas minas. El cuál tiene las siguientes características:

- El oro debe estar en forma de partículas de tamaño muy reducido.
- Los contenidos de oro y plata deben ser capaces de interactuar con el cianuro, ya sea por la porosidad natural de la mena o tras el proceso de chancado que expone los minerales que contienen estos metales.
- El mineral debe estar libre en gran medida de cianicidas como sulfuros de antimonio (Sb), zinc (Zn), hierro (Fe), cobre (Cu) y arsénico (As), debe estar parcialmente oxidado y no contener otros elementos que interfieran con la solubilidad del oro y la plata en cianuro.
- El mineral no debe contener compuestos carbonáceos, ya que estos podrían adsorber el cianuro de oro y plata, causando una precipitación prematura de los valores.
- El mineral debe tener bajos niveles de componentes generadores de ácidos, ya que estos elevarían el consumo de cal.
- El mineral no debe contener cantidades excesivas de partículas finas o arcilla, las cuales podrían bloquear la percolación de la solución. En caso de tener finos, el problema podría solucionarse mediante aglomeración u otras técnicas (pag.56).

2.3.2.5 Lixiviación en Botaderos

(López & García, 2019) “Esta técnica implica extraer minerales, desechos o excedentes de material de minas a cielo abierto mediante un proceso de lixiviación. Debido a

la baja concentración de minerales en estos materiales, no es posible procesarlos mediante los métodos convencionales.” (p.03)

A continuación, se muestra las diferentes condiciones entre la lixiviación en pilas y botaderos como se muestra en la tabla 1, se puede ver que la recuperación y la eficiencia es mayor por el método de lixiviación por agitación comparado con los métodos estáticos.

Tabla 1

Diferencia de características de lixiviación en pilas, botaderos y por agitación

Parámetros	Métodos de Lixiviación por Cianuro		
	En pilas	Estáticos En piscinas	Dinámicos Por agitación
Ley de mineral	Baja- media	Baja – media	Media a alta
Tonelaje	Grande (5000 a 2000 t)	Mediano (100 – 2000 t)	Mediano a pequeño (100 – 1000 t)
Inversión	Media	Media a alta	Alta
Granulometría	Trituración gruesa a media	Trituración media a fino	Trituración fina (-200 malla)
Concentración de cianuro (NaCN)	0.5 – 1.0 g/L	0.3 – 1.0 g/L	0.1 – 0.5 g/L
Flujo de solución	0.1 – 1 L/m ² min	Ciclos de inundación	0.5 – 1.5 L/min
Recuperación típica	50 – 75 %	75 – 92 %	85 – 98 %
Tiempo de tratamiento	Días – semanas	Días – semanas	Horas
Soluciones	Diluidas, 0.34 – 3.4 mg Au/L	Diluidas	Concentradas
Procesos de recuperación	Merrill crowe	Merrill Crowe	Adsorción- desorción
Problemas principales	<ul style="list-style-type: none"> • Recuperación incompleta. • Requiere grandes áreas. • Canalizaciones. • Bloqueo por finos. • Evaporación. • Soluciones diluidas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Molienda. • Recuperación incompleta. • Soluciones diluidas. • Costo de capital y operación altos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mas tiempo de molienda. • Control permanente de parámetros (densidad, pH, granulometría).

Nota: Adaptado de (Lopez & García, 2019)

2.3.3 *Uso del Cianuro de Sodio para la Extracción del Oro*

El oro tiene un alto valor debido a su resistencia a la mayoría de los químicos. Una excepción a esto es el cianuro, o una solución que lo contenga, ya que es capaz de disolver los metales preciosos como el oro (Adams, 2005).

En la minería, el cianuro se emplea para extraer oro y plata de los minerales, especialmente de aquellos de baja ley o que no pueden ser procesados fácilmente mediante métodos físicos convencionales, como la trituration y la separación por gravedad (Saksena, 2009).

“El cianuro se utiliza principalmente como agente lixivador del oro en la industria moderna del oro. Se han probado otros agentes complejantes como la tiourea, los cloruros y otros haluros para la extracción de oro del mineral, pero en general no resultan rentables y suelen plantear problemas ambientales y de salud. Los complejos de cianuro, en cambio, son más efectivos y estables que estas sustancias químicas agresivas en la recuperación de oro” (Marsden & House, 2006).

2.3.4 *El cianuro en Soluciones*

“El cianuro libre, el cianuro débilmente complejado y el cianuro fuertemente complejado son los tres tipos principales de compuestos de cianuro que se pueden hallar en los efluentes o soluciones generadas en los procesos hidrometalúrgicos. El término cianuro total se refiere a la suma de estos tres componentes del cianuro” (Saksena, 2009).

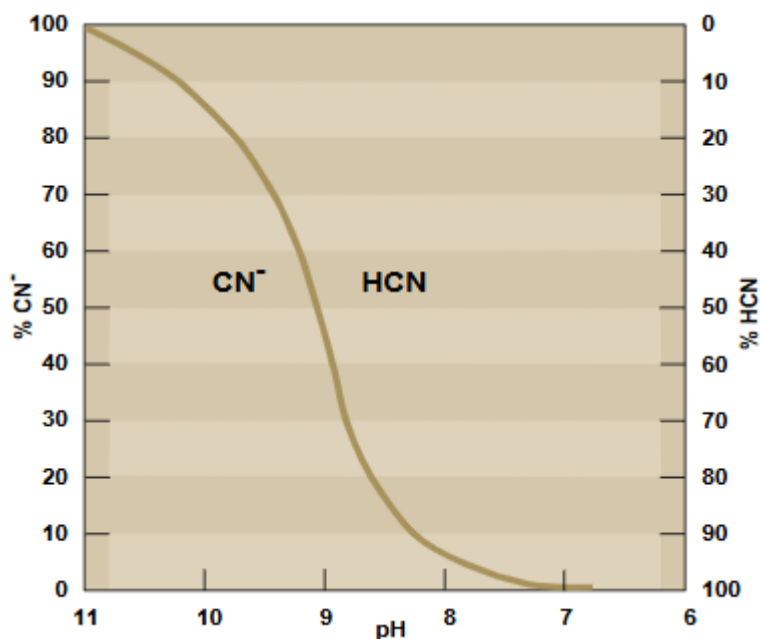
2.3.4.1 *Cianuro Libre*

Según Saksena (2009), el término cianuro libre “se utiliza para describir tanto el ion de cianuro (CN⁻) que se disuelve en el agua del proceso, como el cianuro de hidrógeno (HCN) que puede formarse en la solución. Las briquetas sólidas de cianuro de sodio, al disolverse en agua, generan iones de sodio y aniones de cianuro (CN⁻)”. Posteriormente, “el

anión de cianuro se combina con un ion de hidrógeno para formar HCN en su forma molecular. La concentración de iones de hidrógeno en el agua se mide mediante el parámetro pH. A un pH de 8 o menos, cuando hay abundantes iones de hidrógeno, casi todo el cianuro libre está presente como HCN, el cual puede volatilizarse y dispersarse en el aire” (Romero García, J. O., 2020). En cambio, a un pH superior a 10.5, hay pocos iones de hidrógeno presentes, por lo que la mayor parte del cianuro libre se encuentra como CN^- . Bajo condiciones normales de temperatura y presión, las concentraciones de HCN y CN^- son iguales a un pH cercano a 9.4, como se muestra en la fig. 11.

Figura 11

Equilibrio de CN^-/HCN con el pH



Nota: Adaptado de Scott, J. S. y J. C. Inglés, 1981

2.3.4.2 Complejos de Cianuro

Aunque las soluciones con cianuro se utilizan en minería debido a su capacidad para reaccionar con el oro, también reaccionan con otros metales presentes en el mineral. “Los minerales auríferos casi siempre contienen metales adicionales, como hierro, cobre, zinc,

níquel y plata, así como otros elementos como el arsénico. En la mayoría de los depósitos mineralizados, las concentraciones de estos otros metales suelen ser mucho mayores que las del oro, en varios órdenes de magnitud” (Marsden & House, 2006). “Por ejemplo, un mineral aurífero de baja ley, adecuado para la lixiviación con cianuro, podría contener entre 0.5 y 1 gramo de oro por tonelada (0.5 a 1 parte por millón [ppm] de oro), mientras que la concentración de hierro en las rocas cristalinas promedio es de aproximadamente 3.5% (35,000 ppm). Metales como el cobre, zinc y níquel pueden encontrarse en concentraciones que van desde decenas hasta miles de partes por millón. La Tabla 2 ilustra que, durante la lixiviación con soluciones de cianuro, pueden disolverse cantidades significativas de estos metales” (Marsden & House, 2006).

Tabla 2

Análisis de soluciones estériles

RANGO DE CONCENTRACIÓN, Miligramos por litro (mg/L)	
Cianuro total	50-2000
Arsénico	0-115
Cobre	0.1-300
Hierro	0.1-100
Plomo	0-0.1
Molibdeno	0-4.7
Níquel	0.3-35
Zinc	13-740

Nota: Adaptado de Scott, J. S., Status of Gold Mill Waste Effluent Treatment, Informe para CANMET, Recursos Naturales Canadá, marzo de 1993.

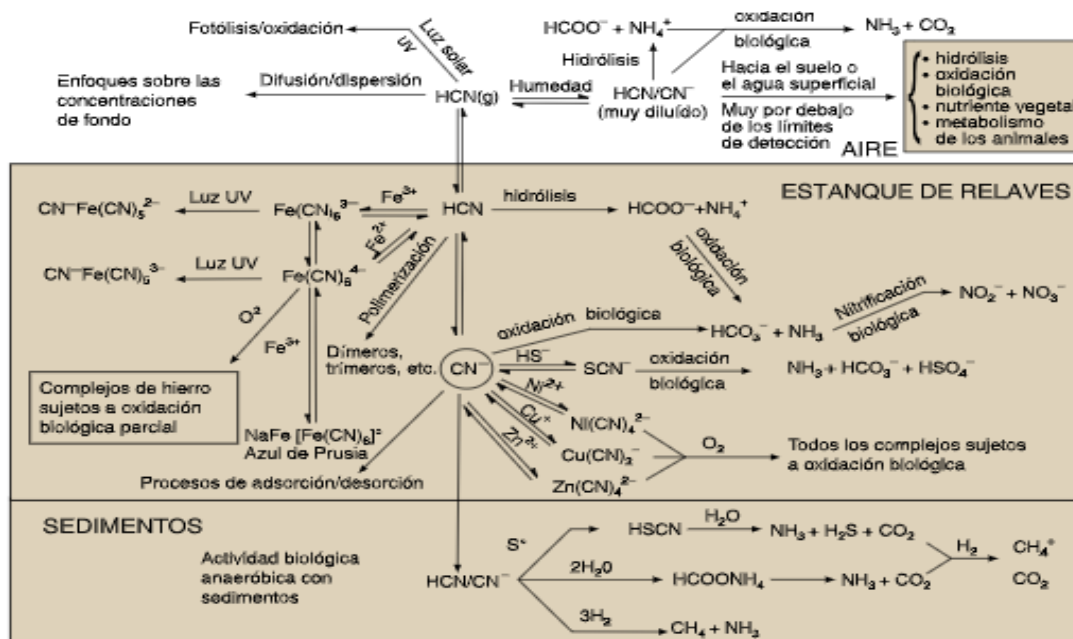
2.3.5 Ciclo del Cianuro

2.3.5.1 Degradación Natural

El principal proceso de degradación del cianuro en la naturaleza es su volatilización, seguida por transformaciones atmosféricas que lo convierten en sustancias químicas de menor toxicidad. “Otros factores, como la oxidación biológica, la precipitación y la exposición a la luz solar, también contribuyen a su degradación. Las distintas formas de cianuro pueden ser adsorbidas por superficies minerales o por la materia orgánica presente en los suelos del terraplén de un estanque, en una capa de arcilla o en rutas de agua subterránea. En los suelos, las bacterias metabolizan el cianuro mediante reacciones aeróbicas y anaeróbicas” (Vásquez C., 2021). En algunas circunstancias, la combinación de estos procesos naturales es suficiente para cumplir con las regulaciones sobre la descarga de soluciones que contienen cianuro, (Mudder, Botz, & Smith, 2001), como se muestra en la fig. 12.

Figura 12

El ciclo del cianuro



Nota: Adaptado de (Mudder, Botz, & Smith, 2001)

CAPÍTULO III:

HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis de la Investigación

3.1.1 *Hipótesis General*

- Con la evaluación de variables, tamaño de partícula, concentración de cianuro y el tiempo aplicando el proceso de cianuración se obtiene una extracción de 90 % de oro a partir de los minerales auríferos del yacimiento Ischuorcco-Curpahuasi-Apurímac.

3.1.2 *Hipótesis Específica*

- El tamaño de partícula óptima es de 74 μm para la extracción de oro mediante el proceso de cianuración a partir de los minerales auríferos del yacimiento Ischuorcco-Curpahuasi-Apurímac.
- La concentración de cianuro es de 0.05 %, para una mayor extracción de oro mediante el proceso de cianuración a partir de los minerales auríferos del yacimiento Ischuorcco-Curpahuasi-Apurímac.
- La extracción de oro es mayor conforme pasa el tiempo de cianuración, a partir de los minerales auríferos del yacimiento Ischuorcco-Curpahuasi-Apurímac.

3.2 Variables

3.2.1 *Variable Dependiente*

- Extracción de oro.

3.2.2 *Variables Independientes*

- Tamaño de partícula.
- Concentración de cianuro.
- Tiempo de cianuración.

3.2.3 *Variables Intervinientes*

- Presión
- Temperatura
- Características de mineral

3.2.4 *Indicadores*

- Presencia de oro en la solución PLS según el reporte de análisis químico.
- Cantidad de mineral pasante a cierta medida de malla.
- Concentración de cianuro libre (CN⁻).
- Porcentaje de extracción de oro.

3.2.5 Operacionalización de Variables

Tabla 3

Operacionalización de variables

EVALUACION DE VARIABLES DEL PROCESO DE CIANURACION DE MINERALES AURIFEROS DEL YACIMIENTO ISCHUORCCO-CURPAHUASI-APURIMAC (INVESTIGACION TECNOLOGICA)							
	Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Unidad	Indicadores	Técnicas e instrumentos
Dependiente	Extracción de oro	Relación porcentual entre la cantidad de oro recuperado durante un proceso metalúrgico y la cantidad total de oro presente en el mineral (Marsden & House, 2006).	Cuantificar porcentualmente el Oro extraído mediante balances metalúrgicos, obtenidos en el proceso de cianuración.	0 a 90	%	Presencia de oro en la solución PLS según el reporte de análisis químico en solución alcalina por método Fire Assay.	Técnica: Ensayo al Fuego (Fire Assay). Instrumentos: Balanza Analítica. Botellas roladas.
Independiente	Tamaño de partícula	Es la dimensión de una partícula de un material que se encuentra distribuidas en un determinado rango de tamaños (Allen, T. 1997).	Es el tamaño de partículas pasantes determinadas por el método de análisis granulométrico.	74 a 149	µm	Cantidad de mineral pasante a cierta medida de malla.	Técnica: Análisis granulométrico mediante serie de mallas, ROTAP. Instrumentos: Malla Tyler
	Concentración de cianuro	Cantidad de cianuro presente en una solución, expresada en términos de concentración en unidades de masa o volumen (Moosavi, S. 2015).	Determinar la cantidad de cianuro de sodio que se encuentra disuelto en cierta cantidad de solución acuosa mediante la titulación.	0.009 a 0.05	%	Concentración de cianuro de libre (CN ⁻).	Técnica: Titulación de cianuro. Instrumento: Bureta, Soluciones estándar, vaso de precipitado.
	Tiempo de cianuración	Periodo durante el cual una solución de cianuro se mantiene en contacto con el mineral para permitir la extracción de oro mediante el proceso de cianuración (Dhanasekaran & S, 2013).	Medición de periodo óptimo de residencia de la pulpa en el reactor de cianuración.	12 a 48	Horas	Porcentaje de extracción de oro. Concentración de cianuro en la solución.	Técnica: cianuración en botellas roladas. Instrumentos: medidor de pH, cronometro.

Nota: Elaborado en base en base a Romero García, J. O., 2020.

CAPÍTULO IV:

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

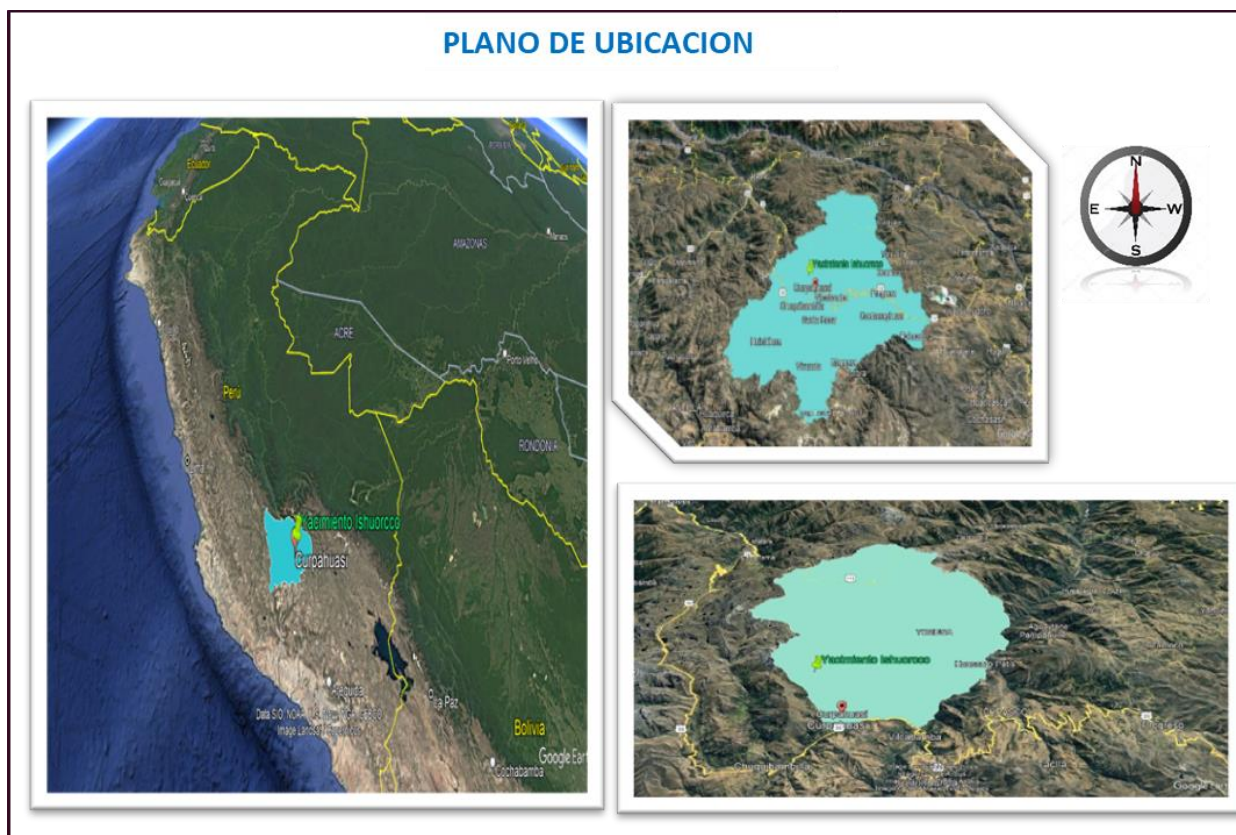
4.1 Localización Geográfica

El yacimiento de minerales auríferos se encuentra en el paraje denominado Ischuorcco del distrito de Curpahuasi, provincia de Grau del departamento Apurímac, teniendo como coordenadas -13.99805 sur y -7340865 oeste, teniendo una altura de 3900 m.s.n.m.

En la actualidad se encuentra en una explotación artesanal, el yacimiento es filoniano presenta desarrollo, cateo, exploración y explotación.

Figura 13

Ubicación geográfica del yacimiento



Nota: Adaptado de (Google Maps, s.f.)

4.2 Caracterización Mineralógica

A. Aspecto macroscópico

Composición visible:

- La muestra está compuesta principalmente por cuarzo cavernoso, con cavidades que posiblemente se formaron por procesos de disolución o recristalización hidrotermal.
- Minerales no metálicos pigmentados por limonita, lo que sugiere un grado avanzado de oxidación.

Estado físico:

- El material es deleznable, probablemente debido a procesos de alteración intempérica que han debilitado las uniones cristalinas, favoreciendo la descomposición mecánica y química.

B. Aspecto microscópico

Forma del oro

❖ Forma

- El oro se encuentra en su forma nativa, principalmente en estado libre, característico de los depósitos hidrotermales.
- Su morfología es predominantemente anhedral (sin forma cristalina definida), acorde con el ambiente hidrotermal de precipitación en cavidades y fracturas.

❖ Inclusiones y alteraciones

- El oro está incluido como partículas finas en los granos de pirita hipógena, que funcionan como su hospedero principal en la etapa de mineralización primaria.
- En zonas oxidadas, estas inclusiones queden expuestas tras la transformación de pirita en hematita o limonita, reflejando procesos de liberación natural del oro.
- En las zonas de alteración secundaria, el oro se encuentra liberado en forma de partículas libres, especialmente donde la pirita ha sido reemplazada por limonita o hematita.

❖ **Tamaño**

- **Micrométrico:** Oro muy fino, con partículas de algunas micras (<10 μm).
- **Submilimétrico:** Partículas más grandes, hasta 100 μm , que pueden observarse asociadas a pirita o en fracturas del cuarzo.

Pirita: Granos anhedrales (sin formas cristalinas definidas) y subhedrales (con formas parcialmente desarrolladas), Distribuidos irregularmente en la matriz de cuarzo y otros minerales no metálicos. Varía desde algunas micras hasta 70 micras.

Hematita: Se encuentra como granos dispersos en zonas específicas del material transparente. Su presencia en forma de pseudomorfos secundarios tras pirita indica una transformación mineral por oxidación.

Limonita: Ocurre como pseudomorfos tras pirita, penetrando en intersticios y microfisuras de la ganga no metálica. Exhibe texturas heterogéneas, posiblemente relacionadas con la variabilidad en las condiciones de formación y la reactividad local.

4.3 Diseño de la Investigación

4.3.1 Tipo de Investigación

“Para evaluar el porcentaje de extracción de Oro en el proceso de cianuración se realizó una investigación de tipo tecnológica” (Romero García, J. O., 2020) ya que buscamos establecer el efecto de la manipulación de los valores de las variables como son la granulometría del mineral, la concentración de cianuro y el tiempo de cianuración.

4.3.2 Nivel de Investigación

El presente trabajo de investigación es de nivel descriptivo-explicativo.

Descriptivo: se centra en describir las características de una población o fenómeno sin investigar las causas o relaciones entre las variables.

Explicativo: se centra en identificar la causas y efectos de un fenómeno, proporcionando una comprensión más profunda de por qué y cómo ocurren ciertos eventos.

4.4 Población, Tamaño y Selección de Muestra

4.4.1 Población

Para este trabajo de investigación la población estaría representado por las reservas del yacimiento aurífero de Ishuorcco-Curpahuasi de la región Apurímac.

4.4.2 Muestra

“La muestra brindada por la asociación fue de 300 kg inicialmente, de los cuales por métodos manuales no estadísticos de coneo y cuarteo, luego, se cuarteo mediante la técnica de rifleado” (Delgado F., Kancha G., 2023), se obtuvo 60 kg para el traslado a las instalaciones del laboratorio de la Escuela Profesional de Ing. Metalúrgica para obtener una muestra final de 12 kg recomendado por expertos, “donde la cantidades obtenidas se ajustan a los requerimientos de las pruebas metalúrgicas a nivel laboratorio, determinación de la ley de cabeza, preparación mecánica y las pruebas de molienda” (Delgado F., Kancha G., 2023).

4.4.3 Selección de Muestra

“La muestra objeto de estudio se seleccionará mediante la técnica de cono y cuarteo, muestreo por rifles hasta obtener la cantidad de muestra requerida. En consecuencia, es importante indicar que el tipo de muestreo es probabilístico puesto que todos los elementos de la población tienen la misma probabilidad de ser integrados a la muestra” (Delgado F., Kancha G., 2023).

4.5 Técnicas e Instrumentos de Toma de Datos

4.5.1 Técnica

- Técnica de muestreo de minerales.
- Pruebas a nivel laboratorio.
- Información bibliográfica.
- Reportes de análisis químico.

4.5.2 Instrumentos.

- Libros, tesis, revistas, artículos, etc.

4.6 Equipos, Materiales y Reactivos

4.6.1 Equipos

- Chancadora cónica 6”
- Molino de bolas a nivel laboratorio (1000 g)
- ROTAP (CE Tyler)
- Cuarteador de rifles
- Balanza analítica
- Balanza digital
- Cocina eléctrica
- Zaranda pequeña

- Reactores de agitación
- pH metro
- Equipos de protección personal (EPP'S)
- Calculadora
- Cámara

4.6.2 *Materiales*

- Juego de tamices
- Brochas
- Espátulas
- Bolsas herméticas
- Saquillos
- Papel filtro
- Frascos transparentes para solución lixiviada.
- Matraz, vaso precipitado, pipeta, etc.
- Cinta aislante

4.6.3 *Reactivos*

- Cianuro de sodio (NaCN)
- Nitrato de plata
- Yoduro de potasio
- Cal
- Agua destilada

4.6.4 *Viabilidad*

Se cuenta con los recursos y medios esenciales para llevar a cabo las pruebas experimentales de extracción de oro utilizando el proceso de cianuración.

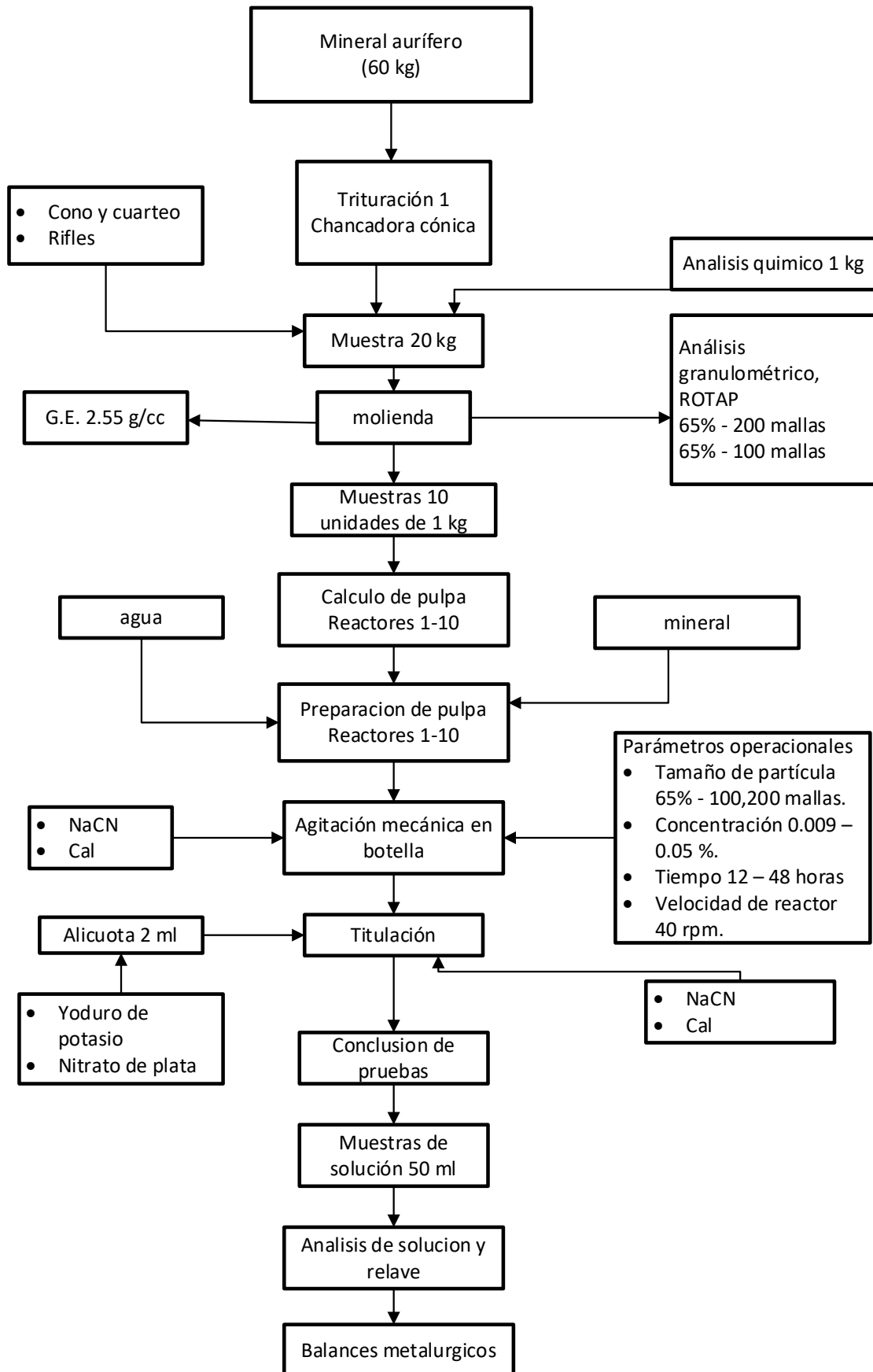
CAPÍTULO V:

RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN

5.1 Procedimiento Experimental

La investigación se realizó siguiendo una serie de etapas estructuradas de manera adecuada. A continuación, se presenta el diagrama 1 que ilustra la secuencia del procedimiento.

Diagrama 1.Diagrama de flujo de procedimiento experimental



Nota: Elaboración propia, en base a Romero García, J. O., 2020.

5.1.1 Preparación Mecánica del Mineral

El mineral fue extraído del yacimiento por medio de un muestreo sacando material de forma aleatoria de las pilas de mineral, de los cuales se extrajo un total de 60 Kg de mineral, este se trasladó hasta los laboratorios de la preparación mecánica de la escuela profesional de Ingeniería Metalúrgica de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, donde se realizó un chancado primario con la chancadora de quijada de 5" x 8" para obtener una granulometría de -1/2" malla luego se realizó un cuarteo simple, en una lona y se obtuvo 20 kg de la muestra.

Estos 20 kg se volvieron la principal muestra de donde se realizó más pasadas por la chancadora cónica hasta obtener un producto de 100% -10 mallas una vez obtenida esta granulometría se pasó a homogeneizar la muestra unas 10 a 15 veces y muestrear a través del método del cuarteo para poder seleccionar una muestra de 1000 gr que se envió al laboratorio para determinar la ley de cabeza.

Posteriormente esta muestra se vuelve a homogeneizar y cuartear por dos métodos que son conos y rifles seguidamente se utilizó el molino de bolas, donde se realizó la molienda preliminar y también se determinó el tiempo óptimo para esta operación tomando como referencia tiempos de 5, 10, 15 y 18 minutos. Se logro determinar que para este mineral basta con 15 minutos de molienda para obtener la granulometría de 65% - 200 mallas, para obtener la 65% - 100 mallas es de 7.5 minutos y para obtener una 65% - 150 mallas es de 10 minutos.

Para lo cual se realizó la molienda con muestras de 1 kg aproximadamente a diferentes tiempos para obtener granulometrías diferentes como se indica anteriormente.

Como la granulometría es una de las variables escogidas, se requirió de tres especificaciones que son: primero malla -100 con un 65% de pasantes, segundo malla -200 con 65% pasante y tercero malla 150 con 65% pasante.

5.1.2 Molienda

La granulometría óptima se obtendrá mediante el tiempo de residencia del mineral obtenido anteriormente, generalmente el tiempo de residencia para obtener un tamaño de partícula depende del tipo de mineral adecuado, los óxidos son más dóciles que los sulfuros.

La molienda para obtener los tres tipos de granulometría se sometió a diferentes tiempos (15, 10, 7.5 min) con muestras de 11 kg aproximadamente y obteniéndose 65 % - 200, 150 y 100 mallas respectivamente como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4

Determinación del tiempo de molienda

Tiempo de Mol. (min)	% - 200 M	% - 150 M	% - 100 M
0	10.5	20.5	35.2
7.5	32.5	48.75	65
10	43.33	65.0	-
15	65.0	-	-

Nota: Elaboración propia

5.1.3 Determinación de Porcentaje de Humedad

Para determinar el porcentaje de humedad se utilizó el método gravimétrico, con la siguiente formula:

$$\%H = \frac{Muestra(humedo) - Muestra(seco)}{Muestra(humedo)} * 100\% \quad (5.1)$$

Donde:

% H = porcentaje de humedad

Equipos y materiales

- Cocina eléctrica
- Balanza analítica
- Cronometro
- Dos bandejas
- Muestra

Procedimiento

Se pesó la muestra, una vez pesado se colocó en las bandejas para llevarlas a la cocina eléctrica donde con una temperatura constante de 110°C y durante un tiempo de 45 minutos se secó la muestra finalmente se pesó la muestra seca para poder obtener mediante la fórmula el porcentaje de humedad como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5

Datos para la determinación de porcentaje de humedad

Muestra	Peso húmedo (gr)	Peso seco	Humedad
1	100	98.90	1.10
2	100	99.00	1.00
Promedio	100	99.95	1.05

Nota: Adaptación en base a (Delgado F., Kancha G., 2023)

5.1.4 Determinación de la Gravedad Especifica

Se determino utilizando la siguiente formula:

$$Ge = \frac{P_m}{W_3 - W_2} \quad (5.2)$$

Donde:

- Ge= Gravedad especifico.
- P_m = Peso del mineral.
- W_1 = Peso de Fiola.
- W_2 = Peso de la fiola + agua aforada.
- W_3 = Peso de muestra + fiola + agua.

Materiales y equipos

- Fiola de 100 ml
- Balanza analítica
- Embudo
- Muestra 100% -10 mallas
- Agua destilada

Procedimiento

Primero se pesó la muestra, seguido se pesó la fiola (W_1), después se pesó la fiola más agua aforada (W_2) tercero se agregó la muestra pesada sobre $\frac{1}{4}$ de volumen de agua de la fiola y se agito la fiola, luego se adiciona agua poco a poco hasta aforar la fiola finalmente se pesa la fiola contenida de muestras más agua (W_3) y con estos datos a través de la fórmula que se describe líneas arriba se calculó el valor de la gravedad especifica. Para obtener un resultado más preciso se realizó este procedimiento en cuatro repeticiones que pueden observar en la tabla 6.

Tabla 6*Determinación de gravedad específico*

Nº pruebas	(Pm) peso de la muestra (gr)	W ₁ Peso de la fiola (gr)	W ₂ peso de la fiola + aforada aforada (gr)	W ₃ peso de la muestra + fiola + más agua (gr)
1	5	79.7	148.1	150
2	5	79.7	148.1	150.07
3	5	79.7	148.1	150.09
4	5	79.7	148	150
Promedio	5	79.7	148.08	150.04

Nota: Adaptación propia

Reemplazando en la fórmula:

$$Ge = \frac{5 \text{ gr}}{150.04 \text{ gr} - 148.08 \text{ gr}} = 2.551$$

5.1.5 Cálculo de Peso de Mineral y Volumen de Agua en Pulpa

“Para determinar la cantidad de mineral y agua para preparar la pulpa para cada reactor de lixiviación (botella) se realizó mediante el balance de pulpa” (Romero García, J. O., 2020).

Condiciones operativas para la prueba 1

Vol. reactor: 1250 ml

Vol. Reactor 80%: 1000 ml

G.E.: 2.55

Tamaño de partícula: 65% - 200 mallas

Tiempo: 12 horas

Concentración: 0.09 %

% solidos: 30

Procedimiento para calcular, según indica (Delgado F., Kancha G., 2023):

- Volumen de mineral = $\frac{\text{porcentaje de solidos}}{G.E.}$

$$\text{Volumen de mineral} = \frac{30}{2.55} = 11.76 \text{ ml}$$

- Volumen de pulpa = vol. De agua + vol. Mineral

$$\text{Volumen de pulpa} = 70 + 11.76 = 81.76 \text{ ml}$$

- Vol. Agua (para 1000 ml de pulpa) = $\frac{1000 \cdot \text{vol. de agua}}{\text{vol. pulpa}}$

$$\text{Vol. de agua (para 1000ml de pulpa)} = \frac{1000 \cdot 70}{86.79} = 856.16 \text{ ml}$$

- Vol. de mineral (para 1000 ml de pulpa) = 1000 - Vol. de agua

$$\text{Vol. de mineral (para 1000 ml de pulpa)} = 1000 - 856.16 = 143.84 \text{ ml}$$

- Peso de mineral (para 1000 ml de pulpa) = $\frac{143.84 \cdot 30}{11.76} = 366.94 \text{ g}$

- Peso de pulpa (para 1000 ml de pulpa) = peso de mineral + peso de agua

$$\text{Peso de pulpa (para 1000 ml de pulpa)} = 366.94 + 856.16 = 1223.1 \text{ g}$$

		Cant. Base 100 pulpa		Cant. De prueba 1000 pulpa		
		g	ml	g	Ml	
Vol. Reactor	1250	Mineral	30	11.76	366.94	143.84
G.E.	2.55	Agua	70	70	856.16	856.16
Vol. Reactor 80%	1000	Pulpa	100	81.76	1223.1	1000

Así consecutivamente la cantidad de mineral y agua fue el mismo para las 10 pruebas.

Tabla 7

Condiciones operativas de todas las pruebas (mineral y agua)

Muestra	Peso de mineral (g)	Volumen de agua (ml)
P - 1	366.94	856.16
P - 2	366.94	856.16
P - 3	366.94	856.16
P - 4	366.94	856.16
P - 5	366.94	856.16
P - 6	366.94	856.16
P - 7	366.94	856.16
P - 8	366.94	856.16
P - 9	366.94	856.16
P - 10	366.94	856.16

Nota: Elaboración propia

En la tabla 7 se muestra la cantidad de mineral y el volumen de agua que se van a verter a las botellas roladas para las 10 pruebas.

5.1.6 Cálculo de pH Estándar (11) de la Pulpa

Se agrega 100 ml de agua en un vaso precipitado y 50 g de mineral con 2.55 gravedad específico, “agitando el reactor por un tiempo de 5 minutos para verificar el pH de la pulpa, utilizando el instrumento (pHmetro) dio un resultado de 7.5 de pH. Consecuentemente se agregó progresivamente Cal” (Romero García, J. O., 2020), hasta obtener un pH de 11 con 0.24 g de cal.

0.24 g de cal..... 50 g de mineral

X cal (g)..... Peso de mineral en el reactor (g)

$$Cal\ inicial\ (g) = \frac{Peso\ de\ mineral * 0.24}{50} \quad (5.3)$$

Se calcula la cantidad de cal inicial de la prueba 1.

$$Cal\ inicial\ (g) = \frac{366.94 * 0.24}{50}$$

$$\text{Cal inicial (g)} = 1.76\text{g}$$

Para las siguientes pruebas el procedimiento es igual.

5.1.7 Cálculo de Reactivo (NaCN)

Para determinar la cantidad inicial del reactivo inicial se realizan los siguientes cálculos.

$$\text{Peso de reactivo} = \frac{\text{Volumen de agua inicial} * \text{Concentracion del reactivo}}{100} \quad (5.4)$$

$$\text{Peso de reactivo P1} = \frac{856.16 * 0.009}{100}$$

$$\text{Peso de reactivo P1} = 0.77 \text{ gr de NaCN}$$

En control de cianuro libre de la solución lixiviada se tomó a ½, 1, 2, 5 y cada 5 horas hasta culminar el tiempo establecido. De acuerdo a ello se hizo la reposición del cianuro de sodio como también de la cal.

Al final del proceso cada prueba es colocada en orden para precipitar los sólidos. Después de esperar un tiempo la solución enriquecida y el relave son separados cuidadosamente para su posterior análisis químico.

En la tabla 8 se puede observar la cantidad de cal y cianuro de sodio que serán adicionados al inicio de la prueba en botellas roladas.

Tabla 8*Componentes adicionados inicialmente en el reactor*

Muestra	Peso de mineral (g)	Volumen de agua (ml)	Cal (g)	NaCN (g)
P - 1	366.94	856.16	1.76	0.77
P - 2	366.94	856.16	1.76	4.28
P - 3	366.94	856.16	1.76	0.77
P - 4	366.94	856.16	1.76	4.28
P - 5	366.94	856.16	1.76	0.77
P - 6	366.94	856.16	1.76	4.28
P - 7	366.94	856.16	1.76	0.77
P - 8	366.94	856.16	1.76	4.28
P - 9	366.94	856.16	1.76	2.53
P - 10	366.94	856.16	1.76	2.53

*Nota: Elaboración propia***5.1.8 Análisis de Titulación Volumétrica en el Control de Muestras**

Como indica Delgado F., Kancha G., 2023, la secuencia para el control de la solución lixiviada se procedió mediante la titulación volumétrica.

- Cada muestra fue extraída a 1/2, 1, 2, 5, y cada 5 horas respectivamente, hasta llegar a los tiempos de lixiviación establecidos.
- Se tomó una alícuota de 8 ml de solución lixiviada, se procedió a medir el pH.
- Se filtro la solución lixiviada para obtener una solución clara y limpia.
- Se tomó una alícuota de 5 ml para la titulación con nitrato de plata.
- Se adiciona 2 gotas de yoduro de potasio (KI).
- Se titula con la solución de nitrato de plata (AgNO_3) gota a gota hasta obtener una tonalidad de azul blanquecino. (pag.67).

5.1.9 Reactivos para la Titulación del Proceso

- "Yoduro de potasio (KI). Para preparar una solución al 5% p/v (peso/volumen), se disuelven 5 gramos de yoduro de potasio en 100 mililitros de agua destilada,

mezclando durante 10 segundos hasta que el soluto se disuelva por completo"

(Delgado F., Kancha G., 2023)

- "Nitrato de plata (AgNO_3). Se disuelven 4.33 gramos de nitrato de plata en 1000 mililitros de agua destilada, mezclando suavemente durante 10 segundos hasta lograr la completa disolución del compuesto" (Piscoya A. Katherin L., 2018)

5.1.10 Reposición de Reactivos

5.1.10.1 Reposición de Cal

Para determinar la reposición de cal se utilizó la siguiente ecuación, para lo cual la solución lixiviada se tomó en un determinado tiempo y se toma el pH con pHmetro.

Cal inicial (gr)-----11 pH

X de cal de reposición-----X pH (lectura final)

$$X(g) \text{ de cal reposicion} = \frac{(g) \text{ de cal inicial} * X_{pH} \text{ (final lecturado)}}{11 \text{ pH}} \quad (5.5)$$

5.1.10.2 Reposición de Cianuro de Sodio (NaCN)

“Para la reposición de cianuro de sodio se realizó de acuerdo al tiempo de control establecido para cada prueba” (Vásquez C., 2021), para lo cual se tomó una alícuota de 2 ml de la solución para titularlo y obtener la concentración que posee hasta ese momento y para lo cual se realizó una secuencia de cálculos para poder calcular la cantidad de cianuro a reponer.

- Primero se prepara una solución de nitrato de plata de 4.33 g en 1000 ml que será como el titulante.
- Seguidamente se prepara yoduro de potasio al 5% que será el indicador.
- Después de preparar el titulante como el indicador, sacar una alícuota de la solución enriquecida de 2 ml en un matraz.
- Añadir dos a tres gotas del indicador (KI).

- Aforar la bureta con nitrato de plata (AgNO_3) y anotar el volumen inicial, después soltar gota agota hasta que cambie de color característico blanco lechoso.
- Al final anotar el volumen final y realizar los cálculos.

Gasto de nitrato de plata (AgNO_3) = $V_o - V_f$

$$C_1 = \frac{25 * G}{V_a}$$

$$X = P * f$$

$$R_o = C_i - X$$

$$R_f = \frac{R_o * V_o}{100} \quad (5.6)$$

Donde:

C: concentración del titulante.

C_1 : concentración de reactivo de la prueba.

V_o : volumen inicial del titulante (AgNO_3).

V_f : volumen final del titulante (AgNO_3).

f: factor de corrección (0.025)

X: concentración de reactivo final.

R_o : reposición inicial de cianuro de sodio.

R_f : reposición final de cianuro de sodio.

5.1.10.3 Determinación de Cianuro Libre

Se realizo con el objetivo de determinar el contenido de cianuro de sodio (NaCN) presente en el efluente, se consideró los siguientes parámetros como se observa en la tabla 9.

Tabla 9

Parámetros de titulación

Parámetros de titulación	
Cantidad de alícuota a utilizar	10ml
Titulante a utilizar	Nitrato de plata
Concentración de titulante	4.33 g/L
Indicador a utilizar	Ioduro de potasio
Concentración del indicador	5%

Nota: Elaboración propia, en base a Romero García, Jimmy Octavio (2020)

A. Los materiales y reactivos para el proceso de titulación química son:

- ✓ Bureta de 50 ml
- ✓ Pipeta de 10 ml
- ✓ Fiola de 100 ml
- ✓ Matraz Erlenmeyer de 100 ml
- ✓ Bombilla para pipetear
- ✓ Gotero
- ✓ Embudo acanalado de vástago largo
- ✓ Papel filtro
- ✓ Vaso precipitado de 250 ml

- ✓ Balanza analítica (error 0.1)
- ✓ AgNO_3 (pureza 100%) e KI (pureza 99.9%)
- ✓ Agua destilada

B. El proceso de titulación se realizó de acuerdo con el procedimiento siguiente:

- Preparar 100 ml de solución de nitrato de plata (pureza 100%) a la concentración de 4.33 g/L.
- Preparar 10 ml de solución de ioduro de potasio (pureza 99.9%) a la concentración del 5%.
- Verter la solución de AgNO_3 a una bureta de 50 ml, lecturar el volumen inicial (V_o).
- Agregar 3 gotas de KI a un volumen alícuota de 25 ml y agitar en un matraz Erlenmeyer de 100 ml.
- Dosificar solución de AgNO_3 en gotas sucesivas hasta observar un cambio inicial en la coloración del volumen alícuota. Lecturar el volumen final (V_f).

C. La reacción química en el proceso de titulación es la siguiente:



El compuesto AgI representa el cambio de coloración amarillo lechoso, se da a medida que se hace gotear el titulante AgNO_3

D. Los resultados obtenidos para el proceso de titulación se determinan para un volumen alícuota de 10 ml, 3 gotas de KI , el procedimiento se repitió 3 veces.

1° prueba

V_o : 35.9 ml, V_f : 36.3 ml

Gasto 1 = $V_f - V_o = 0.4$ ml

2° prueba

V_o : 36.6 ml, V_f : 36.9 ml

Gasto 2 = $V_f - V_o = 0.3$ ml

3° prueba

V_o : 36.9 ml, V_f : 37.4 ml

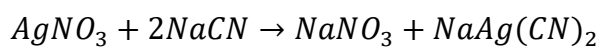
Gasto 3 = $V_f - V_o = 0.5$ ml

$$\text{Gasto promedio} = \frac{\text{Gasto 1} + \text{Gasto 2} + \text{Gasto 3}}{3} = 0.4 \text{ ml}$$

Para determinar el factor partimos de la reacción química

Peso molecular de AgNO_3 : 169.87 g

Si en 1000 ml hay 4.33 g de AgNO_3 , entonces en 1 ml habrá 0.00433 g de AgNO_3



169.87g 98g

0.00433g x

$$x = \frac{0.00433 * 98}{169.87} = 0.00249 \text{gNaCN}$$

Entonces cada 1 ml de solución de AgNO_3 (0.00433 g) reaccionará con 0.00249 g de

NaCN , Se sabe que:

$$C_1 * V_1 = C_2 * V_2 \quad (5.8)$$

$$\text{Concentración NaCN} = \frac{\text{Concentración AgNO}_3 * \text{Volumen AgNO}_3}{\text{Volumen NaCN}}$$

Se usó 10 ml de volumen alícuota para cada prueba, entonces:

$$\text{NaCN} \left(\frac{g}{ml} \right) = \frac{0.00249g \text{ NaCN}}{1ml \text{ AgNO}_3} * \frac{V \text{ gasto ml AgNO}_3}{10 \text{ ml NaCN}}$$

$$\text{NaCN}(g/ml) = 0.000249 * V \text{ gasto}$$

Para tener la concentración en porcentaje multiplicamos por 100:

$$\text{NaCN}(\%) = 0.00025 * V \text{ gasto} * 100$$

$$\text{NaCN}(\%) = 0.025 * V \text{ gasto}$$

Por lo que la fuerza de cianuro en el efluente para el gasto de 0.4 ml es:

$$\text{NaCN}(\%) = 0.025 * 0.4 = 0.01\% \text{ NaCN} \cong 100ppm$$

Significa que existe 0.01 g NaCN por cada 100 ml de solución.

5.2 Diseño Experimental

Para dichas pruebas se realizó en las instalaciones del laboratorio Metalúrgico, en donde se tomaron las siguientes variables con sus respectivos valores para las pruebas experimentales.

En la tabla 10 se puede apreciar los niveles de operación de cada variable, teniendo en cuenta que los rangos de prueba asignados y los intermedios.

Tabla 10

Niveles de operación de variables para las pruebas

Variables	Nivel superior	Nivel intermedio	Nivel inferior
A Concentración de NaCN (%)	0.05	0.0295	0.009
B Tamaño de partícula (um)	149	111.5	74
C Tiempo (hrs)	48	30	12

Nota: Adaptación propia

Resumen de diseño: En la tabla 11 se puede observar el “plan de pruebas experimentales mediante el diseño factorial 2^3 con dos replicas” (Romero García, J. O., 2020) y las condiciones operacionales.

Tabla 11

Plan de pruebas experimentales mediante diseño factorial 2^3

N° de pruebas	Escala codificada			Escala natural		
	X1	X2	X3	A	B	C
1	-1	-1	-1	0.009	74	12
2	1	-1	-1	0.05	74	12
3	-1	1	-1	0.009	149	12
4	1	1	-1	0.05	149	12
5	-1	-1	1	0.009	74	48
6	1	-1	1	0.05	74	48
7	-1	1	1	0.009	149	48
8	1	1	1	0.05	149	48
9	0	0	0	0.0295	111.5	30
10	0	0	0	0.0295	111.5	30

Nota: Adaptación propia en base a Delgado F., Kancha G., 2023.

Tabla 12*Condiciones operativas de diseño factorial*

N° de pruebas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Concentración de NaCN (%)	0.009	0.05	0.009	0.05	0.009	0.05	0.009	0.05	0.0295	0.0295
Tamaño de partícula (um)	74	74	149	149	74	74	149	149	111.5	111.5
Tiempo (hrs)	12	12	12	12	48	48	48	48	30	30

Nota: Adaptación propia

En la tabla 12 se puede apreciar los parámetros operacionales para cada una de las pruebas.

Tabla 13*Condiciones operativas de las 10 pruebas*

Prueba N° 1						
Variables	Concepto	Unidad	Ensaye	Ley de cabeza (g/T)	Ley de relave (g/T)	Extracción (%)
A -	Conc. NaCN	%	0.009			
B -	Tam.Particula	µm	74	7.65	1.80	77.19
C -	Tiempo	Hrs	12			
Prueba N° 2						
Variables	Concepto	Unidad	Ensaye	Ley de cabeza (g/T)	Ley de relave (g/T)	Extracción (%)
A +	Conc. NaCN	%	0.05			
B -	Tam.Particula	µm	74	7.65	1.48	80.75
C -	Tiempo	Hrs	12			

Prueba N° 3						
Variables	Concepto	Unidad	Ensaye	Ley de cabeza (g/T)	Ley de relave (g/T)	Extracción (%)
A	-	Conc. NaCN	%	0.009		
B	+	Tam.Particula	µm	149	7.65	1.78
C	-	Tiempo	Hrs	12		76.97

Prueba N° 4						
Variables	Concepto	Unidad	Ensaye	Ley de cabeza (g/T)	Ley de relave (g/T)	Extracción (%)
A	+	Conc. NaCN	%	0.05		
B	+	Tam.Particula	µm	149	7.65	1.75
C	-	Tiempo	Hrs	12		77.88

Prueba N° 5						
Variables	Concepto	Unidad	Ensaye	Ley de cabeza (g/T)	Ley de relave (g/T)	Extracción (%)
A	-	Conc. NaCN	%	0.009		
B	-	Tam.Particula	µm	74	7.65	0.55
C	+	Tiempo	Hrs	48		93.66

Prueba N° 6						
Variables	Concepto	Unidad	Ensaye	Ley de cabeza (g/T)	Ley de relave (g/T)	Extracción (%)
A	+	Conc. NaCN	%	0.05		
B	-	Tam.Particula	µm	74	7.65	0.33
C	+	Tiempo	Hrs	48		95.77

Prueba N° 7						
Variables	Concepto	Unidad	Ensaye	Ley de cabeza (g/T)	Ley de relave (g/T)	Extracción (%)
A	-	Conc. NaCN	%	0.009		
B	+	Tam.Particula	µm	149	7.65	1.70
C	+	Tiempo	Hrs	48		78.31

Prueba N° 8						
Variables	Concepto	Unidad	Ensaye	Ley de cabeza (g/T)	Ley de relave (g/T)	Extracción (%)
A	+	Conc. NaCN	%	0.05		
B	+	Tam.Particula	µm	149	7.65	1.53
C	+	Tiempo	Hrs	48		80.22

Prueba N° 9						
Variables	Concepto	Unidad	Ensaye	Ley de cabeza (g/T)	Ley de relave (g/T)	Extracción (%)
A	0	Conc. NaCN	%	0.0295		
B	0	Tam.Particula	µm	111.5	7.65	89.34
C	0	Tiempo	Hrs	30	0.83	

Prueba N° 10						
Variables	Concepto	Unidad	Ensaye	Ley de cabeza (g/T)	Ley de relave (g/T)	Extracción (%)
A	0	Conc. NaCN	%	0.0295		
B	0	Tam.Particula	µm	111.5	7.65	88.29
C	0	Tiempo	Hrs	30	0.91	

Nota: Adaptación propia

En la tabla 13 se muestra los parámetros operacionales ya teniendo en cuenta el porcentaje de extracción determinado mediante el balance metalúrgico.

5.2.1 Balance de las Pruebas

Resultados de la muestra 1

- Contenido metálico

$$\text{Cabeza} = 366.94g * 7.65 \frac{g}{TM} * \frac{1TM}{10^6g} * \frac{10^3mg}{1g} = 2.807mg$$

$$\text{Solución} = 856.16g * 2.61 \frac{mg}{L} * \frac{1L}{10^3ml} = 2.235mg$$

$$\text{Ripios} = 366.94g * 1.80 \frac{g}{TM} * \frac{1TM}{10^6g} * \frac{10^3mg}{1g} = 0.66mg$$

$$\text{Cabeza calculada} = 2.235 mg + 0.66 mg = 2.895 mg$$

- Extracción de oro

$$\text{Porcentaje} = \frac{2.235 mg}{2.895 mg} * 100\% = 77.19 \%$$

Tabla 14*Balance metalúrgica para la prueba 1*

	Peso (g)	Au (g/TM)	Con. Metálico (mg)
Cabeza	366.94	7.65	2.807
Solución	856.16 mg/L	2.61	2.235
Ripios	366.94	1.80	0.66
Cabeza calculada	366.94	7.89	2.895
Extracción (%)		77.19	

Nota: Elaboración propia

En la tabla 14 se muestra en balance metalúrgico de la prueba 1 teniendo en cuenta todos los parámetros establecidos para dicha prueba.

De igual manera se hizo el balance de las 9 pruebas restantes y los resultados se muestran en la tabla 15.

Tabla 15*Balace metalúrgico de las 8 pruebas y 2 replicas*

Tiempo (Hr)	Tamaño de partícula (μ m)	Concentración (%)	pH	Mineral			Solución			Ripio			Cabeza calculada			Porcentaje de extracción (%)
				Peso (gr)	Ley (g/TM)	Cont. Metálico (mg)	Peso (ml)	Ley (mg/L)	Cont. Metálico (mg)	Peso (gr)	Ley (g/TM)	Cont. Metálico (mg)	Peso (gr)	Ley (g/TM)	Cont. Metálico (mg)	
12	74	0.009	11	366.94	7.65	2.807	856.16	2.61	2.235	366.94	1.80	0.66	366.94	7.89	2.895	77.19
12	74	0.05	11	366.94	7.65	2.807	856.16	2.66	2.277	366.94	1.48	0.543	366.94	7.69	2.82	80.75
12	149	0.009	11	366.94	7.65	2.807	856.16	2.55	2.183	366.94	1.78	0.653	366.94	7.73	2.836	76.97
12	149	0.05	11	366.94	7.65	2.807	856.16	2.64	2.260	366.94	1.75	0.642	366.94	7.91	2.902	77.88
48	74	0.009	11	366.94	7.65	2.807	856.16	3.48	2.979	366.94	0.55	0.202	366.94	8.67	3.181	93.66
48	74	0.05	11	366.94	7.65	2.807	856.16	3.20	2.740	366.94	0.33	0.121	366.94	7.80	2.861	95.77
48	149	0.009	11	366.94	7.65	2.807	856.16	2.63	2.252	366.94	1.70	0.624	366.94	7.84	2.875	78.31
48	149	0.05	11	366.94	7.65	2.807	856.16	2.66	2.277	366.94	1.53	0.561	366.94	7.74	2.839	80.22
30	111.5	0.0295	11	366.94	7.65	2.807	856.16	2.98	2.551	366.94	0.83	0.305	366.94	7.78	2.856	89.34
30	111.5	0.0295	11	366.94	7.65	2.807	856.16	2.94	2.517	366.94	0.91	0.334	366.94	7.77	2.851	88.29

Nota: Elaboración propia

Tabla 16*Matriz de diseño factorial*

N° de pruebas	Escala codificada			Escala natural			Y(Respuesta) (%)
	X1	X2	X3	Concentrac ión de cianuro (%)	Tamaño de partícu la (um)	Tiempo (Hr)	
1	-1	-1	-1	0.009	74	12	77.19
2	1	-1	-1	0.05	74	12	80.75
3	-1	1	-1	0.009	149	12	76.97
4	1	1	-1	0.05	149	12	77.88
5	-1	-1	1	0.009	74	48	93.66
6	1	-1	1	0.05	74	48	95.77
7	-1	1	1	0.009	149	48	78.31
8	1	1	1	0.05	149	48	80.22
9	0	0	0	0.0295	111.5	30	89.34
10	0	0	0	0.0295	111.5	30	88.29

Nota: Adaptación propia

En la tabla 16 se aprecia el matriz de diseño factorial, los parámetros operacionales para cada prueba y la respuesta o el porcentaje de extracción.

5.3 Análisis Estadístico de Experimento

Para dicho análisis se utilizó el software estadístico Minitab, esto con los datos obtenidos en las pruebas experimentales, todo ello para determinar un modelo matemático, así mismo ver las interacciones de los factores intervinientes en el diseño experimental.

En la tabla 17 se puede apreciar la estimación de efectos de los factores para el porcentaje de extracción de oro, esto determinado en el software Minitab.

Tabla 17*Estimación de efectos de los factores para el % de extracción de oro*

Término	Efecto	Coef.	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante		82.594	0.262	314.64	0.002	
Conc. NaCN (A)	2.122	1.061	0.262	4.04	0.154	1
Tam. partícula (B)	-8.497	-4.249	0.262	-16.19	0.039	1
Tiempo (C)	8.793	4.396	0.262	16.75	0.038	1
A*B	-0.713	-0.356	0.262	-1.36	0.404	1
A*C	-0.113	-0.056	0.262	-0.21	0.866	1
B*C	-6.952	-3.476	0.262	-13.24	0.048	1
A*B*C	0.613	0.306	0.262	1.17	0.451	1
Pt Ctral		6.221	0.587	10.60	0.060	1

Nota: Adaptado de Minitab (2020).

5.3.1 Análisis de Varianza (ANOVA)

La tabla 18 muestra el resultado de los cálculos correspondientes y resumidas como análisis de varianza con el uso del software estadístico Minitab (2020)., en ello podemos determinar el nivel de significancia de cada uno de las variables planteadas, para este caso las variables de tiempo y tamaño de partícula son significativos ya que son menores al valor $p < 0.5$, como también la interacción de las dos variables.

Tabla 18*Análisis de varianza (ANOVA)*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	8	468.433	58.554	106.22	0.075
Lineal	3	308.041	102.680	186.27	0.054
Concentración NaCN (%)	1	9.010	9.010	16.34	0.154
Tamaño de partícula (um)	1	144.415	144.415	261.98	0.039
Tiempo (hrs)	1	154.616	154.616	280.48	0.038
Interacciones de 2 términos	3	97.715	32.572	59.09	0.095
A*B	1	1.015	1.015	1.84	0.404
A*C	1	0.025	0.025	0.05	0.866
B*C	1	96.675	96.675	175.37	0.048
Interacciones de 3 términos	1	0.75	0.750	1.36	0.451
A*B*C	1	0.75	0.750	1.36	0.060
Error	1	61.926	61.926	112.34	0.073
Curvatura	1	0.551	0.551		
Total	9	468.984			

Nota: Adaptado de Minitab (2020).

5.3.2 Resumen de Modelo

Nos muestra que este modelo tiene un ajuste muy bueno (99.88 %), con un error estándar bajo y una capacidad predictiva sólida como se muestra en la tabla 19.

Tabla 19*Resumen de modelo matemático*

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.742462	99.88%	98.94%	94.0915%

*Nota: Adaptado de Minitab (2020).***5.3.3 Ecuación del Modelo Matemático**

Tomando en cuenta todas las variables y sus interacciones tenemos la siguiente relación matemática.

Ecuación de regresión

$$\begin{aligned}
 \text{PORCENTAJE DE} &= 65.30 + 182.0 \text{ Concentración de cianuro (\%)} \\
 \text{EXTRACCION} &+ 0.0745 \text{ Tamaño de} \\
 &\text{partícula (um)} + 0.8958 \text{ Tiempo (Hr)} - 1.127 \text{ Concentracion de} \\
 &\text{cianuro (\%)*Tamaño de} \\
 &\text{particula (um)} - 2.62 \text{ Concentracion de cianuro (\%)*Tiempo (} \\
 &\text{Hr)} - 0.005803 \text{ Tamaño de} \\
 &\text{particula (um)*Tiempo (Hr)} + 0.0221 \text{ Concentracion de cianu} \\
 &\text{ro (\%)*Tamaño de} \\
 &\text{partícula (um)*Tiempo (Hr)} + 6.221 \text{ Pt Ctral}
 \end{aligned}$$

Porcentaje de extraccion

$$\begin{aligned}
 &= 65.30 + 182.0A + 0.0745B + 0.8958C - 1.127A * B - 2.62A * C \\
 &- 0.005803B * C + 0.0221A * B * C + 6.221 \text{ Pt. Ctral}
 \end{aligned}$$

5.3.4 *Análisis de Residuos*

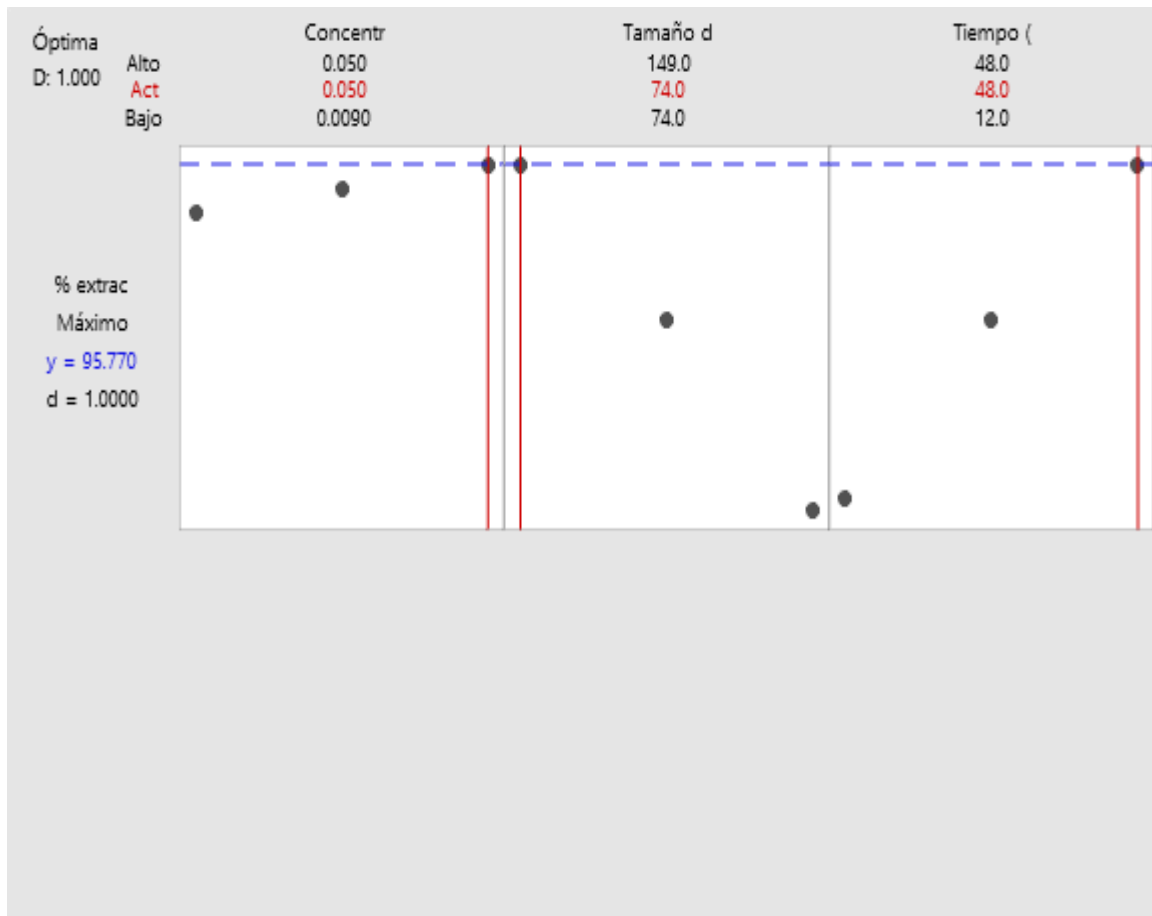
El análisis de residuo constituye un recurso fundamental para determinar tanto la precisión como la validez de un modelo estadístico. “Los residuos son la diferencia entre los valores observados y los predichos por el modelo” (Delgado F., Kancha G., 2023), como se muestra en la tabla 20, se puede apreciar que el valor observado y el valor predicho por el modelo son iguales lo indica que no hay error en la predicción.

Tabla 20

Análisis de residuo

N°	Y observado (%)	Y estimado (%)	Residuo
1	77.19	77.19	0.000
2	80.75	80.75	0.000
3	76.97	76.97	0.000
4	77.88	77.88	0.000
5	93.66	93.66	0.000
6	95.77	95.77	0.000
7	78.31	78.31	0.000
8	80.22	80.22	0.000
9	89.34	89.34	0.000
10	88.29	88.29	0.000

Nota: Adaptado de Minitab (2020).

Figura 14*Valor máximo de extracción de oro**Nota: Adaptado de Minitab (2020).*

Se puede observar en la figura 14 las condiciones bajo los valores de concentración de cianuro de sodio (0.05 %), tamaño de partícula (74 μm) y tiempo de 48 hr que nos darán el resultado máximo de extracción para nuestro fenómeno.

CAPÍTULO VI:

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

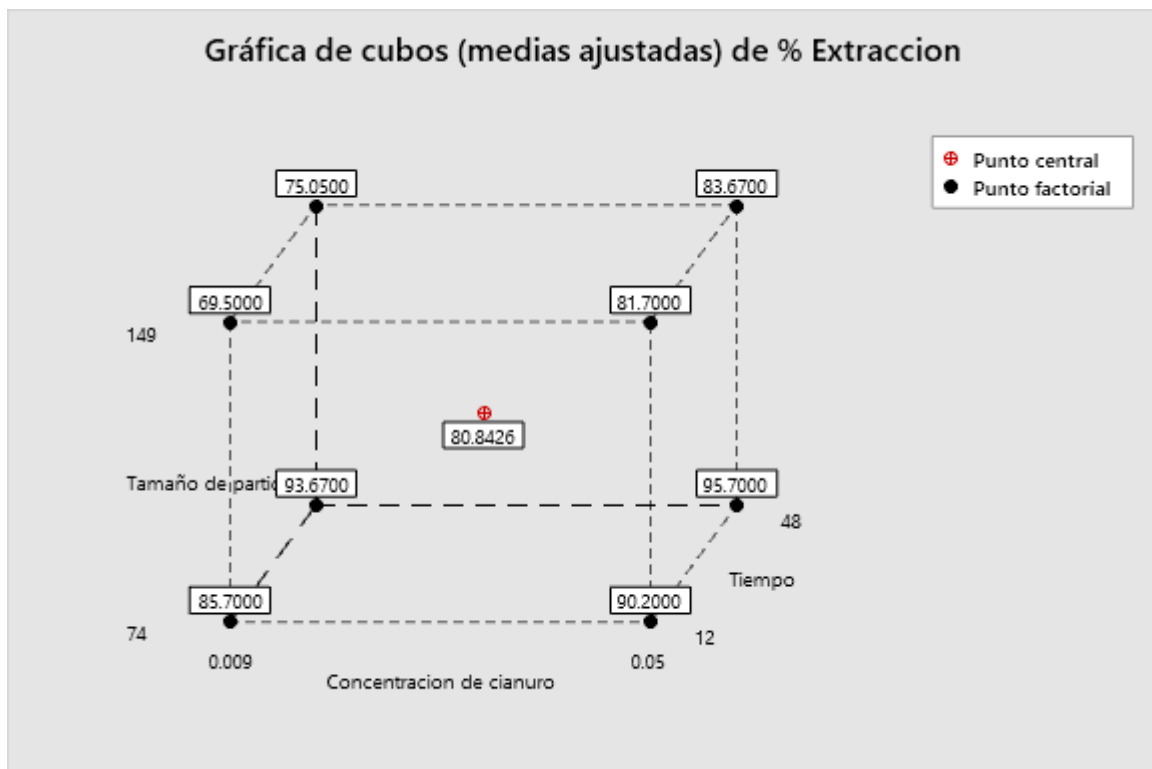
6.1 Contrastación Gráfica de Análisis Estadístico

Las siguientes graficas nos ayudan a tener una mejor apreciación del análisis estadístico que se dio a nuestra data, así también veremos la interacción entre los factores que intervienen en nuestro fenómeno de estudio.

La grafica de cubos figura 15, nos ayuda a identificar que combinación de variables maximiza la extracción de oro y como afectan individualmente al rendimiento. En este caso, los valores óptimos se relacionan con concentraciones altas de cianuro, partículas pequeñas y tiempos intermedios.

Figura 15

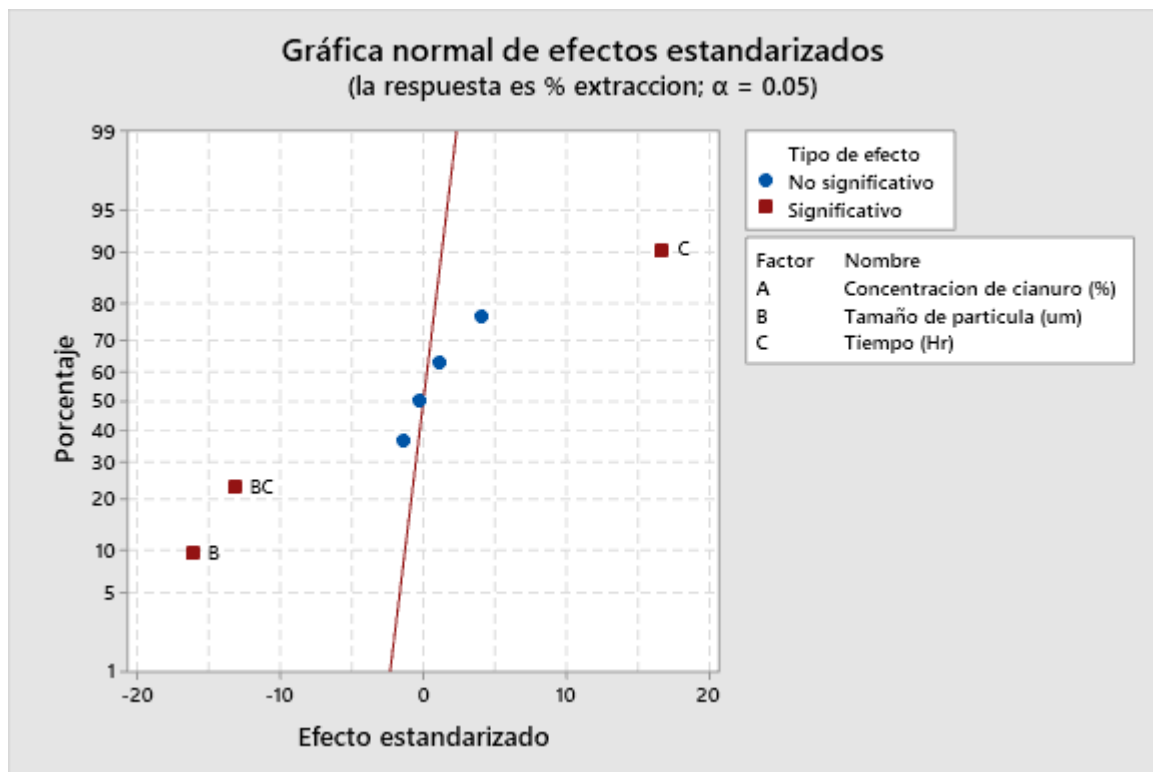
Grafica de cubos (medias ajustadas) de porcentaje de extracción de oro



Nota: Adaptado de Minitab (2020).

Figura 16

Gráfica normal de efectos estandarizados

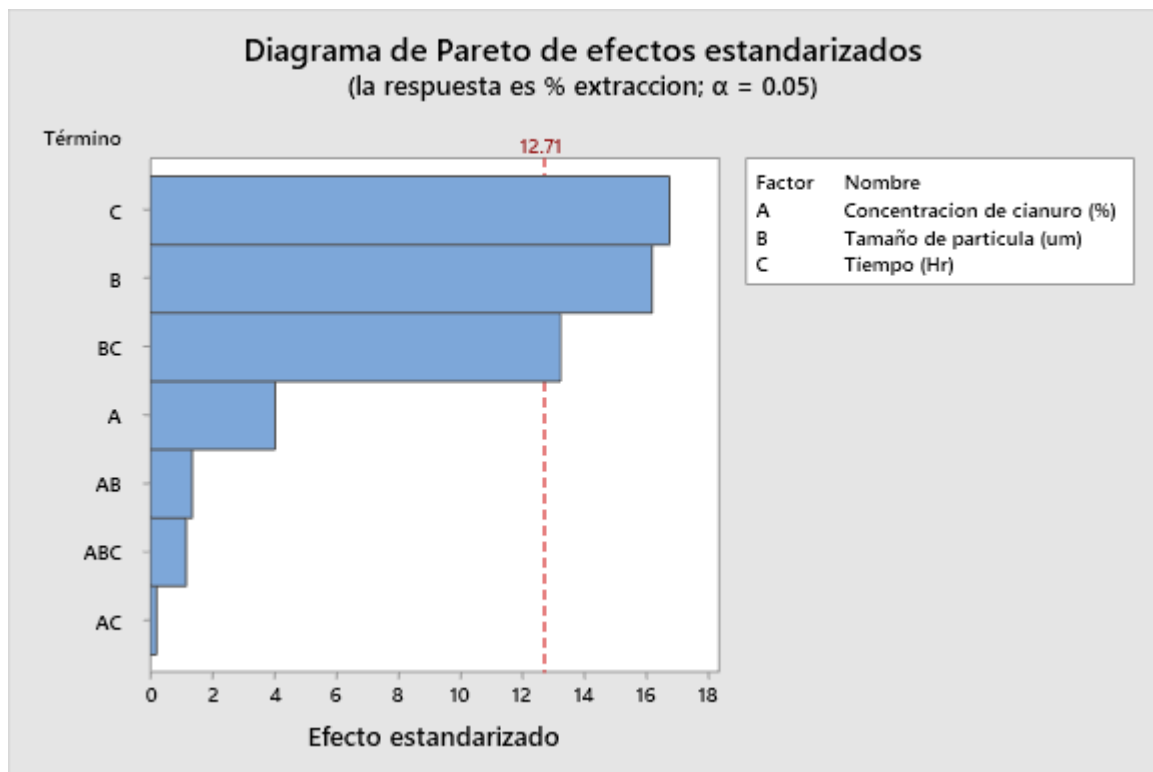


Nota: Adaptado de Minitab (2020).

Por medio de la gráfica 16 podemos deducir que los factores tienen un efecto bastante significativo respecto a la extracción de oro (factor predicho), con lo cual deducimos que estos factores son los más importantes B, C y BC.

Figura 17

Diagrama de Pareto de efectos estandarizados

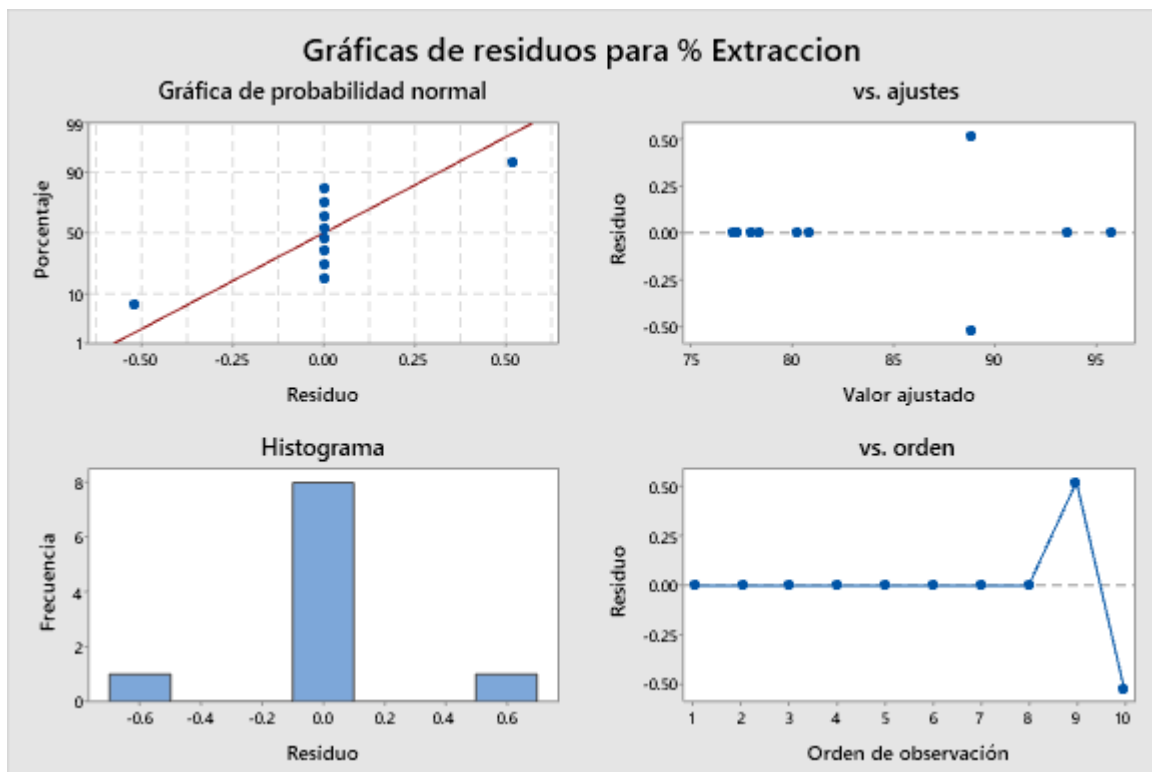


Nota: Adaptado de Minitab (2020).

La grafica de Pareto figura 17, nos permite observar el nivel de incidencia de los factores de forma jerárquica, para el fenómeno materia de estudio podemos ver que los factores más relevantes son el tiempo, el tamaño de partícula y la interacción del tiempo-tamaño de partícula, las que tienen menos incidencia es la concentración de cianuro de sodio.

Figura 18

Gráfica de residuos de extracción (%)

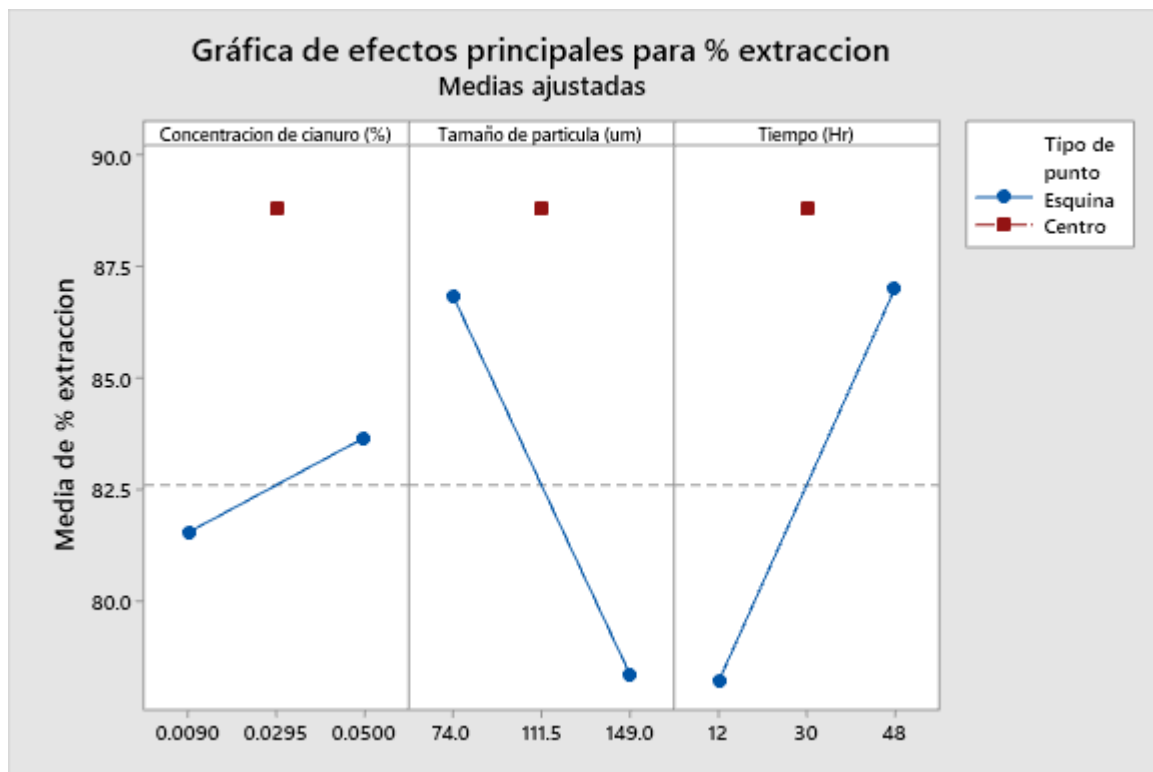


Nota: Adaptado de Minitab (2020).

La gráfica de residuos figura 18, nos proporciona un conjunto de gráficos de residuos importantes para evaluar la calidad de ajuste del modelo estadístico empleado en la extracción de oro. Estos gráficos sugieren que los residuos siguen una distribución normal, no muestran patrones evidentes y están centrados alrededor de la media, lo que indica que el modelo está bien ajustado.

Figura 19

Grafica de efectos principales para la extracción (%)

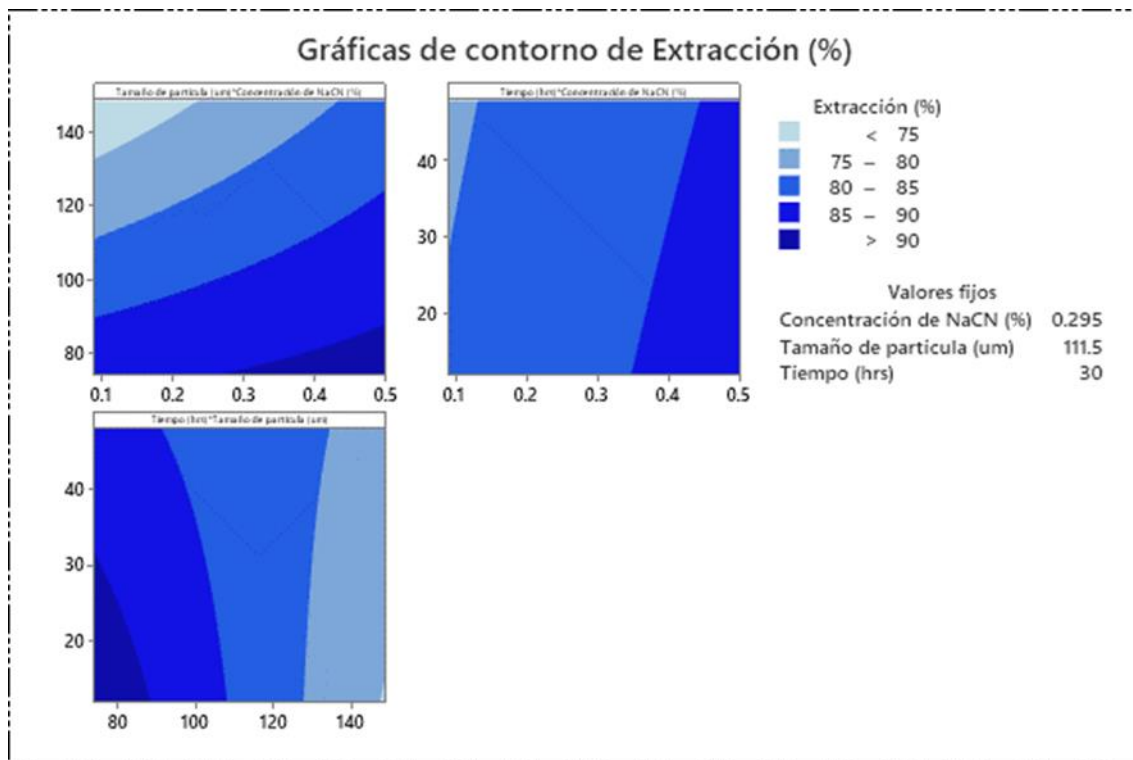


Nota: Adaptado de Minitab (2020).

La grafica de efectos principales figura 19, no muestra los puntos máximos y mínimos donde se obtiene mayor porcentaje de extracción, para el caso de tamaño de partícula el punto óptimo es la intermedia (111.5µm), consecuentemente para la concentración el punto óptimo es (0.0295%) de concentración de cianuro de sodio y para la variable tiempo indica un intermedio de 30 horas. Además de ello podemos mencionar que el tamaño de partícula es inversamente proporcional al porcentaje de extracción.

Figura 20

Grafica de contorno de extracción (%)

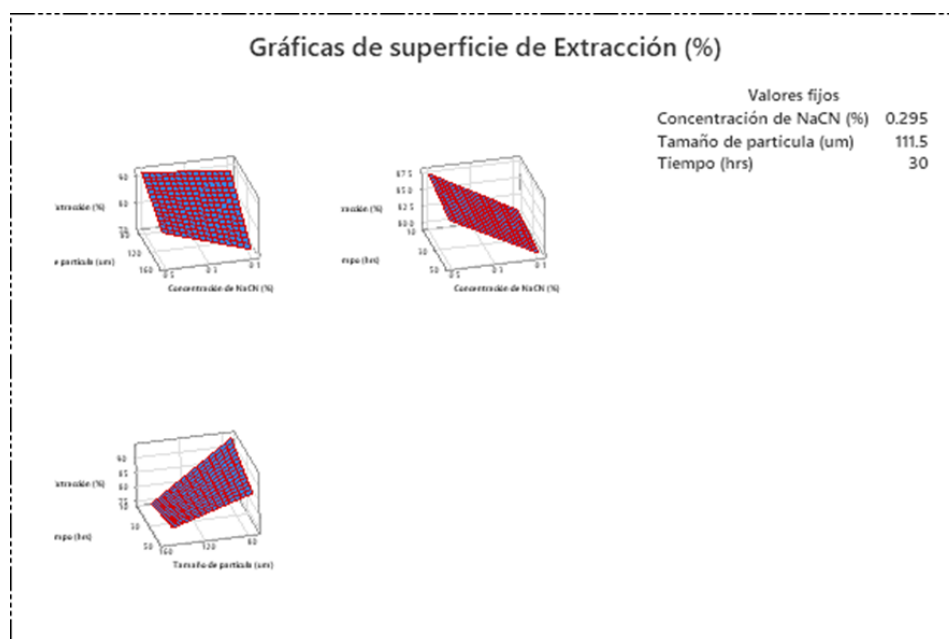


Nota: Adaptado de Minitab (2020).

La grafica de contorno figura 20, tiene como característica principal mostrar la interacción de factores de 2 a 2 respecto del factor de respuesta por medio de áreas coloreadas, siendo el color azul más claro el área que muestra los valores óptimos para nuestro fenómeno, este nos muestra que bajo las condiciones se obtiene cierto rango de extracción de oro.

Figura 21

Grafica de superficie de extracción (%)



Nota: Adaptado de Minitab (2020).

La figura anterior a diferencia de grafica de contorno figura 21, esta nos permite ver el comportamiento en conjunto de 3 variables mediante una superficie, aquí podemos ratificar y observar de otra manera que todas las variables independientes tienen una incidencia en el fenómeno de estudio.

6.2 Discusión de Resultados

En este estudio, se evaluaron tres factores clave; “el tamaño de partícula, la concentración de cianuro y el tiempo de cianuración” (Vásquez C., 2021), para determinar su impacto en la recuperación de oro. Nuestros resultados indican que el tamaño de partícula y el tiempo de cianuración fueron los factores más relevantes en la extracción de oro, mientras que la concentración de cianuro mostro un efecto más limitado.

Según en lo que afirman *Marsden y Housden* (1992), descubrimos que cuanto más pequeñas son las partículas, más eficiente es la extracción de oro. Esto se debe a que, con

partículas más finas, se aumenta la superficie de contacto entre el mineral y la solución de cianuro, lo que facilita una disolución más rápida del oro. *Misari (2003)* también destaca este aspecto, señalando que una reducción en el tamaño de partícula mejora considerablemente la eficiencia del proceso de cianuración. Además, *Huamani y Roberto (2019)* subrayan que en minerales con características cianicidas, el control adecuado del tamaño de partícula es esencial no solo para optimizar la extracción, sino también para reducir el consumo de cianuro, un hallazgo que concuerda con nuestras conclusiones.

En cuanto al tiempo de cianuración, observamos que un mayor tiempo de exposición a la solución de cianuro resultó en una mayor recuperación de oro. Este comportamiento es consistente con los estudios de *Misari (2003)* y *Adams (2010)*, quienes sugieren que, con el paso del tiempo, la extracción de oro mejora, aunque eventualmente se estabiliza una vez que el oro disponible ha sido disuelto por completo. También es importante señalar que *Azizi y Reza (2015)* mencionan que, aunque el tiempo adicional mejora la disolución, un control adecuado es necesario para evitar la saturación de la solución, lo cual podría limitar los beneficios de tiempos de cianuración demasiado largos.

Respecto a la concentración de cianuro, aunque se observó una mejora en la extracción con concentraciones más altas, el impacto fue menos significativo en comparación con las otras dos variables. Esto se alinea con lo que sugieren *Vásquez Condori (2021)* y *Marsden y Housden (1992)*, quienes sostienen que, tras alcanzar un nivel óptimo de cianuro, aumentar la concentración no resulta en una mejora notable en la recuperación de oro. En nuestro estudio, la concentración de cianuro mostró un efecto secundario en comparación con el tamaño de partícula y el tiempo de cianuración, lo que refuerza la idea de que el uso de cianuro debe ser cuidadosamente optimizado para evitar un consumo innecesario.

Al comparar nuestros resultados con otros trabajos, vemos que la influencia de las variables operativas en la cianuración de oro es compleja. Como se ha señalado en estudios previos, como el de *Orcoapaza y Taype* (2019), la mineralogía del oro también juega un papel crucial en la eficiencia de la extracción, algo que no se abordó en este estudio pero que podría ser relevante para futuros trabajos. Además, como sugieren *Huamani y Roberto* (2019), la optimización del tamaño de partícula y el tiempo de cianuración puede contribuir a una reducción en el uso de cianuro, lo que tiene implicaciones importantes para la sostenibilidad ambiental en la minería de oro.

En la tabla 15, “se puede apreciar la extracción de oro (mg/L) de cada prueba aplicada al experimento a diferentes condiciones operativas, mediante el análisis químico de la solución lixiviada” (Romero García, J. O., 2020). En la tabla se observa que en la prueba 5 se obtuvo un máximo de 3.48 mg/L y en la prueba 3 un mínimo de 2.55 mg/L.

Realizando el balance metalúrgico en la tabla 15, se puede apreciar porcentaje de extracción de cada prueba de lixiviación. Donde dos de las pruebas superaron el 90 % de extracción y la prueba 6 alcanzó un máximo de 95.77 % de extracción de oro.

Según el análisis estadístico realizado en el diagrama de Pareto nos muestra el orden de incidencia de muestras variables, viéndose que la variable tiempo tiene más incidencia seguida del tamaño de partícula y la interacción de las dos variables, la concentración de cianuro no fue tan incidente en la variable respuesta. También podemos mencionar según el análisis de varianza realizado que la interacción de tres variables no es de mucha incidencia en la variable respuesta (% extracción).

CONCLUSIONES

En el presente trabajo de investigación se determinaron los siguientes hallazgos clave:

- Durante el proceso de cianuración del mineral aurífero de Ischuorcco, se logró una eficiencia máxima de extracción de oro del 95.77 %, lo que confirma que el método utilizado es altamente efectivo para este propósito.
- El tamaño óptimo de partícula para alcanzar el 95.77 % de extracción de oro fue de 74 μm , lo cual indica que este parámetro tiene una influencia significativa en la eficiencia del proceso.
- Aunque la concentración de cianuro utilizada para obtener el 95.77 % de extracción de oro fue del 0.05 %, se determinó que este factor no fue el más influyente en el porcentaje de recuperación.
- El tiempo de cianuración necesario para alcanzar el 95.77 % de extracción de oro fue de 48 horas. Este resultado respalda la hipótesis planteada, según la cual un mayor tiempo de cianuración incrementa el porcentaje de recuperación del metal.

RECOMENDACIONES

- Realizar pruebas comparativas de cianuración con otros tipos de agentes lixiviantes que actualmente están entrando al mercado peruano (Gold Max, Sandioss), para corroborar su porcentaje de extracción y su sostenibilidad.
- Realizar pruebas para determinar el cianuro libre en los residuos o relaves.
- En futuras investigaciones, sería útil explorar cómo otros factores, como la temperatura, el pH y la mineralogía del oro, pueden interactuar con estas variables clave para proporcionar una visión más completa del proceso de cianuración.

REFERENCIAS

- **Libros**

Adams, M. D. (2016). *Advances in Gold Ore Processing*. Elsevier.

Allen, T. (1997). *Particle size measurement: Volume 1*. Springer Science & Business Media.

APA. (2020). *Manual de Publicaciones de la American Psychological Association (7ª ed.)*. El Manual Moderno.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación (6.ª ed.)*. McGraw-Hill.

López, M., & García, L. (2019). *Lixiviación de minerales de oro: Métodos y avances en la tecnología (3ra ed.)*. Editorial Minera

Marsden, J., & House, I. (2006). *The chemistry of gold extraction*. SME.

Marsden, J. O., & House, C. I. (1992). *The chemistry of gold extraction (2nd ed.)*. Ellis Horwood Limited.

Misari Chuquipoma, F. (2010). *Metalurgia del oro*. San Marcos.

Mudder, T. I., Botz, M., & Smith, A. (2001). *Química y tratamiento de los residuos de cianuración*. Mining Journal Books.

Saksena, S. (2009). *Lixiviación y recuperación de oro*. Elsevier.

- **Artículos**

Azizi, A., & Reza, G. (2015). Optimizing and evaluating the operational factors affecting the cyanide leaching circuit of the Aghdareh gold processing plant using a CCD model.

Minerals Engineering, 81, 37-42. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2015.06.012>.

- Botz, M. M. (2001). Overview of Cyanide Treatment Methods. *Mining Environmental Management*, 9(5), 12-15.
- Deschênes, G., Boucher, C., & Brière, S. (2003). Effect of oxygen concentration on the cyanidation of gold. *Minerals Engineering*, 16(5), 503-510.
[https://doi.org/10.1016/S0892-6875\(03\)00062-7](https://doi.org/10.1016/S0892-6875(03)00062-7)
- Dhanasekaran, R., & Subramanian, S. (2013). Influence of particle size and shape on the flotation of fine and coarse particles. *International Journal of Mineral Processing*, 117, 12–23.
- Huamaní, R. P. (2019). Contribución al conocimiento sobre la minimización del consumo de cianuro en la minería aurífera. *Revista Boliviana de Química*, 36(5), 190–197.
<https://doi.org/10.34098/2078-3949.36.5.1>.
- Minitab (2020)., *Informe técnico sobre el asistente MINITAB (DOE)*, Minitab Workspace
TMfile:///C:/Users/ZBook/Downloads/Asistente_Dise%C3%B1o_de_experimentos.pdf
- Moosavi, S. (2015). A review on the role of pH and particle size in the froth flotation process. *Journal of Industrial Research*, 8(2), 45–52.
- Parga, J. R., González, G., & Pérez, J. (2007). Avances en los métodos de recuperación de oro y plata de minerales refractarios. *Revista de Metalurgia*, 43(1), 3-18.
- Société Générale de Surveillance. (2020). *Société Générale de Surveillance*. Obtenido de Société Générale de Surveillance: <https://www.sgs.com/es-pe/service-groups/lixiviacion-con-cianuro>.

- **Tesis**

Calderón Soncco Karen Raquel (2020) *Influencia de la Granulometría Del Sillar Proveniente de la Quebrada De Añashuayco en la Obtención de un Material Zeolítico con Capacidad de Adsorción para el Cation Cu+2*". (Tesis de grado). Universidad Nacional de San Agustín.

<https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/bd51a175-c93d-46b4-9e6b-7a0fa411311a/content>

- Cardenas, F., Diaz, M., & Guajardo, C. (2010). *Lixiviación de minerales mediante pilas y bateas*. Universidad de Chile.
- Choquipoma, E. (2010). *Estudio de alternativas para la lixiviación de concentrados auríferos utilizando oxidantes alternativos*. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Coila Ramirez, R. (2021). *Lixiviación de relaves oxidados de cobre y oro de la minera Manuela Ite - Tacna (tesis de grado)*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- Delgado F. Gerson V. Kancha G. Jhon L. (2023), *Lixiviación con Gold Max del oro de los relaves de la concentración gravimétrica del yacimiento La Cumbre de la compañía minera Galvin. (Tesis de grado)*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/UNSAAC/930>
- González, M., & Pérez, S. (2018). *Métodos de lixiviación en la minería de oro: Comparación y aplicación (Tesis de licenciatura)*. Universidad Nacional de San Agustín.
Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/4003>.
- González, R., & Pérez, J. (2017). *Optimización del proceso de cianuración de oro: estudio cinético de la capa de Nernst (Tesis de maestría, Universidad de Chile)*.
- Meza, L. (1981). *Aspectos Fundamentales de los procesos hidrometalurgicos de los Metales preciosos (tesis de grado)*. Universidad Nacional de Colombia.
- Morales Mulluni, D. C. (2018). *Evaluación del proceso de cianuración por agitación de minerales de oro y plata de la zona minera de Malco en el distrito de Puyo – Ayacucho (Tesis de grado)*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Orcoapaza, X., & Taype, Y. (2019). Evaluación de variables en la lixiviación por agitación con Gold Max para la extracción de oro del yacimiento Ayahuay-Apurímac (Tesis de grado). Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Piscoya Apaza Katherin Luzbela. (2018 Estudio de la Lixiviación por Agitación Empleando el Proceso Cip para la Recuperación de Oro de la Minera de Eco Cori S.A. Juliaca (Tesis de grado). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna.
http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/3198/1466_2018_piscoya_apaza_kl_fain_metalurgia.pdf?isAllowed=y&sequence=

Romero Garcia, Jimmy Octavio (2020) Extracción de oro mediante el proceso de lixiviación con el reactivo sandioss del yacimiento minero Chocrocoña, Llusco Chumbivilcas, región Cusco. (Tesis de grado). Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/6146>

Vásquez Condori, J. R. (2021). Evaluación de las principales variables del proceso de lixiviación y su influencia en la recuperación de oro (Tesis de grado). Universidad Nacional de San Agustín.

ANEXO 1

Tabla 21. Matriz de consistencia

EVALUACION DE VARIABLES DEL PROCESO DE CIANURACION DE MINERALES AURIFEROS DEL YACIMIENTO ISCHUORCCO-CURPAHUASI-APURIMAC (INVESTIGACION TECNOLÓGICA)				
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
<p>Problema general</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Se podrá evaluar las variables, tamaño de partícula, concentración de cianuro y el tiempo que permitan una alta extracción de oro mediante el proceso de cianuración a partir de los minerales auríferos del yacimiento Ischuorcco-Curpahuasi-Apurimac? <p>Problemas específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cuál será el tamaño de partícula adecuada que permita una alta extracción de oro mediante el proceso de cianuración a partir de los minerales auríferos del yacimiento Ischuorcco-Curpahuasi-Apurimac? ¿Cuál será la concentración de cianuro que permita una alta extracción de oro mediante el proceso de cianuración a partir de los minerales auríferos del yacimiento Ischuorcco-Curpahuasi-Apurimac? ¿Cuál será el tiempo que permita una alta extracción de oro mediante el proceso de cianuración a partir de los minerales auríferos del yacimiento Ischuorcco-Curpahuasi-Apurimac? 	<p>Objetivo general</p> <ul style="list-style-type: none"> Evaluar las variables, tamaño de partícula, concentración de cianuro y el tiempo que permitan una alta extracción de oro mediante el proceso de cianuración a partir de los minerales auríferos del yacimiento Ischuorcco-Curpahuasi-Apurimac. <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar el tamaño de partícula adecuada que permita una alta extracción de oro mediante el proceso de cianuración a partir de los minerales auríferos del yacimiento Ischuorcco-Curpahuasi-Apurimac. Determinar la concentración de cianuro que permita una alta extracción de oro mediante el proceso de cianuración a partir de los minerales auríferos del yacimiento Ischuorcco-Curpahuasi-Apurimac. Determinar el tiempo óptimo que permita una alta extracción de oro mediante el proceso de cianuración a partir de los minerales auríferos del yacimiento Ischuorcco-Curpahuasi-Apurimac. 	<p>Hipótesis general</p> <ul style="list-style-type: none"> Con la evaluación de variables, tamaño de partícula, concentración de cianuro y el tiempo aplicando el proceso de cianuración se obtiene una extracción de 90 % de oro a partir de los minerales auríferos del yacimiento Ischuorcco-Curpahuasi-Apurimac. <p>Hipótesis específica</p> <ul style="list-style-type: none"> El tamaño de partícula óptima es de 74 μm para la extracción de oro mediante el proceso de cianuración a partir de los minerales auríferos del yacimiento Ischuorcco-Curpahuasi-Apurimac. La concentración de cianuro es de 0.05 %, para una mayor extracción de oro mediante el proceso de cianuración a partir de los minerales auríferos del yacimiento Ischuorcco-Curpahuasi-Apurimac. La extracción de oro es mayor conforme pasa el tiempo de cianuración, a partir de los minerales auríferos del yacimiento Ischuorcco-Curpahuasi-Apurimac. 	<p>Variable dependiente</p> <ul style="list-style-type: none"> Extracción de oro. <p>Variables independientes</p> <ul style="list-style-type: none"> Tamaño de partícula Concentración de cianuro de sodio. Tiempo <p>Variables intervinientes</p> <ul style="list-style-type: none"> Temperatura Presión Características del mineral. 	<p>Tipo de investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> Tecnológico-Experimental <p>Nivel de investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> Descriptivo - explicativo <p>Población y muestra</p> <p>Reservas del yacimiento Ischuorcco – Curpahuasi - Apurimac</p> <p>Técnicas</p> <ul style="list-style-type: none"> Pruebas a nivel laboratorio Software Minitab (2020). Reporte de análisis químico

Nota: Adaptado de (Romero García, J. O., 2020) y (Huamani y Roberto, 2019).

Balance Metalúrgico de las 10 pruebas

P-1	Peso (gr)	Au (g/TM)	Cont. Metálico (mg)
Cabeza	366.94	7.65	2.8071
Solución	856.16	2.61	2.235
Ripios	366.94	1.8	0.660
Cabeza calculada	366.94	7.89	2.895
Extracción	77.19%		
P-2	Peso (gr)	Au (g/TM)	Cont. Metálico (mg)
Cabeza	366.94	7.65	2.8071
Solución	856.16	2.66	2.277
Ripios	366.94	1.48	0.543
Cabeza calculada	366.94	7.69	2.820
Extracción	80.75%		
P-3	Peso (gr)	Au (g/TM)	Cont. Metálico (mg)
Cabeza	366.94	7.65	2.8071
Solución	856.16	2.55	2.183
Ripios	366.94	1.78	0.653
Cabeza calculada	366.94	7.73	2.836
Extracción	76.97%		
P-4	Peso (gr)	Au (g/TM)	Cont. Metálico (mg)
Cabeza	366.94	7.65	2.8071
Solución	856.16	2.64	2.260
Ripios	366.94	1.75	0.642
Cabeza calculada	366.94	7.91	2.902
Extracción	77.88%		
P-5	Peso (gr)	Au (g/TM)	Cont. Metálico (mg)
Cabeza	366.94	7.65	2.8071
Solución	856.16	3.48	2.979
Ripios	366.94	0.55	0.202
Cabeza calculada	366.94	8.67	3.181
Extracción	93.66%		
P-6	Peso (gr)	Au (g/TM)	Cont. Metálico (mg)
Cabeza	366.94	7.65	2.8071
Solución	856.16	3.2	2.740
Ripios	366.94	0.33	0.121
Cabeza calculada	366.94	7.80	2.861
Extracción	95.77%		
P-7	Peso (gr)	Au (g/TM)	Cont. Metálico (mg)
Cabeza	366.94	7.65	2.8071
Solución	856.16	2.63	2.252
Ripios	366.94	1.7	0.624
Cabeza calculada	366.94	7.84	2.875
Extracción	78.31%		

P-8	Peso (gr)	Au (g/TM)	Cont. Metálico (mg)
Cabeza	366.94	7.65	2.8071
Solución	856.16	2.66	2.277
Ripios	366.94	1.53	0.561
Cabeza calculada	366.94	7.74	2.839
Extracción	80.22%		
P-9	Peso (gr)	Au (g/TM)	Cont. Metálico (mg)
Cabeza	366.94	7.65	2.8071
Solución	856.16	2.98	2.551
Ripios	366.94	0.83	0.305
Cabeza calculada	366.94	7.78	2.856
Extracción	89.34%		
P-10	Peso (gr)	Au (g/TM)	Cont. Metálico (mg)
Cabeza	366.94	7.65	2.8071
Solución	856.16	2.94	2.517
Ripios	366.94	0.91	0.334
Cabeza calculada	366.94	7.77	2.851
Extracción	88.29%		

Reposición de cianuro de sodio y cal

P-1									
Tiempo (Hr)	Vol. Reactor (ml)	Conc. NaCN (%)	Gasto (AgNO3) ml	NaCN	Reposición parcial	Reposición final (gr)	Cal inicial (gr)	pH	Reposición (gr)
0	856.16	0.009	0	0	0.009	0.770	1.76	11	0
0.5	856.16	0.009	0.16	0.020	0.0110	0.0942	1.76	10.4	0.096
1	856.16	0.009	0.20	0.025	0.0160	0.1370	1.76	10	0.16
2	856.16	0.009	0.09	0.011	0.0024	0.0204	1.76	10.3	0.112
5	856.16	0.009	0.25	0.031	0.0223	0.1905	1.76	10	0.16
10	856.16	0.009	0.15	0.019	0.0098	0.0835	1.76	10.5	0.08
12	856.16	0.009	0.00	0	0	0.0000	0	0	0
P-2									
Tiempo (Hr)	Vol. Reactor (ml)	Conc. NaCN (%)	Gasto (AgNO3) ml	NaCN	Reposición parcial	Reposición final (gr)	Cal inicial (gr)	pH	Reposición (gr)
0	856.16	0.05	0.00	0	0.0500	0.700	1.76	11.0	0
0.5	856.16	0.05	0.10	0.012	0.0376	0.3221	1.76	10.7	0.05
1	856.16	0.05	0.14	0.018	0.0322	0.2758	1.76	10.3	0.11
2	856.16	0.05	0.10	0.013	0.0370	0.3170	1.76	10.8	0.03
5	856.16	0.05	0.11	0.014	0.0359	0.3072	1.76	10.7	0.04
10	856.16	0.05	0.11	0.014	0.0361	0.3092	1.76	10.6	0.06
12	856.16	0.05	0.00	0	0.0500	0.0000	0	0	0

P-3									
Tiempo (Hr)	Vol. Reactor (ml)	Conc. NaCN (%)	Gasto (AgNO3) ml	NaCN	Reposición parcial	Reposición final (gr)	Cal inicial (gr)	pH	Reposición (gr)
0	856.16	0.009	0.00	0	0.0090	0.700	1.76	11.0	0
0.5	856.16	0.009	0.13	0.017	0.0077	0.0660	1.76	10.5	0.08
1	856.16	0.009	0.15	0.018	0.0095	0.0813	1.76	10.5	0.08
2	856.16	0.009	0.13	0.017	0.0077	0.0662	1.76	10.7	0.04
5	856.16	0.009	0.09	0.012	0.0029	0.0245	1.76	10.4	0.09
10	856.16	0.009	0.11	0.013	0.0044	0.0374	1.76	10.7	0.04
12	856.16	0.009	0.00	0	0.0090	0.0000	0	0	0
P-4									
Tiempo (Hr)	Vol. Reactor (ml)	Conc. NaCN (%)	Gasto (AgNO3) ml	NaCN	Reposición parcial	Reposición final (gr)	Cal inicial (gr)	pH	Reposición (gr)
0	856.16	0.05	0.00	0	0.0500	0.700	1.76	11.0	0
0.5	856.16	0.05	0.13	0.016	0.0343	0.2940	1.76	10.2	0.13
1	856.16	0.05	0.09	0.012	0.0382	0.3275	1.76	10.6	0.07
2	856.16	0.05	0.09	0.011	0.0386	0.3305	1.76	10.7	0.05
5	856.16	0.05	0.13	0.017	0.0335	0.2867	1.76	10.7	0.04
10	856.16	0.05	0.13	0.016	0.0342	0.2925	1.76	10.4	0.09
12	856.16	0.05	0.00	0	0.0500	0.0000	0	0	0
P-5									
Tiempo (Hr)	Vol. Reactor (ml)	Conc. NaCN (%)	Gasto (AgNO3) ml	NaCN	Reposición parcial	Reposición final (gr)	Cal inicial (gr)	pH	Reposición (gr)
0	856.16	0.009	0.00	0	0.0090	0.700	1.76	11.0	0
0.5	856.16	0.009	0.11	0.014	0.0050	0.0430	1.76	10.8	0.03
1	856.16	0.009	0.13	0.016	0.0070	0.0596	1.76	10.3	0.11
5	856.16	0.009	0.09	0.011	0.0025	0.0213	1.76	10.1	0.14
10	856.16	0.009	0.14	0.017	0.0084	0.0719	1.76	10.4	0.09
15	856.16	0.009	0.10	0.013	0.0040	0.0343	1.76	10.8	0.03
20	856.16	0.009	0.14	0.017	0.0084	0.0721	1.76	10.9	0.02
25	856.16	0.009	0.13	0.016	0.0074	0.0629	1.76	10.3	0.12
30	856.16	0.009	0.11	0.013	0.0043	0.0369	1.76	10.5	0.08
35	856.16	0.009	0.14	0.018	0.0087	0.0742	1.76	10.1	0.14
40	856.16	0.009	0.12	0.014	0.0054	0.0463	1.76	10.6	0.07
48	856.16	0.009	0.00	0.000	0.0090	0.000	1.76	0.0	1.76

P-6									
Tiempo (Hr)	Vol. Reactor (ml)	Conc. NaCN (%)	Gasto (AgNO3) ml	NaCN	Reposición parcial	Reposición final (gr)	Cal inicial (gr)	pH	Reposición (gr)
0	856.16	0.05	0.00	0	0.0500	0.700	1.76	11.0	0
0.5	856.16	0.05	0.12	0.015	0.0347	0.2973	1.76	10.7	0.05
1	856.16	0.05	0.11	0.014	0.0362	0.3101	1.76	10.4	0.09
5	856.16	0.05	0.11	0.014	0.0358	0.3062	1.76	10.2	0.13
10	856.16	0.05	0.09	0.011	0.0386	0.3301	1.76	10.5	0.07
15	856.16	0.05	0.10	0.012	0.0378	0.3233	1.76	10.6	0.06
20	856.16	0.05	0.12	0.015	0.0349	0.2989	1.76	10.2	0.13
25	856.16	0.05	0.11	0.014	0.0357	0.3057	1.76	10.4	0.10
30	856.16	0.05	0.13	0.017	0.0333	0.2850	1.76	10.5	0.08
35	856.16	0.05	0.11	0.013	0.0368	0.3147	1.76	10.2	0.13
40	856.16	0.05	0.10	0.012	0.0375	0.3212	1.76	10.7	0.05
48	856.16	0.05	0.00	0.000	0.0500	0.0000	1.76	0.0	1.76
P-7									
Tiempo (Hr)	Vol. Reactor (ml)	Conc. NaCN (%)	Gasto (AgNO3) ml	NaCN	Reposición parcial	Reposición final (gr)	Cal inicial (gr)	pH	Reposición (gr)
0	856.16	0.009	0.00	0	0.0090	0.700	1.76	11.0	0
0.5	856.16	0.009	0.12	0.014	0.0054	0.0461	1.76	10.5	0.08
1	856.16	0.009	0.13	0.017	0.0077	0.0663	1.76	10.3	0.11
5	856.16	0.009	0.15	0.019	0.0095	0.0815	1.76	10.7	0.05
10	856.16	0.009	0.09	0.011	0.0023	0.0195	1.76	10.5	0.08
15	856.16	0.009	0.14	0.017	0.0081	0.0693	1.76	10.1	0.14
20	856.16	0.009	0.09	0.011	0.0025	0.0210	1.76	10.7	0.04
25	856.16	0.009	0.14	0.017	0.0080	0.0687	1.76	10.6	0.06
30	856.16	0.009	0.13	0.017	0.0076	0.0651	1.76	10.8	0.04
35	856.16	0.009	0.12	0.015	0.0058	0.0499	1.76	10.7	0.05
40	856.16	0.009	0.15	0.018	0.0093	0.0797	1.76	10.6	0.06
48	856.16	0.009	0.00	0.000	0.0090	0.0000	1.76	0.0	1.76
P-8									
Tiempo (Hr)	Vol. Reactor (ml)	Conc. NaCN (%)	Gasto (AgNO3) ml	NaCN	Reposición parcial	Reposición final (gr)	Cal inicial (gr)	pH	Reposición (gr)
0	856.16	0.05	0.00	0	0.0500	0.700	1.76	11.0	0
0.5	856.16	0.05	0.12	0.015	0.0348	0.2980	1.76	10.3	0.11
1	856.16	0.05	0.12	0.015	0.0345	0.2956	1.76	10.4	0.09
5	856.16	0.05	0.12	0.014	0.0355	0.3041	1.76	10.8	0.03
10	856.16	0.05	0.11	0.013	0.0367	0.3141	1.76	10.9	0.02
15	856.16	0.05	0.15	0.018	0.0316	0.2702	1.76	10.3	0.11
20	856.16	0.05	0.13	0.016	0.0337	0.2884	1.76	10.9	0.02
25	856.16	0.05	0.09	0.012	0.0381	0.3264	1.76	10.9	0.02
30	856.16	0.05	0.10	0.013	0.0370	0.3166	1.76	10.8	0.03
35	856.16	0.05	0.15	0.019	0.0313	0.2682	1.76	10.3	0.11
40	856.16	0.05	0.14	0.018	0.0323	0.2766	1.76	10.3	0.11
48	856.16	0.05	0.00	0.000	0.0500	0.0000	1.76	0.0	1.76

P-9									
Tiempo (Hr)	Vol. Reactor (ml)	Conc. NaCN (%)	Gasto (AgNO3) ml	NaCN	Reposición parcial	Reposición final (gr)	Cal inicial (gr)	pH	Reposición (gr)
0	856.16	0.0295	0.00	0	0.0295	0.700	1.76	11.0	0
0.5	856.16	0.0295	0.12	0.015	0.0143	0.1222	1.76	10.8	0.03
1	856.16	0.0295	0.15	0.018	0.0112	0.0956	1.76	10.5	0.08
5	856.16	0.0295	0.11	0.014	0.0157	0.1343	1.76	10.5	0.08
10	856.16	0.0295	0.10	0.012	0.0172	0.1474	1.76	10.6	0.06
15	856.16	0.0295	0.10	0.013	0.0168	0.1440	1.76	10.1	0.14
20	856.16	0.0295	0.15	0.019	0.0109	0.0936	1.76	10.4	0.10
25	856.16	0.0295	0.10	0.013	0.0164	0.1408	1.76	10.7	0.06
30	856.16	0.0295	0.00	0.000	0.0295	0.000	1.76	0.0	1.76
P-10									
Tiempo (Hr)	Vol. Reactor (ml)	Conc. NaCN (%)	Gasto (AgNO3) ml	NaCN	Reposición parcial	Reposición final (gr)	Cal inicial (gr)	pH	Reposición (gr)
0	856.16	0.0295	0.00	0	0.0295	0.700	1.76	11.0	0
0.5	856.16	0.0295	0.13	0.017	0.0126	0.1081	1.76	10.3	0.11
1	856.16	0.0295	0.11	0.013	0.0160	0.1373	1.76	10.4	0.10
5	856.16	0.0295	0.10	0.012	0.0172	0.1470	1.76	10.6	0.07
10	856.16	0.0295	0.09	0.011	0.0180	0.1542	1.76	10.7	0.04
15	856.16	0.0295	0.12	0.014	0.0150	0.1285	1.76	10.5	0.08
20	856.16	0.0295	0.14	0.017	0.0122	0.1047	1.76	10.7	0.05
25	856.16	0.0295	0.15	0.019	0.0109	0.0929	1.76	10.6	0.06
30	856.16	0.0295	0.00	0.000	0.0000	0.0000	0	0.0	0.00

Procedimientos que fueron hechos en el laboratorio de Ingeniería Metalúrgica

Foto 1. Colocando las botellas roladas a la plataforma



Foto 2. Sacando las botellas para hacer el control de alcalinidad y de cianuro libre



Foto 3. Determinación de cianuro libre mediante la titulación



Reporte de análisis químico de oro en el mineral de cabeza, la solución PLS y los rípios





RUC: 20608492179

CERTIFICADO DE ANÁLISIS

CLIENTE : RENSO GUTIÉRREZ HUAÑAHUI

SOLICITUD DE ANÁLISIS : RECONOCIMIENTO DE ORO (Au)

RECEPCIÓN DE MUESTRAS

DESCRIPCIÓN : MINERAL

CODIGO DEL CLIENTE : LEY DE CABEZA

CODIGO DE LABORATORIO : 07253-1

MUESTRA ENVASADA EN : BOLSA PLASTICA

PESO DE LA MUESTRA : 1.100 Kg Aprox.

FECHA DE RECEPCIÓN : 15/06/2023

FECHA DE ENTREGA DE RESULTADO : 16/06/2023

CODIGO DE LAB	CODIGO DEL CLIENTE	RESULTADOS
		LEY Au (g/TM)
07253-1	LEY DE CABEZA	7.65

MÉTODO
Fire Assay

Nota:
Los resultados presentados solo corresponden a la muestra indicada.
La empresa no se responsabiliza por muestras con presencia de oro grueso que no han sido analizados por metodo Newmont



Cesar Eduardo Lucero Martinez
INGENIERO METALURGISTA
Reg. CIP. N° 168101

OFICINAS:

- Calle Panamericana Sur 140, Nasca 11401 - Vista Alegre - Nasca - Ica
- Panamericana Sur N° km Intr 453 - Vista Alegre - Nasca - Ica
- Av. 19 de Diciembre Mz 36 Lt 11 - Imperial La Aguadita - Chala - Caraveli - Arequipa
- Av Panamericana 223 Puente Guadalupe - Villa Vista - Abancay - Abancay

 **934 779 532**  **rolablaboratorio30@gmail.com**

RoLAB

LABORATORIO



RUC: 20608492179

CERTIFICADO DE ANÁLISIS**CLIENTE** : RENSO GUTIÉRREZ HUAÑAHUI**SOLICITUD DE ANÁLISIS** : RECONOCIMIENTO DE ORO (Au)**RECEPCIÓN DE MUESTRAS****DESCRIPCIÓN** : SOLUCIÓN CIANURADA**CODIGO DEL CLIENTE** : M - 1**CODIGO DE LABORATORIO** : 07464-1**MUESTRA ENVASADA EN** : Envase Plastico**PESO DE LA MUESTRA** : 50 ml Aprox.**FECHA DE RECEPCIÓN** : 15/06/2023**FECHA DE ENTREGA DE RESULTADO** : 16/06/2023

CODIGO DE LAB	CODIGO DEL CLIENTE	RESULTADOS
		LEY Au (mg/L)
07464-1	M - 1	2.61


MÉTODO

Espectroscopia de Absorción Atomica

Nota:

Los resultados presentados solo corresponden a la muestra indicada.

La empresa no se responsabiliza por muestras con presencia de oro grueso que no han sido analizados por metodo Newmont



Cesar Eduardo Lucero Martinez
INGENIERO METALURGISTA
Reg. CIP. N° 168101

OFICINAS:

- Calle Panamericana Sur 140, Nasca 11401 - Vista Alegre - Nasca - Ica
- Panamericana Sur N° km Intr 453 - Vista Alegre - Nasca - Ica
- Av. 19 de Diciembre Mz 36 Lt 11 - Imperial La Aguadita - Chala - Caraveli - Arequipa
- Av Panamericana 223 Puente Guadalupe - Villa Vista - Abancay - Abancay



934 779 532



rolablaboratorio30@gmail.com

RoLAB

LABORATORIO



RUC: 20608492179

CERTIFICADO DE ANÁLISIS**CLIENTE** : RENSO GUTIÉRREZ HUAÑAHUI**SOLICITUD DE ANÁLISIS** : RECONOCIMIENTO DE ORO (Au)**RECEPCIÓN DE MUESTRAS****DESCRIPCIÓN** : SOLUCIÓN CIANURADA**CODIGO DEL CLIENTE** : M - 2**CODIGO DE LABORATORIO** : 07464-2**MUESTRA ENVASADA EN** : Envase Plastico**PESO DE LA MUESTRA** : 50 ml Aprox.**FECHA DE RECEPCIÓN** : 15/06/2023**FECHA DE ENTREGA DE RESULTADO** : 16/06/2023

CODIGO DE LAB	CODIGO DEL CLIENTE	RESULTADOS
		LEY Au (mg/L)
07464-2	M - 2	2.66

MÉTODO

Espectroscopia de Absorción Atomica

Nota:

Los resultados presentados solo corresponden a la muestra indicada.

La empresa no se responsabiliza por muestras con presencia de oro grueso que no han sido analizados por metodo Newmont

Cesar Eduardo Lucero Martinez
INGENIERO METALURGISTA
 Reg. CIP. N° 168101
OFICINAS:

- Calle Panamericana Sur 140, Nasca 11401 - Vista Alegre - Nasca - Ica
- Panamericana Sur N° km Intr 453 - Vista Alegre - Nasca - Ica
- Av. 19 de Diciembre Mz 36 Lt 11 - Imperial La Aguadita - Chala - Caraveli - Arequipa
- Av Panamericana 223 Puente Guadalupe - Villa Vista - Abancay - Abancay



934 779 532



rolablaboratorio30@gmail.com

RoLAB

LABORATORIO



RUC: 20608492179

CERTIFICADO DE ANÁLISIS

CLIENTE : RENSO GUTIÉRREZ HUAÑAHUI
SOLICITUD DE ANÁLISIS : RECONOCIMIENTO DE ORO (Au)

RECEPCIÓN DE MUESTRAS

DESCRIPCIÓN : SOLUCIÓN CIANURADA

CODIGO DEL CLIENTE : M - 3

CODIGO DE LABORATORIO : 07464-3

MUESTRA ENVASADA EN : Envase Plastico

PESO DE LA MUESTRA : 50 ml Aprox.

FECHA DE RECEPCIÓN : 15/06/2023

FECHA DE ENTREGA DE RESULTADO : 16/06/2023

CODIGO DE LAB	CODIGO DEL CLIENTE	RESULTADOS
		LEY Au (mg/L)
07464-3	M - 3	2.55

MÉTODO

Espectroscopia de Absorción Atomica

Nota:

Los resultados presentados solo corresponden a la muestra indicada.

La empresa no se responsabiliza por muestras con presencia de oro grueso que no han sido analizados por metodo Newmont

Cesar Eduardo Lucero Martinez
INGENIERO METALURGISTA
 Reg. CIP. N° 168101

OFICINAS:

- Calle Panamericana Sur 140, Nasca 11401 - Vista Alegre - Nasca - Ica
- Panamericana Sur N° km Intr 453 - Vista Alegre - Nasca - Ica
- Av. 19 de Diciembre Mz 36 Lt 11 - Imperial La Aguadita - Chala - Caraveli - Arequipa
- Av Panamericana 223 Puente Guadalupe - Villa Vista - Abancay - Abancay



934 779 532



rolablaboratorio30@gmail.com

RoLAB

LABORATORIO



RUC: 20608492179

CERTIFICADO DE ANÁLISIS

CLIENTE : RENSO GUTIÉRREZ HUAÑAHUI
SOLICITUD DE ANÁLISIS : RECONOCIMIENTO DE ORO (Au)

RECEPCIÓN DE MUESTRAS

DESCRIPCIÓN : SOLUCIÓN CIANURADA

CODIGO DEL CLIENTE : M - 4

CODIGO DE LABORATORIO : 07464-4

MUESTRA ENVASADA EN : Envase Plastico

PESO DE LA MUESTRA : 50 ml Aprox.

FECHA DE RECEPCIÓN : 15/06/2023

FECHA DE ENTREGA DE RESULTADO : 16/06/2023

CODIGO DE LAB	CODIGO DEL CLIENTE	RESULTADOS
		LEY Au (mg/L)
07464-4	M - 4	2.64

MÉTODO

Espectroscopia de Absorción Atomica

Nota:

Los resultados presentados solo corresponden a la muestra indicada.

La empresa no se responsabiliza por muestras con presencia de oro grueso que no han sido analizados por metodo Newmont

Cesar Eduardo Lucero Martinez
INGENIERO METALURGISTA
 Reg. CIP. N° 168101

OFICINAS:

- Calle Panamericana Sur 140, Nasca 11401 - Vista Alegre - Nasca - Ica
- Panamericana Sur N° km Intr 453 - Vista Alegre - Nasca - Ica
- Av. 19 de Diciembre Mz 36 Lt 11 - Imperial La Aguadita - Chala - Caraveli - Arequipa
- Av Panamericana 223 Puente Guadalupe - Villa Vista - Abancay - Abancay



934 779 532



rolablaboratorio30@gmail.com

RoLAB

LABORATORIO



RUC: 20608492179

CERTIFICADO DE ANÁLISIS

CLIENTE : RENSO GUTIÉRREZ HUAÑAHUI
SOLICITUD DE ANÁLISIS : RECONOCIMIENTO DE ORO (Au)

RECEPCIÓN DE MUESTRAS

DESCRIPCIÓN : SOLUCIÓN CIANURADA

CODIGO DEL CLIENTE : M - 5

CODIGO DE LABORATORIO : 07464-5

MUESTRA ENVASADA EN : Envase Plastico

PESO DE LA MUESTRA : 50 ml Aprox.

FECHA DE RECEPCIÓN : 15/06/2023

FECHA DE ENTREGA DE RESULTADO : 16/06/2023

CODIGO DE LAB	CODIGO DEL CLIENTE	RESULTADOS
		LEY Au (mg/L)
07464-5	M - 5	3.48

MÉTODO

Espectroscopia de Absorción Atomica

Nota:

Los resultados presentados solo corresponden a la muestra indicada.

La empresa no se responsabiliza por muestras con presencia de oro grueso que no han sido analizados por metodo Newmont

Cesar Eduardo Lucero Martinez
Cesar Eduardo Lucero Martinez
INGENIERO METALURGISTA
 Reg. CIP. N° 168101

OFICINAS:

- Calle Panamericana Sur 140, Nasca 11401 - Vista Alegre - Nasca - Ica
- Panamericana Sur N° km Intr 453 - Vista Alegre - Nasca - Ica
- Av. 19 de Diciembre Mz 36 Lt 11 - Imperial La Aguadita - Chala - Caraveli - Arequipa
- Av Panamericana 223 Puente Guadalupe - Villa Vista - Abancay - Abancay



934 779 532



rolablaboratorio30@gmail.com

RoLAB

LABORATORIO



RUC: 20608492179

CERTIFICADO DE ANÁLISIS

CLIENTE : RENSO GUTIÉRREZ HUAÑAHUI
SOLICITUD DE ANÁLISIS : RECONOCIMIENTO DE ORO (Au)

RECEPCIÓN DE MUESTRAS

DESCRIPCIÓN : SOLUCIÓN CIANURADA

CODIGO DEL CLIENTE : M - 6

CODIGO DE LABORATORIO : 07464-6

MUESTRA ENVASADA EN : Envase Plastico

PESO DE LA MUESTRA : 50 ml Aprox.

FECHA DE RECEPCIÓN : 15/06/2023

FECHA DE ENTREGA DE RESULTADO : 16/06/2023

CODIGO DE LAB	CODIGO DEL CLIENTE	RESULTADOS
		LEY Au (mg/L)
07464-6	M - 6	3.20

MÉTODO

Espectroscopia de Absorción Atomica

Nota:

Los resultados presentados solo corresponden a la muestra indicada.

La empresa no se responsabiliza por muestras con presencia de oro grueso que no han sido analizados por metodo Newmont

Cesar Eduardo Lucero Martinez
INGENIERO METALURGISTA
 Reg. CIP. N° 168101

OFICINAS:

- Calle Panamericana Sur 140, Nasca 11401 - Vista Alegre - Nasca - Ica
- Panamericana Sur N° km Intr 453 - Vista Alegre - Nasca - Ica
- Av. 19 de Diciembre Mz 36 Lt 11 - Imperial La Aguadita - Chala - Caraveli - Arequipa
- Av Panamericana 223 Puente Guadalupe - Villa Vista - Abancay - Abancay



934 779 532



rolablaboratorio30@gmail.com

RoLAB

LABORATORIO



RUC: 20608492179

CERTIFICADO DE ANÁLISIS**CLIENTE** : RENSO GUTIÉRREZ HUAÑAHUI**SOLICITUD DE ANÁLISIS** : RECONOCIMIENTO DE ORO (Au)**RECEPCIÓN DE MUESTRAS****DESCRIPCIÓN** : SOLUCIÓN CIANURADA**CODIGO DEL CLIENTE** : M - 7**CODIGO DE LABORATORIO** : 07464-7**MUESTRA ENVASADA EN** : Envase Plastico**PESO DE LA MUESTRA** : 50 ml Aprox.**FECHA DE RECEPCIÓN** : 15/06/2023**FECHA DE ENTREGA DE RESULTADO** : 16/06/2023

CODIGO DE LAB	CODIGO DEL CLIENTE	RESULTADOS
		LEY Au (mg/L)
07464-7	M - 7	2.63


MÉTODO

Espectroscopia de Absorción Atomica

Nota:

Los resultados presentados solo corresponden a la muestra indicada.

La empresa no se responsabiliza por muestras con presencia de oro grueso que no han sido analizados por metodo Newmont



Cesar Eduardo Lucero Martinez
INGENIERO METALURGISTA
Reg. CIP. N° 168101

OFICINAS:

- Calle Panamericana Sur 140, Nasca 11401 - Vista Alegre - Nasca - Ica
- Panamericana Sur N° km Intr 453 - Vista Alegre - Nasca - Ica
- Av. 19 de Diciembre Mz 36 Lt 11 - Imperial La Aguadita - Chala - Caraveli - Arequipa
- Av Panamericana 223 Puente Guadalupe - Villa Vista - Abancay - Abancay



934 779 532



rolablaboratorio30@gmail.com

RoLAB

LABORATORIO



RUC: 20608492179

CERTIFICADO DE ANÁLISIS

CLIENTE : RENSO GUTIÉRREZ HUAÑAHUI
SOLICITUD DE ANÁLISIS : RECONOCIMIENTO DE ORO (Au)

RECEPCIÓN DE MUESTRAS

DESCRIPCIÓN : SOLUCIÓN CIANURADA

CODIGO DEL CLIENTE : M - 8

CODIGO DE LABORATORIO : 07464-8

MUESTRA ENVASADA EN : Envase Plastico

PESO DE LA MUESTRA : 50 ml Aprox.

FECHA DE RECEPCIÓN : 15/06/2023

FECHA DE ENTREGA DE RESULTADO : 16/06/2023

CODIGO DE LAB	CODIGO DEL CLIENTE	RESULTADOS
		LEY Au (mg/L)
07464-8	M - 8	2.66

MÉTODO

Espectroscopia de Absorción Atomica

Nota:

Los resultados presentados solo corresponden a la muestra indicada.

La empresa no se responsabiliza por muestras con presencia de oro grueso que no han sido analizados por metodo Newmont

Cesar Eduardo Lucero Martinez
INGENIERO METALURGISTA
 Reg. CIP. N° 168101

OFICINAS:

- Calle Panamericana Sur 140, Nasca 11401 - Vista Alegre - Nasca - Ica
- Panamericana Sur N° km Intr 453 - Vista Alegre - Nasca - Ica
- Av. 19 de Diciembre Mz 36 Lt 11 - Imperial La Aguadita - Chala - Caraveli - Arequipa
- Av Panamericana 223 Puente Guadalupe - Villa Vista - Abancay - Abancay



934 779 532



rolablaboratorio30@gmail.com

RoLAB

LABORATORIO



RUC: 20608492179

CERTIFICADO DE ANÁLISIS

CLIENTE : RENSO GUTIÉRREZ HUAÑAHUI
SOLICITUD DE ANÁLISIS : RECONOCIMIENTO DE ORO (Au)

RECEPCIÓN DE MUESTRAS

DESCRIPCIÓN : SOLUCIÓN CIANURADA

CODIGO DEL CLIENTE : M - 9

CODIGO DE LABORATORIO : 07464-9

MUESTRA ENVASADA EN : Envase Plastico

PESO DE LA MUESTRA : 50 ml Aprox.

FECHA DE RECEPCIÓN : 15/06/2023

FECHA DE ENTREGA DE RESULTADO : 16/06/2023

CODIGO DE LAB	CODIGO DEL CLIENTE	RESULTADOS
		LEY Au (mg/L)
07464-9	M - 9	2.98

MÉTODO

Espectroscopia de Absorción Atomica

Nota:

Los resultados presentados solo corresponden a la muestra indicada.

La empresa no se responsabiliza por muestras con presencia de oro grueso que no han sido analizados por metodo Newmont

Cesar Eduardo Lucero Martinez
Cesar Eduardo Lucero Martinez
INGENIERO METALURGISTA
Reg. CIP. N° 168101

OFICINAS:

- Calle Panamericana Sur 140, Nasca 11401 - Vista Alegre - Nasca - Ica
- Panamericana Sur N° km Intr 453 - Vista Alegre - Nasca - Ica
- Av. 19 de Diciembre Mz 36 Lt 11 - Imperial La Aguadita - Chala - Caraveli - Arequipa
- Av Panamericana 223 Puente Guadalupe - Villa Vista - Abancay - Abancay



934 779 532



rolaboratorio30@gmail.com

RoLAB

LABORATORIO



RUC: 20608492179

CERTIFICADO DE ANÁLISIS**CLIENTE** : RENSO GUTIÉRREZ HUAÑAHUI**SOLICITUD DE ANÁLISIS** : RECONOCIMIENTO DE ORO (Au)**RECEPCIÓN DE MUESTRAS****DESCRIPCIÓN** : SOLUCIÓN CIANURADA**CODIGO DEL CLIENTE** : M - 10**CODIGO DE LABORATORIO** : 07464-10**MUESTRA ENVASADA EN** : Envase Plastico**PESO DE LA MUESTRA** : 50 ml Aprox.**FECHA DE RECEPCIÓN** : 15/06/2023**FECHA DE ENTREGA DE RESULTADO** : 16/06/2023

CODIGO DE LAB	CODIGO DEL CLIENTE	RESULTADOS
		LEY Au (mg/L)
07464-10	M - 10	2.94

MÉTODO

Espectroscopia de Absorción Atomica

Nota:

Los resultados presentados solo corresponden a la muestra indicada.

La empresa no se responsabiliza por muestras con presencia de oro grueso que no han sido analizados por metodo Newmont



Cesar Eduardo Lucero Martinez
INGENIERO METALURGISTA
Reg. CIP. N° 168101

OFICINAS:

- Calle Panamericana Sur 140, Nasca 11401 - Vista Alegre - Nasca - Ica
- Panamericana Sur N° km Intr 453 - Vista Alegre - Nasca - Ica
- Av. 19 de Diciembre Mz 36 Lt 11 - Imperial La Aguadita - Chala - Caraveli - Arequipa
- Av Panamericana 223 Puente Guadalupe - Villa Vista - Abancay - Abancay



934 779 532



rolablaboratorio30@gmail.com

ANEXO 2

Hojas de seguridad MSDS de cianuro de sodio



Versión: 02
Fecha: 10/08/18

Hoja de Datos de Seguridad de Materiales
MATERIAL SAFETY DATA SHEET
-- MSDS --

cerrados se podrán almacenar al aire libre siempre y cuando: el estado de conservación de los mismos garantice que no ocurran derrames o exposición del producto al medio ambiente y se encuentren cubiertos para garantizar que la condensación de la humedad no se acumule sobre los tambores o sacos. Además el producto siempre debe almacenarse en un área limpia, seca, ventilada, el producto debe estar sobre parihuelas o paletas, y no sobre pisos húmedos, separado de ácidos, peróxidos, metales y materiales que provoquen ignición fácilmente. Conserve las etiquetas o los rótulos.
No se deben utilizar equipos de aluminio para el almacenamiento y preparación de disoluciones.

Sección 8: Manejo de Riesgo / Equipo de Protección Personal

Ventilación

En ambientes cerrados se debe contar con ventilación natural o artificial.

Equipos de Protección Personal

- Facial: Careta transparente.
- Cuerpo: Ropa PVC.
- Manos: Guantes resistentes a álcalis (neopreno, nitrilo, etc.)
- Pies: Botas de PVC

Sección 9: Propiedades Físicas y Químicas

Estado Físico/Apariencia: Sólido

Blanco higroscópico

Olor : Inodoro

Densidad *Aparente:* 0.7 – 0.8 g/cc a 25°C

Densidad: 2.12 g/cc

Color: Blanco

Peso Molecular: 40

Punto de Fusión: 318 °C

Punto de Ebullición: 1390 °C

Límite Inflamabilidad: No es inflamable

Solubilidad en Agua: 111 g/100 g de agua a 20 °C acompañado con desprendimiento de calor.

Clase o División de riesgo: 8

Límite Inflamabilidad: No es inflamable

Sección 10: Reactividad y Estabilidad

Estabilidad: Sustancia estable

Productos peligrosos de la descomposición: Vapores corrosivos de hidróxido de sodio.

Riesgo de polimerización: No ocurrirá.

Incompatibilidad con otras sustancias: ácidos, cueros, lanas, productos orgánicos, en contacto con algunos metales (estaño, zinc, aluminio.), desprende hidrógeno que es altamente inflamable.

Condiciones a evitar: Humedad, calor/fuego.

Sección 11: Información Toxicológica

Toxicología Animal: Oral, dosis letal LD₅₀: 500 mg/Kg (conejo)

Toxicidad Crónica: No se conocen efectos crónicos.

Carcinogenicidad: La soda cáustica no está incluida en las listas de carcinógenos de la Agencia Internacional de Investigación del Cáncer (IARC), ni en las del Programa Nacional de Toxicidad (NTP) o la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) de los Estados Unidos.



Versión: 02
Fecha: 10/08/18

Hoja de Datos de Seguridad de Materiales

MATERIAL SAFETY DATA SHEET
-- MSDS --

Sección 12: Información Ecológica

No incorporar a suelos ni a fuentes de agua. La soda cáustica ocasiona alteración del pH. Es tóxico para organismos acuáticos y afecta el crecimiento de las plantas.

Sección 13: Consideraciones de Disposición

Este material se debe descartar siempre conforme a los reglamentos nacionales. La caracterización de los residuos y la observación de los reglamentos de descarte son obligaciones del generador de los residuos.

Residuos de Derrames: Los sólidos o líquidos recuperados se pueden enviar a un centro de recuperación o descartarse en una instalación permitida de gestión de residuos. Consulte a las autoridades locales o nacionales los procedimientos aprobados.

Sección 14: Información de Transporte

Rombo de seguridad según NFPA y las ONU: 3 unidades distribuidas en el vehículo de transporte (trasera, lateral derecho y lateral izquierdo).

No se permite el transporte del producto en sacos.



IMO 8



UN 1823

Leyenda:

Azul: Riesgo a la Salud	3: Extremadamente peligroso
Rojo: Riesgo de Incendio	0: No Inflamable
Amarillo: Reactividad	1: Reactivo
Blanco: Notas Especiales	----

Sección 15: Información Regulatoria/Reglamentaria

Todas las acciones relacionadas con el uso, manipulación y disposición del producto, deben llevarse a cabo de acuerdo con las reglamentaciones locales, nacionales y de ser necesario con las internacionales existentes.

Sección 16: Otra Información





Hoja de seguridad de nitrato de plata


HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD
 (NCH 2245. OF 2015)

PLATA NITRATO
PL-1170
PLATA NITRATO
SECCION 1: IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO QUÍMICO Y DE LA EMPRESA

Identificación del producto químico	Plata Nitrato
Código	PL-1170
Usos recomendados	Aplicaciones técnicas (análisis químico), industria Química en general, Docencia.
Nombre del proveedor	WINKLER LTDA.
Dirección del proveedor	El Quillay 466, Parque Industrial Valle Grande Lampa, Santiago / Chile.
Número de teléfono del proveedor	224826500
Número de teléfono de emergencia en Chile	224826500
Número de teléfono de información toxicológica en Chile (CITUC)	226353800
Dirección electrónica del proveedor	www.winklerltda.com

SECCION 2: IDENTIFICACION DE LOS PELIGRO

Clasificación según NCH382 / NCH2190 COMBURENTE  5.1	Clasificación según GHS 
Señal de seguridad según Nch1411/4  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> CLASIFICACION DE RIESGOS 0 = No especific 1 = Ligero 2 = Moderado 3 = Severo 4 = Extremo NORMA NFPA 3-0-0 </div>	Clasificación específica Código Almacenaje Winkler Amarillo:Oxidante 
Descripción de peligros y sus efectos	
Inhalación	Destrucción severa del tejido de las membranas mucosas y tracto respiratorio. Sensación de quemaduras. Tos. Dolor de cabeza, náuseas y vómitos.
Contacto con la piel	Efecto corrosivo, con enrojecimiento, dolor y severas quemaduras.
Contacto con los ojos	Efecto corrosivo, con enrojecimiento, dolor y severas quemaduras. Visión borrosa. Peligro de coloración de la córnea, riesgo de ceguera!
Ingestión	Efecto corrosivo. Importantes quemaduras de la boca, tracto digestivo y estómago. Tóxico. Dolor abdominal, salivación, vómitos y diarrea. Para compuestos solubles de plata: Poco absorbible a través del tracto intestinal

SECCION 3: COMPOSICION / INFORMACION DE LOS COMPONENTES

Sinónimos	Nitrato de Plata - Cáustico Lunar - Plata Mononitrato.
Fórmula Química	AgNO ₃
Concentración	99.7%
Peso molecular	169.87 g/mol
Grupo Químico	Compuesto de Plata Inorgánico - Sal Inorgánica de Plata.
Numero CAS del producto	7761-88-0
Numero UN	1493

SECCION 4: PRIMEROS AUXILIOS

En caso de contacto accidental con el producto proceder de acuerdo con:	
Inhalación	Trasladar a la persona donde exista aire fresco. En caso de paro respiratorio, emplear método de reanimación cardiopulmonar. Si respira dificultosamente se debe suministrar Oxígeno. Conseguir asistencia médica inmediatamente.
Contacto con la piel	Lavar con abundante y rápida Agua, a lo menos por 15 minutos. Utilizar una ducha de emergencia. Sacarse la ropa contaminada y luego lavarla o desecharla. Si persiste la lesión, solicitar ayuda médica rápidamente.
Contacto con los ojos	Lavarse con bastante y rápida Agua en un lavadero de ojos, por 15 minutos como mínimo, separando los párpados. De mantenerse el daño, derivar a un servicio médico de inmediato.

Hoja de seguridad de yoduro de potasio (KI)



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD YODURO DE POTASIO

Identificación de la sustancia/preparado y de la sociedad o empresa	
1.1 Identificación de la sustancia o del preparado Denominación: Potasio Yoduro	1.2 Sinónimo:
1.3 Uso de la sustancia o preparado: Usos: para usos de laboratorio, análisis, investigación y química fina.	
1.4 Identificación de la sociedad o empresa: CONTROL TÉCNICO Y REPRESENTACIONES, S.A. DE C.V. Av. Lincoln No. 3410 Pte. Col. Mitrás Norte www.ctr.com.mx Tels. (81) 8158 0600, 8158 0628, 8158 0633 e-mail : ctrscientific@infosel.net.mx Apdo. Postal 044-C Monterrey N.L. C.P. 64320, México	
2. Identificación de los peligros	
Clasificación de la sustancia o de la mezcla.	
3. Composición/Información de los componentes Denominación: Potasio Yoduro Fórmula: KI M.= 166,01	
4. Primeros auxilios	
4.1 Indicaciones generales: En caso de pérdida del conocimiento nunca dar a beber ni provocar el vómito.	
4.2 Inhalación: Trasladar a la persona al aire libre. En caso de que persista el malestar, pedir atención médica.	
4.3 Contacto con la piel: Lavar abundantemente con agua. Quitarse las ropas contaminadas.	
4.4 Ojos: Lavar con agua abundante manteniendo los párpados abiertos.	
4.5 Ingestión: Beber agua abundante. Provocar el vómito. Pedir atención médica.	
5. Medidas de lucha contra incendio	
5.1 Medios de extinción adecuados: Los apropiados al entorno.	