

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



TESIS

**EFFECTO DEL PERÓXIDO DE HIDRÓGENO Y ACETATO DE PLOMO EN LA
CIANURACIÓN POR AGITACION PARA LA EXTRACCION DE ORO DEL
RELAVE EN LA UNIDAD MINERA UNTUCA-CORI PUNO**

PRESENTADA POR:

- Br. ARMANDO JIHUALLANCA BUSTAMANTE
- Br. JUVENAL JIHUALLANCA BUSTAMANTE

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

ASESOR: ING. ALFREDO TOMÁS BENITO ARAGÓN

CUSCO – PERU

2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

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

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: "EFECTO DEL PEROXIDO DE HIDROGENO Y ACETATO DE PLOMO EN LA CIANURACION POR AGITACION PARA LA EXTRACCION DE ORO DEL RELAVE EN LA UNIDAD MINERA LINTUCA - CORI. PUNO".....

presentado por: **ARMANDO JIHUALLANCA BUSTAMANTE** con DNI Nro.: 73208741 y presentado por: **JUVENAL JIHUALLANCA BUSTAMANTE** con DNI Nro.: 73208742 para optar el título profesional/grado académico de **INGENIERO METALURGICO**

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por **tres** 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 **TRES (3) %**.

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, **29** de **setiembre** de 20**24**.....



Firma

Post firma **ALFREDO TOMÁS BENITO ARAGÓN**

Nro. de DNI **23914405**

ORCID del Asesor **0000-0002-5666-4047**

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: **oid:** <https://unsaac.turnitin.com/viewer/submissions/oid:27259:386730229?locale=es-MX>

NOMBRE DEL TRABAJO

**Ultimo-POST SUSTENT- observaciones l
evantadas.pdf**

AUTOR

ARMANDO-JUVENAL JIHUALLANCA

RECUENTO DE PALABRAS

21624 Words

RECUENTO DE CARACTERES

121745 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

148 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

4.2MB

FECHA DE ENTREGA

Sep 29, 2024 7:00 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Sep 29, 2024 7:02 PM GMT-5**● 3% de similitud general**

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

- 3% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 1% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

PRESENTACIÓN

SEÑOR DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALÚRGICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO.

SEÑORES MIEMBROS DEL JURADO

En cumplimiento al Reglamento de Grados y Títulos vigente de la Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica y Título profesional de Ingeniero Metalúrgico de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica, ponemos a vuestra disposición la presente Tesis intitulada:

**EFFECTO DEL PERÓXIDO HIDRÓGENO Y ACETATO DE PLOMO EN LA
CIANURACION POR AGITACION PARA LA EXTRACCION DE ORO DEL
RELAVE EN LA UNIDAD MINERA UNTUCA-CORI PUNO.**

(INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA)

El presente trabajo se realizó para mejorar la extracción de Oro por efecto del peróxido de Hidrógeno y Acetato de Plomo en la cianuración por agitación donde se desarrolló las pruebas a nivel de laboratorio metalúrgico donde se acondiciono el relave del producto del tratamiento de mineral sulfurado en la planta concentradora Untuca – Puno. En tal sentido se desarrolló pruebas metalúrgicas adicionando a la pulpa de relave el peróxido de hidrógeno y acetato de plomo para la cianuración por agitación y la extracción de oro. Para el procesamiento de los resultados experimentales se aplicó el diseño factorial 2^3 mediante el software Minitab 19.0 complementado con Excel.

Jihuallanca Bustamante, Armando

Jihuallanca Bustamante, Juvenal

DEDICATORIAS

A Dios como motor y fuerza de voluntad al ser el guía perfecto para darnos salud y sabiduría a lo largo de nuestro trayecto profesional.

A nuestros Padres Juan Jihuallanca Ccuno y Reyna Maxima Bustamante Sumiri, por su tiempo y dedicación desde que iniciamos nuestra carrera profesional dándonos el amor y apoyo incondicional que nos ha impulsado en cumplir esta meta.

De igual modo mostramos gratitud a nuestra casa forjadora Ingeniería Metalúrgica quien nos brindó a los mejores Ingenieros para nuestra educación y poder aprender de ellos las experiencias vividas a lo largo de su trayecto.

Así mismo agradecer a nuestra hermana Maricarmen Jihuallanca Bustamante por su enorme apoyo psicológico en que la palabra “SI SE PUEDE” se escuche fácil.

De la misma forma agradecer a toda nuestra familia como Tíos, Abuelos, Primos y demás el apoyo incondicional en cada etapa de formación como estudiante y profesional para concluir con este hermoso sueño que no tiene límites y que nos hace seguir creyendo que todo es posible si la FE la llevamos en el corazón.

Jihuallanca Bustamante, Armando

Jihuallanca Bustamante, Juvenal

RESUMEN

Debido a que el relave final del tratamiento por flotación del mineral aurífero, presenta una ley promedio de 0.5 g/TM, este material se viene acumulando desde el inicio de operaciones de la planta concentradora desde el 2007 hasta la fecha, actualmente se procesa 1900 TMSD, produciendo 1500 TMHD de relave lo que ocasiona un interés de tipo económico y tecnológico.

La tecnología propuesta en esta investigación se fundamenta en estudios recientes que consisten en el desarrollo de pruebas metalúrgicas de cianuración por agitación utilizando peróxido de hidrogeno y acetato de plomo. El objetivo de esta investigación esta delineada para obtener la extracción de Au a través del proceso de cianuración por agitación utilizando los reactivos mencionados anteriormente a partir del relave de la planta concentradora Untuca – Cori Puno.

Como parte de las pruebas experimentales, se incrementó el nivel del oxígeno en la cinética de disolución lo cual generó un menor consumo del cianuro, previniendo por otra parte la volatilización en forma de ácido cianhídrico (HCN); con tal motivo se realizó pruebas a nivel de laboratorio y cuyos resultados se procesó mediante el diseño factorial de 2^3 con 3 puntos centrales usando los softwares Minitab y Excel.

Se determino que durante la prueba N°6 en los parámetros de 0.1%CN - dosificación de peróxido de hidrogeno H_2O_2 en 1 mL y acetato de plomo en 3 mL; dándose la prueba en un rango de 0 a 48 horas se obtuvo un porcentaje de extracción del 88.004% siendo este una gran cantidad extraída del metal valioso.

Palabras clave: Relave sulfurado, Cianuración por Agitación, Concentración de NaCN, Dosificación de Peróxido de Hidrogeno y Acetato de Plomo, extracción de oro.

ABSTRACT

Because the final tailings from the Au mineral flotation treatment have an average grade of 0.5 g/MT, this material has been accumulating since the start of operations of the concentrator plant (2007) to date, currently being processed 1900 TMSD, producing 1500 TMHD of tailings, which causes economic and technological interest.

The technology proposed in this research is based on recent studies that consist of the development of metallurgical cyanidation tests by stirring using hydrogen peroxide and lead acetate. The objective of this research is outlined for a higher Au extraction rate through the agitation cyanidation process using the previously mentioned reagents obtained from the tailings of the Untuca – Cori Puno concentrator plant.

As part of the experimental tests, the level of oxygen in the dissolution kinetics was increased, which generated a lower consumption of cyanide, preventing volatilization in the form of hydrocyanic acid (HCN); For this reason, tests were carried out at the laboratory level and the results were processed using the 2^3 factorial design with 3 central points using the Minitab and Excel software.

It is determined that during test N°6 in the parameters of 0.1%CN - dosage of hydrogen peroxide (H₂O₂) in 1mL and lead acetate in 3mL; Taking the test in a range of 0 to 48 hours, an extraction percentage of 88.004% was obtained, this being a large amount of valuable metal extracted.

Keywords: Sulfide Tailings, Cyanidation by Agitation, NaCN Concentration, Dosage of Hydrogen Peroxide and Lead Acetate, gold extraction.

INDICE GENERAL

PRESENTACIÓN.....	II
DEDICATORIAS	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
INDICE GENERAL.....	VI
INDICE DE GRAFICOS	XI
LISTA DE TABLAS.....	XIV
LISTA DE FOTOGRAFIAS	XVII
LISTA DE SIMBOLOGIA	XVIII
CAPITULO I.....	1
INTRODUCCION	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Formulación del Problema.....	2
1.2.1 Problema General.....	2
1.2.2 Problemas Específicos.....	2
1.3 Justificación	2
1.3.1 Justificación Económica	2
1.3.2 Justificación Tecnológica	3
1.3.3 Justificación social	3
1.3.4 Justificación Medio Ambiental	3

1.4	Objetivos	3
1.4.1	Objetivo General	3
1.4.2	Objetivos Específicos	3
1.5	Delimitación Espacial.....	4
1.5.1	Tipo de Yacimiento y Geología	6
1.5.2	Geología Local	7
1.5.3	Procesos Metalúrgicos	7
1.6	Delimitación Temporal.....	8
CAPITULO II.....		9
MARCO TEORICO.....		9
2.1	Antecedentes de la Investigación.....	9
2.1.1	Antecedentes Locales	9
2.1.2	Antecedentes Nacionales	9
2.1.3	Antecedentes Internacionales	10
2.2	Bases Teóricas	11
2.2.1	Oro.....	11
2.2.2	Hidrometalurgia	16
2.2.3	Termodinámica Metalúrgica Aplicada en Hidrometalurgia.....	18
2.2.4	Termodinámica de las disoluciones	21
2.2.5	Diagrama de estabilidad del peróxido de hidrogeno.....	22
2.2.6	Cinética de Reacción	24

2.2.7	Importancia del estudio de la Cinética	26
2.2.8	Modelado Cinético	26
2.2.9	Elementos en química de soluciones aplicadas en hidrometalurgia	29
2.2.10	Estructura de los minerales.....	29
2.2.11	Energía de Activación	30
2.2.12	Velocidad de Reacción.....	32
2.2.13	Reacciones de Primer Orden.....	33
2.2.14	Efecto del Grado de agitación.....	34
2.2.15	Lixiviación del Oro	34
2.2.16	Cianuración del Oro	34
2.2.17	Peróxido de Hidrogeno.....	41
2.2.18	Acetato de Plomo	44
CAPITULO III.....		47
HIPOTESIS Y VARIABLES		47
3.1	Hipótesis y Variables	47
3.1.1	Hipótesis General.....	47
3.1.2	Hipótesis Especificas.....	47
3.2	Identificación de Variables e Indicadores	47
3.2.1	Variables Independientes.....	47
3.2.2	Variables Dependientes	47
3.2.3	Variables Intervinientes.....	47

3.3 Operacionalización de variables.....	47
CAPITULO IV	48
METODOLOGIA	48
4.1 Ámbito de Estudio	48
4.1.1 Información de la Empresa.....	48
4.2 Diseño de Investigación	48
4.2.1 Tipo de Investigación	49
4.2.2 Criterio de Investigación	50
4.2.3 Nivel de Investigación.....	50
4.3 Población de Estudio.....	50
4.3.1 Tamaño de Muestra.....	50
4.3.2 Técnicas e instrumentos de recolección de información o datos	51
CAPITULO V.....	52
PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	52
5.1 Muestreo.....	52
5.1.1 Equipos y Herramientas utilizados en el muestreo	53
5.1.2 Preparación de muestras Representativas.....	53
5.1.3 Medición de la densidad uno y determinación de la densidad dos	54
5.1.4 Calculo de % pasante y retenido #200 malla con toma de densidades	54
5.1.5 Remolienda para obtener un grado de liberación del 90% pasante malla #200	55
5.2 Análisis Mineralógico	56

5.3 Análisis químico de la muestra.....	62
5.3.1 Determinación de la gravedad específica del mineral (Método de Fiola).....	63
5.3.2 Lectura del pH de relave final.....	64
5.3.3 Cálculos, preparación y acondicionamiento de la muestra para realizar las pruebas	65
5.3.4 Equipos, Materiales e insumos químicos para el desarrollo de las pruebas metalúrgicas	68
5.3.5 Procedimiento para pruebas de cianuración en vaso precipitado de 2.5 Litros.	68
5.4 Formulación y desarrollo del diseño experimental para las pruebas Metalúrgicas ..	70
5.4.1 Ejecución de Pruebas Metalúrgicas de Laboratorio.....	73
CAPITULO VI	97
ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.....	97
6.1 Diseño Factorial 2^3 con 3 puntos centrales mediante el software Minitab	97
6.2 Representación geométrica de cubo para la matriz de pruebas.....	98
6.3 Calculo de efectos	100
6.4 Análisis de Varianza	101
6.5 Discusión de resultados.....	108
CONCLUSIONES	109
RECOMENDACIONES	110
BIBLIOGRAFIA	111
ANEXOS.....	116

INDICE DE GRAFICOS

Figura 1 Ubicación geográfica de la unidad minera Untuca - Cori Puno.	5
Figura 2 Venillas, lentes y parches de cuarzo gris y blanco.....	6
Figura 3 Minerales sulfurados con contenidos de oro	6
Figura 4 Representación Eh/pH para el oro y el agua a 25°C.	15
Figura 5 Diagrama Eh-pH del agua.	20
Figura 6 Niveles de energía para disolver un solido y pasarlo a solución.	22
Figura 7 Diagrama Eh/pH para la estabilidad del peróxido y el agua.	22
Figura 8 Esquema de una reacción de lixiviación con formación de una capa porosa.	25
Figura 9 Disposicion experimental de la energia de activacion de una reaccion	27
Figura 10 Principales tipos de enlace observados en los minerales y sus interrelaciones.	30
Figura 11 Representación gráfica de energía de activación.	31
Figura 12 Curva típica de Disolución del Oro y la Plata	36
Figura 13 Curva típica de disolución del oro a 25°C	37
Figura 14 Curva de Velocidad de disolución del oro en función de la temperatura de CN- constante	38
Figura 15 Diagrama esquemático del proceso de disolución del oro mostrado como una corrosión electroquímica	39
Figura 16 Diagrama esquemático del proceso de una reacción global	40
Figura 17 Estructura molecular del Peróxido de Hidrogeno	42
Figura 18 Acetato de Plomo	45

Figura 19 Microscopia Óptica. Mineral no metálico o ganga (GGs).....	58
Figura 20 Microscopia Óptica. Vista de 100x de la muestra de relave final Pirrotita y Piritita.	59
Figura 21 Microscopia Óptica. Oro Nativo (Au) incluido en la ganga (GGs).	59
Figura 22.....	61
Oro Nativo a 2600x.....	61
Figura 23 Oro nativo incluido en ganga (GGs) identificado como cuarzo(cz)	61
Figura 24 % extracción vs Tiempo de Cianuración Prueba N°1	73
Figura 25 % extracción vs Tiempo de Cianuración Prueba N°2.....	75
Figura 26 % extracción vs Tiempo de Cianuración Prueba N°3.....	77
Figura 27 % extracción vs Tiempo de Cianuración Prueba N°4.....	79
Figura 28 % extracción vs Tiempo de Cianuración Prueba N°5.....	81
Figura 29 % extracción vs Tiempo de Cianuración Prueba N°6.....	83
Figura 30 % extracción vs Tiempo de Cianuración Prueba N°7.....	85
Figura 31 % extracción vs Tiempo de Cianuración Prueba N°8.....	87
Figura 32 % extracción vs Tiempo de Cianuración Prueba N°9.....	89
Figura 33 % extracción vs Tiempo de Cianuración Prueba N°10.....	91
Figura 34 % extracción vs Tiempo de Cianuración Prueba N°11	93
Figura 35 Resumen de las curvaturas de cinética de extracción del oro.....	96
Figura 36 Grafica de cubos (medias ajustadas) de % extracción	99
Figura 37 Efectos principales para él %extracción de oro.	101
Figura 38 Diagrama de Pareto de efectos estandarizados.	103

Figura 39 Grafica normal de efectos estandarizados.	104
Figura 40 Grafica de intervalos de % extracción.....	105
Figura 41 Grafica de superficie de porcentaje de extracción vs Dosificación.	106
Figura 42 Grafica de contorno de concentración vs % extracción y dosificación de H ₂ O ₂ ..	106
Figura 43 Grafica de contorno de concentración vs porcentaje extracción y dosificación de acetato de plomo.	107
Figura 44 Grafica de porcentaje extracción vs Dosificación H ₂ O ₂ y acetato de plomo.....	107

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Cuadro de tiempo y distancia de viaje desde la capital del Cusco hacia la Unidad Minera	5
Tabla 2 Potencial redox de algunos reactivos oxidante y reductores.	23
Tabla 3 Pruebas experimentales para determinar la etapa limitante de una reacción Solido-Líquido.	28
Tabla 4 Energías de activación y etapas limitante de algunos procesos de la hidrometalurgia del Oro.....	29
Tabla 5 Operacionalización de variables.....	47
Tabla 6 Plan de pruebas experimentales mediante el diseño factorial 2^3 con puntos centrales	49
Tabla 7 Descripción de equipos y materiales.	51
Tabla 8 Composición mineralógica Untuca - Cori Puno	57
Tabla 09 Minerales Inter crecidos.....	58
Tabla 10 Mineral que se encuentra con mayor grado de certeza.....	60
Tabla 11 Distribución elemental de los minerales.	60
Tabla 12 Análisis químico del relave final.....	62
Tabla 13 Desarrollo de pruebas para determinar la G.E. promedio.....	64
Tabla 14 Equipos, materiales e insumos utilizados en las pruebas metalúrgicas	68
Tabla 15 Parámetros de cianuración	69
Tabla 16 Valores de pruebas Metalúrgicas	70
Tabla 17 Diseño factorial 2^3 con puntos centrales en la prueba de cianuración.....	71

Tabla 18 Condiciones de operación para la prueba N°1	73
Tabla 19 Resultados de la Cianuración por agitación N°1.....	74
Tabla 20 Condiciones de operación para la prueba N°2	75
Tabla 21 Resultados de la Cianuración por agitación N°2.....	76
Tabla 22 Condiciones de operación para la prueba N°3	77
Tabla 23 Resultados de la Cianuración por agitación N°3.....	78
Tabla 24 Condiciones de operación para la prueba N°4	79
Tabla 25 Resultados de la Cianuración por agitación N°4.....	80
Tabla 26 Condiciones de operación para la prueba N°5	81
Tabla 27 Resultados de la Cianuración por agitación N°5.....	82
Tabla 28 Condiciones de operación para la prueba N°6	83
Tabla 29 Resultados de la Cianuración por agitación N°6.....	84
Tabla 30 Condiciones de operación para la prueba N°7	85
Tabla 31 Resultados de la Cianuración por agitación N°7.....	86
Tabla 32 Condiciones de operación para la prueba N°8	87
Tabla 33 Resultados de la Cianuración por agitación N°8.....	88
Tabla 34 Condiciones de operación para la prueba N°9	89
Tabla 35 Resultados de la Cianuración por agitación N°9.....	90
Tabla 36 Condiciones de operación para la prueba N°10	91
Tabla 37 Resultados de la Cianuración por agitación N°10.....	92
Tabla 38 Condiciones de operación para la prueba N°11	93

Tabla 39 Resultados de la Cianuración por agitación N°11.....	94
Tabla 40 Resumen de Resultados de cianuración con adición de peróxido y acetato de plomo.	95
Tabla 41 Nivel de Variables	97
Tabla 42 Variables en esca la natural y codificada con replicas en el centro.....	98
Tabla 43 Efecto positivo y negativo de la prueba de cianuración.	100
Tabla 44 Análisis de la varianza para el % extracción.....	102

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1	Planta concentradora Cori Puno	7
Fotografía 2	Mineral de oro Cori Puno.....	12
Fotografía 3	Punto de muestreo de la pulpa del relave final	53
Fotografía 4	Lectura de la densidad de pulpa.....	54
Fotografía 5	Representación gráfica del cuarteo	56
Fotografía 6	Sobre que contiene relave final Planta Cori Puno.	62
Fotografía 7	pH metro Metler Toledo en instalaciones de Cori Puno	64
Fotografía 8	Representación gráfica del proceso de titulación del CN^- por AgNO_3	67

LISTA DE SIMBOLOGIA

g/L:	gramos por litro
TMSD:	toneladas métricas secas por día
TMHD:	toneladas métricas húmedas por día
HCN:	Ácido cianhídrico
°C:	grado Celsius
Eh:	potencial referido al electrodo de hidrogeno
pH:	potencial de hidrogeno
CN-:	ion cianuro
PAL:	Lixiviacion con ayuda del peroxide de hidrogeno
H ₂ SO ₄ :	Ácido Sulfúrico
HNO ₃ :	Ácido Nítrico
HCl:	Ácido Clorhídrico
E _a :	Energía de activación
Δ:	Diferencial de cambio para cualquier unidad
E:	Potencial de electrodo
e ⁻	Electrón
J:	Joules
K:	Constante de equilibrio termodinámico
mol:	Moles
ppm:	partes por millón
CIC:	carbón en columna
CIP:	carbón en pulpa
CIL:	carbón en lixiviación
G.E:	gravedad especifica

RPM:	Revolución por minuto
G° :	Energía libre de Gibbs
T:	Temperatura
F:	Constante de Faraday
R:	Constante de los gases
F:	Constante de Faraday
H_2O_2 :	Peróxido de hidrogeno
C_i :	Concentración de la especie i
UTM:	Universal transversal de Mercator
SCN^- :	Tiocianato
$CS(NH_2)_2$:	Tiurea
$S_2O_3^{2-}$:	Tiosulfato
$Pb(C_2H_3O_2)_2$:	Acetato de plomo
NaOH:	Hidróxido de Sodio
NTP:	Norma técnica peruana
TiO_2 :	Rutilo

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1 Planteamiento del problema

La industria minera como una de las principales fuentes generadoras de recursos y materias primas para muchos otros sectores, siempre tiene que estar en busca de mejoras en los procesos de obtención y extracción de los minerales y así cumplir con la demanda y mantener los costos. La minería aurífera es la que precisa de un proceso metalúrgico más complejo y costoso a la hora de obtener y recuperar el mineral puro, por lo que las mejoras e innovaciones son necesarias cada vez más para realizar una extracción más eficiente.

En su gran mayoría los metales valiosos como el Oro y Plata dentro de un mineral sulfurado almacenan interferencias que complican la tarea de extracción como: Pirrotita, Calcopirita, Pirita, Arsenopirita, etc. donde provocan un excesivo consumo de cianuro y oxígeno que elevan los costos de extracción y también retardan la disolución del oro, requiriendo tiempos prolongados de lixiviación y bajas extracciones de oro.

“Cuando se realiza la cianuración convencional en minerales sulfurados presenta una serie de problemas como un gran número de cianicidas destacándose como el mineral principal a la pirita siendo este un gran consumidor de oxígeno.” (MORALES, 2016)

La unidad minera Untuca Cori Puno S.A.C, como parte de su proceso productivo genera concentrados de oro por flotación, generando relave con una ley de cabeza de 0.5g/Ton de Au y a su vez esta con una disminución considerable de pH de relave por presencia del elemento azufre presenciado en la calcopirita, para esto se plantea realizar pruebas metalúrgicas a nivel laboratorio de muestra recolectada de relave de flotación recolectada durante 1(un) día de la cual se tiene como objetivo extraer el contenido metálico (Au) de relave de flotación utilizando

el proceso hidrometalúrgico de cianuración por agitación pero esta vez con la dosificación de Peróxido de hidrogeno y acetato de plomo a la cianuración.

1.2 Formulación del Problema

1.2.1 Problema General

¿Se podrá extraer Oro del relave sulfurado en la cianuración por agitación con la adición de Peróxido de Hidrogeno y Acetato de Plomo en la Unidad Minera Untuca – Cori Puno?

1.2.2 Problemas Específicos

- ¿Qué efecto produce el Peróxido de Hidrógeno en la cianuración por agitación para la extracción de oro del relave sulfurado en la unidad minera Untuca - Cori Puno?
- ¿Qué efecto produce el Acetato de Plomo en la cianuración por agitación para la extracción de oro del relave sulfurado en la unidad minera Untuca - Cori Puno?
- ¿Cómo influyen las variables en la cianuración por agitación para la extracción de Oro?

1.3 Justificación

El oxígeno y el cianuro son agentes de imperiosa necesidad para la disolución del oro, debido a esto se puede mejorar la interacción de reactivo en la difusión hacia el metal adicionando estos dos reactivos que podrían causar efecto para la extracción del oro. En consecuencia, la investigación actual de adaptación busca una alternativa de manera experimental que busca acrecentar la extracción de oro y disminuir el consumo del reactivo principal Cianuro, lo que amortizara el bajo costo del peróxido de hidrógeno y el acetato del plomo.

1.3.1 Justificación Económica

Esta investigación presentaría claras ventajas para la industria en el tratamiento de minerales con ayuda de sales de plomo y la adición de peróxido de hidrogeno, por consiguiente, un mejor resultado en la eficiencia de extracción del oro.

1.3.2 Justificación Tecnológica

Incorporar el uso de reactivos que favorecen en la cianuración para optimizar dicho proceso sería de gran ventaja, ya que reducirá tiempo y costos, el efecto de estar buscando más opciones para aclarar dicho proceso que lo haga más eficiente y ecológico.

1.3.3 Justificación social

Los mayores aportes en el ámbito social se verán evidenciados en la optimización del trabajo, creando un ambiente seguro que provea resultados consistentes en el tiempo trayendo mejores ganancias al tener un producto de calidad en la extracción. Estos elementos traerían la disminución de riesgos para el personal de la unidad, manteniendo así una buena cultura y seguridad organizacional, serán beneficiadas, debido que la contaminación de las aguas se reducirá.

1.3.4 Justificación Medio Ambiental

“Al hacer uso del acetato de plomo en las pruebas metalúrgicas se podría buscar reducir la presencia de cianuro consumido y emanado en el agua de los efluentes de lixiviación del mineral tratado, dando a emplear una pequeña cantidad de reactivos en la mitigación de su toxicidad cumpliendo estándares altos en calidad ambiental.” (MORALES, 2016)

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Extraer Oro en la cianuración por agitación utilizando el peróxido de hidrogeno y acetato de plomo del relave sulfurado en Unidad Minera Untuca Cori-Puno.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Conocer el efecto que produce el Peróxido de Hidrogeno en la cianuración por agitación para la extracción del relave sulfurado en la UMU Cori-Puno.
- Conocer el efecto que produce el acetato de plomo en la cianuración por agitación para la extracción del relave sulfurado en la UMU Cori-Puno.

- Determinar la influencia de las variables en la cianuración por agitación.

1.5 Delimitación Espacial

Este proyecto será desarrollado en La Unidad Minera Untuca Cori-Puno, que está localizada en el borde sur del distrito de Quiaca, Provincia de Sandía, Departamento de Puno, ubicado en el lado oriental de la cordillera de los andes hacia el sur, que tiene orientación NW-SE y que está conformada por montañas que sobrepasan los 4000 m.s.n.m. hasta alcanzar altitudes mayores a 5000 m.s.n.m. La empresa de origen peruano dedica sus labores de exploración, explotación y procesamiento metalúrgico a 192 km al noreste de Juliaca, a una altura de 4950 m.s.n.m. y la zona de operaciones a 4900 m.s.n.m. en el año 2015 UM Cori Puno realiza un incremento en sus operaciones de 500 toneladas al día a 1800 toneladas al día pasando de pequeña a mediana minería. Cori Puno en cuanto a tecnología viene adaptando la empleabilidad de mejores prácticas y la tecnología adecuada en sintonía con lo que representa el mundo moderno tanto en sus operaciones de tajo abierto y subterráneo. Las coordenadas UTM. Centrales del proyecto son: 0457.164 Este, 8'387.470 Norte. La mayor parte del terreno tiene dentro de su topografía un área bastante accidentada relativamente abrupta para operaciones mina. (CORIPUNO, MINA CORI PUNO SAC, 2022)

Tabla 1

Cuadro de tiempo y distancia de viaje desde la capital del Cusco hacia la Unidad Minera

Untuca - Cori Puno.

	DESTINO	DISTANCIA (KM)	TIPO DE CARRETERA	TIEMPO DE VIAJE (Min)
Cusco	Juliaca	343	Asfaltada	350
Juliaca	Huatasani	70	Asfaltada	75
Huatasani	Putina	20	Asfaltada	22
Putina	Quilcapuncu	15	Asfaltada	17
Quilcapuncu	Pampilla	39	Asfaltada	45
Pampilla	Ananea	10	Trocha	12
Ananea	Untuca	45	Afirmada	55
Untuca	Mina Cori Puno	06	Trocha	7
Tiempo aproximado de viaje = 9 h 19 min				
Distancia total Cusco-Mina Cori Puno = 548 km				

Nota: Elaboración Propia

Figura 1

Ubicación geográfica de la unidad minera Untuca - Cori Puno.



Nota: [https://www.google.com/maps/MinaCori Puno](https://www.google.com/maps/MinaCoriPuno)

1.5.1 Tipo de Yacimiento y Geología

La actividad extractiva se realiza a tajo abierto y de manera subterránea. El yacimiento es orogénico estratiforme, está emplazado en rocas del paleozoico inferior, mineralógicamente presenta venillas, lentes y parches de cuarzo gris, cuarzo blanco y sulfuros como:

- Pirrotita
- Pirita
- Arsenopirita
- Calcopirita

El oro se encuentra libre dentro de las venillas de cuarzo y como inclusiones dentro de los sulfuros. (CORIPUNO, MINA CORI PUNO SAC, 2022)

Figura 2

Venillas, lentes y parches de cuarzo gris y blanco



Nota: Página principal Cori Puno, sección operaciones, salud y Medio Ambiente (CORIPUNO, MINA CORI PUNO SAC, 2022)

Figura 3

Minerales sulfurados con contenidos de oro



Nota: Página principal Cori Puno, sección operaciones, salud y Medio Ambiente

1.5.2 Geología Local

La zona donde se ubica la presa de relaves Untuca y los materiales de canteras, pertenece a la quebrada del río Ananea. La zona de interés incumbe un valle del tipo glaciar y/o cordillera. Según se hace mención la geología del lugar presenta afloramientos de pizarras y lutitas de edad paleozoico, que son reflejadas en la parte alta (en cuyas laderas, se ubica el depósito de relaves) y frente al extremo derecho de la quebrada, donde se ubica la presa de relaves se presentan cuarcitas. La roca se encuentra expuesta masivamente en el extremo derecho de la quebrada. (CORIPUNO, MINA CORI PUNO SAC, 2022)

1.5.3 Procesos Metalúrgicos

La planta concentradora de unidad minera Cori Puno Untuca se inició como una empresa para realizar el procesamiento de mineral aurífero donde se tiene distintas áreas como son el chancado, molienda, gravimetría y flotación, por lo tanto, el mineral recepcionado en planta proviene de los diferentes yacimientos o canteras mencionados a continuación:

- Ore Sorting
- Pomarani
- Cruz de Oro
- Gallo Kunka

Fotografía 1

Planta concentradora Cori Puno



Nota: Adaptado de manual de operaciones, (CORIPUNO, MINA CORI PUNO SAC, 2022)

En la actualidad la planta concentradora realiza el procesamiento de mineral aurífero, donde se presentan el oro en forma libre y oro asociado o encapsulado en sulfuros de hierro (pirita, pirrotita, limonita) e indistintamente en cuarzo para lo cual cuenta con los siguientes procesos y operaciones metalúrgicas:

- Chancado
- Molienda
- Gravimetría
- Flotación

La planta concentradora de capacidad procesadora de 1900TM/D en la actualidad, realiza el procesamiento de minerales auríferos con una ley de 2.5 gr/TM en sus diferentes operaciones como el chancado y molienda para la liberación de la partícula valiosa, pasando a los procesos de concentración gravimétrica y flotación, dándose indicadores que representan un incremento en 3.8 veces más su capacidad de tratamiento respecto a los años inferiores al 2015. Pese al crecimiento que data desde el 2018 hasta finales del año 2023, la situación actual de la empresa conlleva a realizar estudios estratégicos que permitan optimizar recursos. Los concentrados obtenidos pasan al proceso de filtrado cuyo producto son concentrados con 12.5% de humedad, mientras que los relaves son depositados en el depósito de relaves, recirculando toda el agua hacia la planta. (CORIPUNO, MINA CORI PUNO SAC, 2022)

1.6 Delimitación Temporal

El periodo definido para la investigación será un total de 6 meses, comenzando en el periodo de agosto 2022 a enero del año 2023, esta propuesta tecnológica se podría plasmar en todas las unidades mineras pertenecientes al Consorcio Minero Horizonte, así mismo, la mencionada unidad presenta minerales auríferos para obtener un concentrado, por tanto, esta unidad minera cuenta con las condiciones para el estudio. (CORIPUNO, MINA CORI PUNO SAC, 2022)

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

2.1.1 Antecedentes Locales

Arminta Q., Luzmarina y Vargas H., Danny N. (2022) en su tesis titulada “extracción de oro del mineral aurífero por lixiviación en columnas con reactivos bromuro de potasio y ácido bromhídrico de la unidad minera utunsa – anabí – Apurímac.

El objetivo general de esta investigación fue adicionar bromuro de potasio y ácido bromhídrico en la lixiviación para la extracción de oro. El método utilizado en la investigación fue estadístico y el diseño de la investigación fue experimental. Se utilizaron las siguientes variables: Concentración de ácido bromhídrico y bromuro de potasio, tiempo de lixiviación y tamaño de partícula realizándose 8 pruebas experimentales a nivel laboratorio con puntos centrales. En consecuencia, el proceso tornó con una mejor extracción de oro alcanzándose un 87.09% con un consumo de 0.132 Kg/TM del reactivo lixivante, donde las variables que tienen más influencia fue el liberar el tamaño de partícula $\frac{1}{2}$, concentración del agente lixivante 20 g/L y periodo de lixiviación plasmado en 15 días. El modelo matemático para la investigación fue el siguiente: $Y\% \text{ de extracción de oro} = 86.3 - 19.2 A - 1.864 B - 1.61 C + 1.64 A*B + 1.49 A*C + 0.2111 B*C - 0.126 A*B*C.$ ”

2.1.2 Antecedentes Nacionales

Morales Laurente, E.L. (2016) en su tesis “Extracción de plata y oro del relave sulfurado de la Minera Santa Fe por lixiviación con adición de peróxido de hidrogeno y acetato de plomo (tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima-Perú. Se menciona que se mejoró la extracción de Ag y Au en el proceso de cianuración convencional a partir de relave sulfurado de la planta de beneficio de la Minera Santa Fe Ancón – Lima. El método utilizado

fue cuantitativo y el diseño de la investigación fue experimental. Se plasmaron pruebas para acrecentar las extracciones de los valores de Ag y Au haciendo énfasis en el nivel de oxígeno y el consumo de cianuro, el tiempo de lixiviación, previniendo la volatilización en forma de ácido cianhídrico (HCN) y también a la vez pasivar los minerales consumidores de cianuro, mediante el proceso PAL y acetato de plomo, mejorando así la rentabilidad económica en el procesamiento de este relave ya mencionado. Durante la investigación se realizaron cinco pruebas de cianuración convencional obteniendo bajas extracciones de Ag y Au, se escogió la prueba de mayor extracción de los valores metálicos y después con la adición de peróxido de hidrogeno y acetato de plomo al proceso de cianuración convencional se buscó tener mejores comportamientos en la cinética de extracción de Ag y Au, disminución de consumo de reactivos y reducción del tiempo de lixiviación. Se tuvo mejores extracciones cuando se trabajó con una granulometría de 95.4% -200 malla, densidad de pulpa de 1330 gr/Lt, pH 11.05, tiempo de lixiviación 72 horas, 0.5 % NaCN, peróxido de hidrogeno al 50% y acetato de plomo al 10% los cuales permitieron identificar el consumo de los siguientes reactivos químicos. NaCN: 8,85 Kg/TM – NaOH: 2,75 Kg/TM -H₂O₂: 3,0 Kg/TM - acetato de plomo: 1 Kg/TM. Obteniendo una extracción de 93,97 % de Ag y 83,04% de Au consiguientemente, alta rentabilidad económica.”

2.1.3 Antecedentes Internacionales

Vélez García, A.C. (2020), “Comparación entre el método de extracción de oro, Cianuración por agitación y lixiviación por pilas en la planta de beneficio San Bartolo, Segovia Antioquia – Colombia (tesis de pregrado) Tecnológico de Antioquia Institución universitaria – Colombia”. El objetivo de esta investigación fue establecer a nivel laboratorio si la extracción por el método de lixiviación en pilas a diferencia de una extracción por el método cianuración por agitación tendría mejor rendimiento, para la extracción del mineral aurífero, buscando así bajos costos de capital y de operación así como el tener un efecto de impacto ambiental mínimo.

El método de la investigación fue cuantitativo y el diseño de la investigación fue experimental. Para poder relacionar entre los dos métodos de extracción propuestos, se basó en 3 ensayos a nivel laboratorio del sistema de cianuración por agitación directa y un ensayo para el sistema de lixiviación por pilas. El sistema de lixiviación por pilas presenta una mayor eficiencia que el sistema de cianuración por agitación directa, lo que lleva a una eficiencia de extracción del 43.9% en cuanto al uso de químicos y consumo se refiere. Además, generan impactos menos negativos al medio ambiente al contar con un sistema de recirculación de agua de la solución cianurada 2.3l/h.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Oro

El oro es un metal amarillo brillante por la luz reflejada, en placas muy delgadas es azul o verde. Presenta mayor maleabilidad y ductilidad de todos los metales. Su ductilidad es grandemente disminuida por la presencia de pequeñas cantidades de otras impurezas, especialmente de plomo. El oro presenta una conductividad térmica de 103, según Depretz. El calor específico varía entre 0.0298°C (Dulong y Petit) y 0.03244 (Regnault). El oro se alea con plata, cobre, paladio, y otros metales. (, 1983, pag. 9)

La escala de Mohs nos da un valor de 2.5 y 3 para el Au que a su vez ostenta una gravedad específica de 19.3gr/mL . Es inalterable frente a los agentes atmosféricos y solo es atacable por muy pocos agentes químicos, como el cloro, el bromo, el agua regia, el mercurio y el cianuro de sodio en presencia de oxígeno. (DOMIC, 2001, pag. 189) (APA, 2020)

Fotografía 2

Mineral de oro Cori Puno.



Nota: Geología y Exploraciones Cori Puno S.A.C. 2022 (Calcopirita)

2.2.1.1. Ocurrencia mineralógica del Oro

El oro se encuentra extensamente esparcido en la naturaleza, aunque normalmente se encuentra en cantidades muy pequeñas. Se ha localizado su presencia en una variedad de materiales como granito, carbón, caliza, arcilla, roca ácida e incluso en agua de mar. Los yacimientos sulfurados u otro compuesto no son propios para el oro excepto si se encuentra asociado con los teluros.

El oro se presenta se presenta en muchos y variados ambientes geológicos, que pueden ser agrupados en siete grandes categorías (DOMIC, 2001, pag.188):

1. Oro en cuarzo.

2. Depósitos epidermales.
3. Placeres jóvenes.
4. Placeres fósiles.
5. Depósitos de oro diseminado.
6. Oro como sub producto y
7. Oro en agua de mar.

El oro suele encontrarse en combinación con la plata, pero en aquellas menas en las que figura como metal principal, puede recuperarse por uno de los siguientes procesos (VARGAS, 1983, pag. 25):

- Amalgamación
- Cloruración
- Cianuración
- Combinaciones de amalgamación, concentración gravimétrica, flotación, tostación y cianuración.
- Fundición con menas de plomo o cobre.

2.2.1.2 Química del oro en medio acuoso

“Químicamente el oro no se oxida a temperatura ambiente y tampoco a temperaturas cercanas al rojo vivo. Es insoluble en ácido sulfúrico(H_2SO_4), nítrico (HNO_3) y clorhídrico (HCL), pero se disuelve en soluciones que contienen cloro o bromo libre (Agua regia mezcla de HCL y HNO_3 en proporción de 3 a 1) y en soluciones de tiocianato (SCN^-), $(CS(NH_2)_2)$ y tiosulfato ($S_2O_3^{2-}$). Considerando la reacción del oro a temperatura ambiente, en una mezcla con aire, se podría asumir que la oxidación del metal a su estado auroso, $Au(1+)$, ocurre de la siguiente forma:” (DOMIC, 2001, pag. 190-191)



Similarmente para la oxidación al estado áurico Au (3+):



Además, durante la oxidación, el metal podría interactuar con el medio ambiente presentadas a continuación:

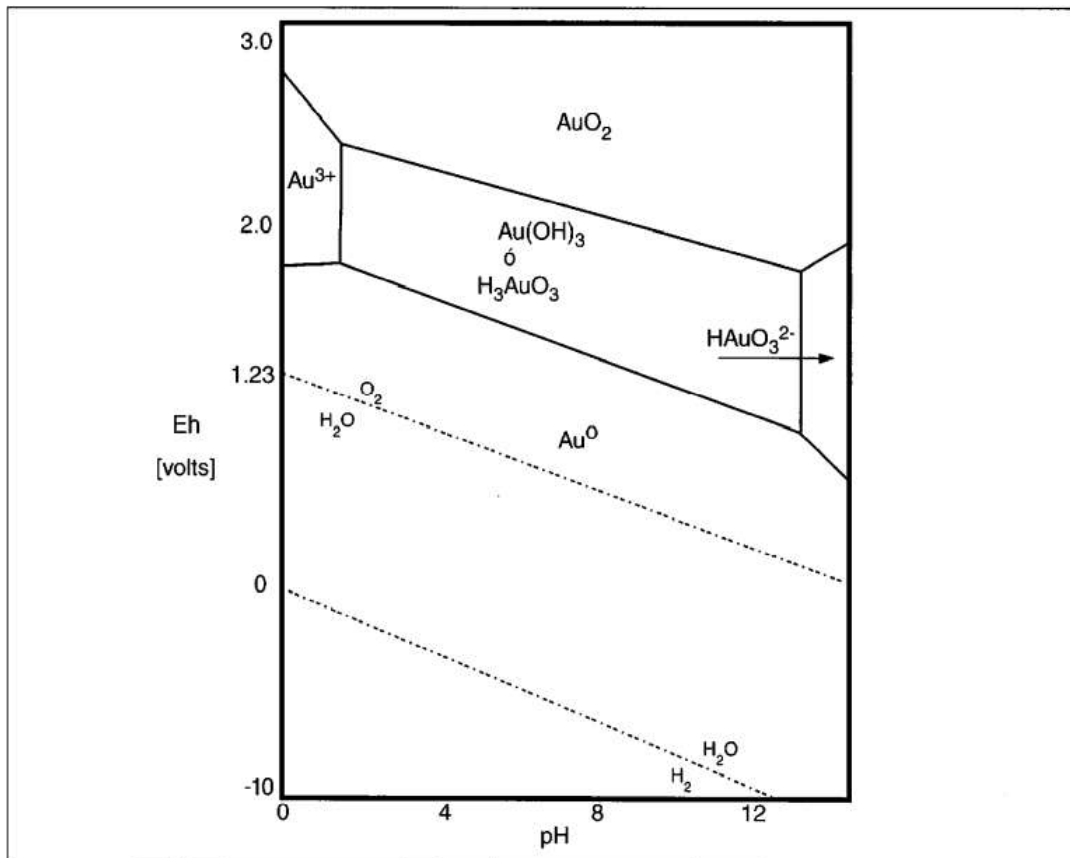


A continuación, se visualizará un diagrama Eh/pH para el oro y el agua teniendo en cuenta que las reacciones (Ec. 3) y (Ec. 4) ocurrirán solamente si existe un oxidante en proporción suficiente tal como se ve en la figura 6:

Allí se observa que las formas oxidadas del oro existen solo a potenciales mayores que la línea superior del campo de estabilidad del agua. A partir de ahí el agua no es estable ya que se oxida a oxígeno, concluyéndose que, en ausencia de elementos vinculantes adecuados, el oro por ser un metal noble no es susceptible a ser oxidado por el oxígeno disuelto en agua, aunque este en presencia ya sea de ácidos fuertes o de álcalis fuertes, ya que su poder oxidante no es apto para ello. Además, el oro se disolverá en una solución acuosa que contenga el ligante adecuado, siempre y cuando exista un agente oxidante poderoso. (DOMIC, 2001, pag. 190-191).

Figura 4

Representación Eh/pH para el oro y el agua a 25°C.



Nota: Esteban M. Domic M., 2001 Hidrometalurgia Fundamentos, procesos y aplicaciones

2.1.2.3 Química del oro a nivel industrial

Según la redacción por el Dr. Antonio Duran A., (1959, Pag.55), fundamenta que el oro tiene como principales solventes a: el agua regia, el cloro y el cianuro de potasio. Donde también el oro puede ser soluble en las siguientes mezclas descritos a continuación:

1. Nitratos, cloruros y sulfatos ácidos,
2. Acido clorhidrico y nitratos, peróxidos, tales como permanganatos o cloratos;
3. Cloruros y algunos sulfatos como por ejemplo $Fe_2(SO_4)_3$
4. $CaCl_2$ y *ácidos oxidantes*.

También se menciona en el texto que las soluciones de Br y/o mezclas que producen el Br, soluciones calientes como el concentrado de $FeCl_3$ son parte donde el oro es soluble

fácilmente. Cabe recalcar que también es soluble en soluciones de hiposulfitos de Ca, Na, K y Mg claro que teniéndose en cuenta que se necesita de un agente oxidante.

Teniendo en cuenta la descripción anterior, los principales precipitantes del oro, de uso industrial son:

- a) Sulfato Ferroso: Se usa en gran escala para precipitarlo de las soluciones de cloruro de oro, obtenido en el proceso de tratamiento con agua reja, o clorinación.
- b) El sulfuro de hidrógeno: El precipitado obtenido, sea de soluciones frías o de soluciones calientes, aparece por regla general, no como un sulfuro definido, sino como una mezcla de los tres sulfuros de oro metálico.
- c) El anhídrido sulfuroso: es usado principalmente en laboratorios, en la preparación de oro puro en soluciones de cloro, aun no siendo gran escala, la precipitación es escasa.
- d) Carbón, usado antiguamente en las soluciones de clorinación.
- e) Zinc, usado extensamente, en forma de virutas finas o polvo, en plantas de cianuración para precipitar el oro de las soluciones de cianuro.
- f) Aluminio, es también usado en forma de polvo en las plantas de cianuración, para precipitar el oro de sus soluciones de cianuro. El oro también puede ser precipitado a través de la electrólisis.

2.2.2 Hidrometalurgia

Según TECSUP AREQUIPA, 2019, pág. 1; menciona que “la hidrometalurgia es parte de la metalurgia extractiva que comprende procesos de obtención de metales o compuestos, a partir de minerales o fuentes secundarias, a través de reacciones que tienen lugar en soluciones acuosas u orgánicas desarrollándose relativamente a temperaturas bajas.”

Para UCEDA, 2016, pag. 38; La hidrometalurgia tiene como objetivo la disolución selectiva de metales o minerales en soluciones acuosas, considerando los siguientes pasos: separación sólido-líquido, purificación de la solución, y extracción del metal final. El término de

hidrometalurgia deriva de la raíz “hidro”, donde nos refiere que es el arte y la ciencia de la extracción en un ambiente acuoso de los metales a partir de sus minerales y/o materiales que lo contienen. Por tanto, las soluciones acuosas se emplean en la extracción y purificación de metales. Inicialmente los metales se disuelven y luego se recuperan de distinta forma. Los procesos hidrometalúrgicos pueden implicar el uso de solventes orgánicos que pueden usarse para separar y concentrar iones metálicos en solución, así como resinas de intercambio iónico. Considerando que la electrometalurgia de soluciones acuosas de por sí es una disciplina independiente, ésta también se le estudia como parte de la hidrometalurgia ya que por ejemplo la lixiviación se puede enfocar como un fenómeno electroquímico. El propósito de la electrometalurgia se da de la siguiente manera:

- Los metales de alta pureza son obtenidos a través de soluciones puras. Por ejemplo, cobre, zinc, oro y plata.
- La obtención de compuestos puros es desarrollada a través de la producción de metales puros por distintos métodos. Por ejemplo, alúmina pura para producir aluminio metálico.

En general la hidrometalurgia se desarrolla en 3 etapas físico-químicas distintivas y secuenciales donde DOMIC, 2001, pag. 6; lo clasifica de la siguiente manera:

- “Una etapa de disolución selectiva de los metales desde los sólidos entra en una interacción con agentes complejantes en una solución acuosa; esta etapa se conoce con el nombre de lixiviación (en inglés: Leaching).
- Un periodo de procesamiento y transformación de los metales disueltos en el medio acuoso de lixiviación a través de agentes externos que permiten la purificación y/o concentración de estos metales, aún en fase líquida.

- En un medio acuoso para la extracción selectiva de los valores metálicos disueltos, conocida como precipitación, en la que se obtiene el metal a o un compuesto que lo contiene, en la forma de un producto sólido.”

2.2.3 Termodinámica Metalúrgica Aplicada en Hidrometalurgia

2.2.3.1 Diagramas de Estabilidad Eh/pH

Según DOMIC, 2001, pág. 85; “Los diagramas de estabilidad representan diagramas didácticos para aclarar conceptos, de poca utilidad práctica en el estudio de la Hidrometalurgia. Estos diagramas fueron plasmados especialmente para su uso en química de soluciones y, por ende, son los más adecuados para su aplicación durante los procesos y transformaciones de la hidrometalurgia.”

En aplicaciones de hidrometalurgia, antes de explorar la velocidad de una determinada transformación química o física, es necesario determinar la transformación física o química para determinar la posibilidad de ocurrencia de esa transformación, ya sea esta una reacción propiamente tal o un proceso de transferencia de masa o de difusión tanto de reactantes como de producto. Pag.75

La termodinámica en la hidrometalurgia es la rama de la física química que proporciona las herramientas conceptuales necesarias para enfocar la respuesta a esta posibilidad de ocurrencia. Los resultados suelen ser relevantes y/o determinantes en los casos que se indica. Es necesario indicar que la termodinámica favorable no necesariamente es una respuesta afirmativa para llevar un proceso, dando la posibilidad de estudiar la cinética de una posible transformación que pueda ser lenta.

En efecto, se trata de los diagramas de estabilidad Potencial (Eh) versus pH, también conocidos con el nombre de su mayor divulgador, el profesor belga Marcel Pourbaix, como “Diagramas de Pourbaix” mencionado en DOMIC, 2001, pág. 86; donde el autor menciona

una reacción general, al cual se objetarán las siguientes expresiones en concordancia a la convención de signos:

Estado Reducido \leftrightarrow Estado Oxidado



en tal sentido, la energía libre de Gibbs es presentada de la siguiente manera:

$$\Delta G = \Delta G^0 + RT \ln K \quad (\text{Ec. 9})$$

Donde la energía libre de Gibbs se vincula con la ecuación de Nernst de esta forma:

$$\Delta G = nFEh \quad (\text{Ec. 10}) \quad \text{y también} \quad \Delta G^0 = nFE^0 \quad (\text{Ec. 11})$$

Entonces el potencial de una reacción esta dado por:

$$Eh = E^0 + RT \ln \frac{a_{\text{estado oxidado}}}{a_{\text{estado reducido}}} \quad (\text{Ec. 12})$$

Las condiciones estándar de temperatura a 25°C se deben tener siempre presente para poderse considerar constantes los siguientes elementos de la ecuación (DOMIC, 2001, pag. 85-86):

- La temperatura debe estar expresado en grados kelvin (°K).
- La constante de los gases se debe trabajar en base a los siguientes valores:
R= 8.315joules/°Kmol o bien R= 1.987 cal/°Kmol
- El logaritmo natural “ln” se vincula con el logaritmo decimal, “log” teniéndose un coeficiente multiplicador constante:

$$\ln = 2.303 \log$$

- Por su parte la constante de Faraday puede expresarse como:

$$F = 23062 \text{ cal/volt o bien } F = 96484 \text{ coulomb}$$

2.2.3.2 Diagrama Eh-pH del agua

Al entender el equilibrio termodinámico de grupos en solución acuosa, es imprescindible incorporar en los diagramas Eh - pH los límites de estabilidad del agua. Las semi reacciones a considerar se describen en la siguiente tabla:

Tabla 2

Reacciones para Diagrama Eh-pH del agua

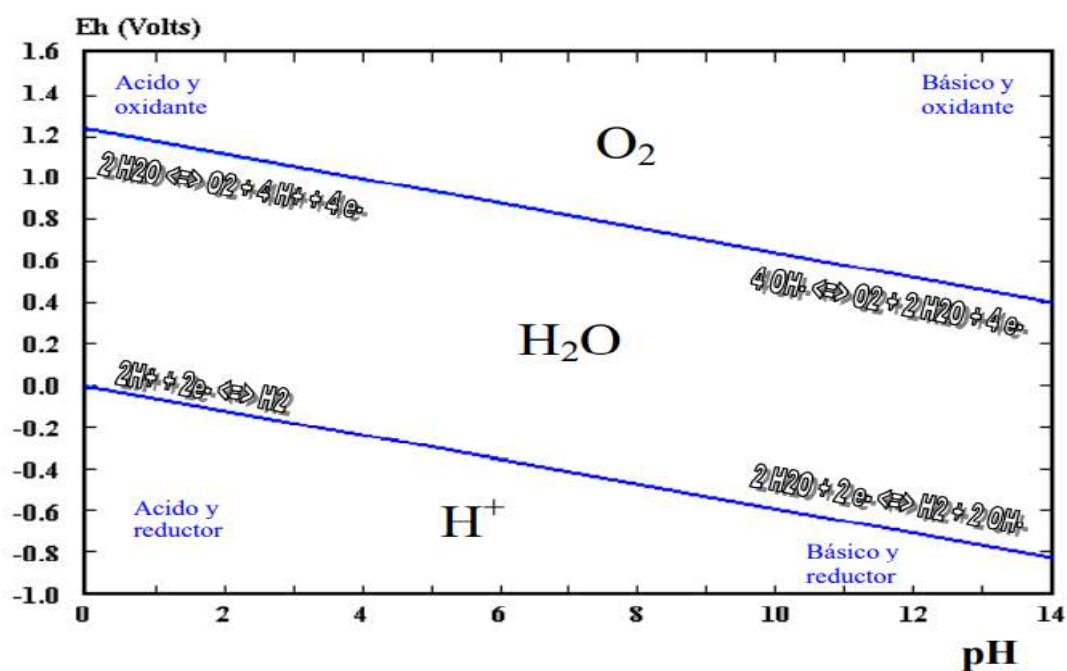
Representación Ácida	Oxidación	$2\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$	$E^\circ = 1.23\text{V}$
	Reducción	$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{H}_2$	$E^\circ = 0.00\text{V}$
Representación básica	Oxidación	$4\text{OH}^- \leftrightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^-$	$E^\circ = 0.401\text{V}$
	Reducción	$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	$E^\circ = -0.83\text{V}$

Nota: (CACERES, 2007, pag. 9)

Mencionado estas reacciones se tiene el siguiente diagrama Eh-pH del agua Figura 5 considerando a utilizar las reacciones del medio Ácido, las cuales están directamente relacionadas con la concentración en iones H^+ y el pH. (CACERES, 2007, pag.9)

Figura 5

Diagrama Eh-pH del agua.



Nota: G. Caceres A., 2007, Hidrometalurgia y Electrometalurgia.

2.2.4 Termodinámica de las disoluciones

Analizando la termodinámica el problema de la disolución de un sólido, en general se toma los siguientes puntos:

- a) Primero tiene que romperse su estructura cristalina, para lo cual se requiere aportar una cierta cantidad de energía.
- b) Una vez separados los iones, estos se hidratan y pasan a formar parte de la solución o electrolito.

El fenómeno de disolución de un sólido es la mayoría de los casos de tipo endotérmico, es decir, el sólido absorbe calor al disolverse. La disolución se presenta de la siguiente forma:



A hora si se considera la reacción global de disolución se tiene lo siguiente:



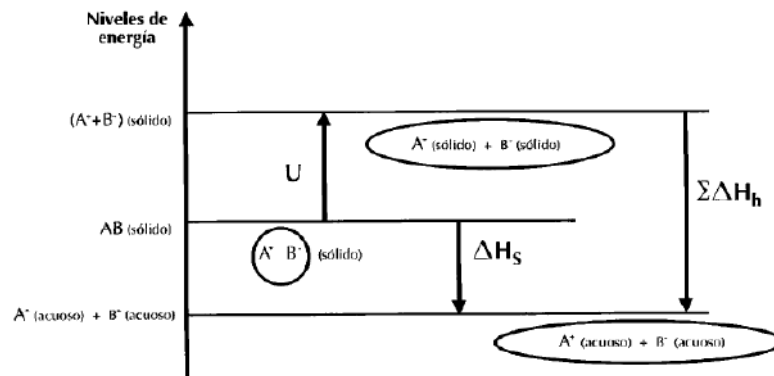
Su variación de energía libre será:

$$\Delta G^\circ = RT \ln K$$

Donde “K” es la constante de equilibrio, a presión y temperatura constante establecido en base a los coeficientes de actividad de los productos de la reacción, dividido por el producto de los coeficientes de actividad de los reactantes.

Figura 6

Niveles de energía para disolver un sólido y pasarlo a solución.



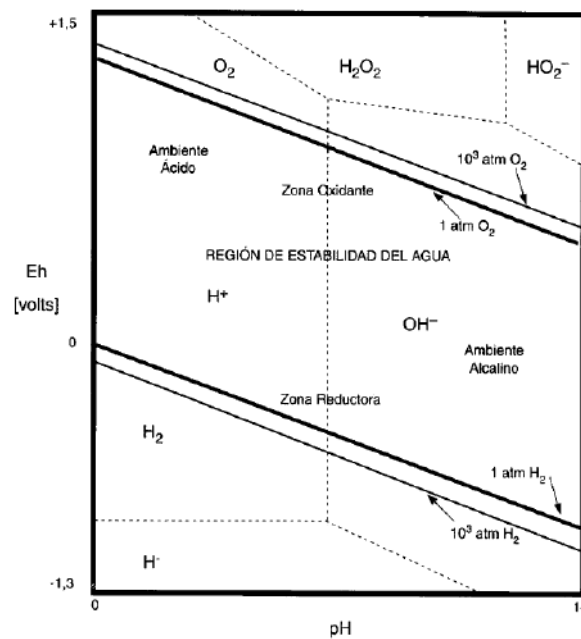
Nota: Esteban M. Domic M., 2001 Hidrometalurgia Fundamentos, procesos y aplicaciones

2.2.5 Diagrama de estabilidad del peróxido de hidrogeno

Para poder comprender la estabilidad del peróxido de hidrogeno es necesario mostrar la siguiente figura:

Figura 7

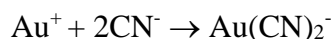
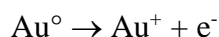
Diagrama Eh/pH para la estabilidad del peróxido y el agua.



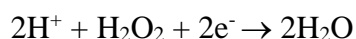
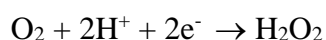
Nota: Esteban M. Domic M., 2001 Hidrometalurgia Fundamentos, procesos y aplicaciones

Observando el gráfico, se puede deducir que el peróxido se forma como producto intermedio, por ejemplo, en la reducción catódica de oxígeno durante la disolución anódica del oro y la plata en presencia de cianuro, como se aprecia en las siguientes reacciones que siguen:

1) Reacciones anódicas:



2) Reacciones catódicas:



La última reacción en la que se descompone el peróxido de hidrógeno, es bastante lenta, por ende, en las soluciones es posible encontrar concentraciones estequiométricas de agua oxigenada.

A continuación, se muestra los potenciales redox de algunos reactivos oxidantes y reductores, en especial el de peróxido de hidrógeno:

Tabla 2

Potencial redox de algunos reactivos oxidante y reductores.

<p>Reactivos Oxidantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ozono, O_3 • agua oxigenada, H_2O_2 • permanganato, MnO_4^{-} • gas cloro, Cl_2 • pirolusita, MnO_2 • nitrato, NO_3^{-} • ion férrico, Fe^{3+} 	$\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{O}_3 + 2\text{H}^{+} + 2\text{e}^{-}$ $2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^{+} + 2\text{e}^{-}$ $\text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{MnO}_4^{-} + 8\text{H}^{+} + 5\text{e}^{-}$ $2\text{Cl}^{-} \rightleftharpoons \text{Cl}_2 + 2\text{e}^{-}$ $\text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{MnO}_2 + 4\text{H}^{+} + 2\text{e}^{-}$ $\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NO}_3^{-} + 2\text{H}^{+} + \text{e}^{-}$ $\text{Fe}^{2+} \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + \text{e}^{-}$	<p>Eh: - 2,07 volts</p> <p>Eh: - 1,77 volts</p> <p>Eh: - 1,51 volts</p> <p>Eh: - 1,36 volts</p> <p>Eh: - 1,23 volts</p> <p>Eh: - 0,80 volts</p> <p>Eh: - 0,77 volts</p>
<p>Reactivos Reductores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • gas hidrógeno, H_2 • chatarra de hierro, Fe° • polvo de zinc, Zn° • manganeso, Mn° 	$\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}^{+} + 2\text{e}^{-}$ $\text{Fe}^{\circ} \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^{-}$ $\text{Zn}^{\circ} \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^{-}$ $\text{Mn}^{\circ} \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 2\text{e}^{-}$	<p>Eh: 0,000 volts</p> <p>Eh: + 0,440 volts</p> <p>Eh: + 0,763 volts</p> <p>Eh: + 1,180 volts</p>

Nota: Esteban M. Domic M., 2001 Hidrometalurgia Fundamentos, procesos y aplicaciones

La determinación de potencial oxido-reducción (Eh), también conocido como potencial “redox”, es una medida habitual en hidrometalurgia. En muchos procesos hidrometalúrgicos, para lograr los objetivos de su potencial redox, es necesario aplicar la adición de reactivos externos ya sean oxidantes o bien reductores cuya dosificación dependerá del control instantáneo que se realice de dicho potencial.

Es bueno también tener presente que la medición de pH también requiere de un electrodo de referencia. En general, se definen como oxidantes aquellas sustancias (átomos, moléculas o iones) que captan electrones y su acción, sobre el sistema que actúan el cual es reflejado en la lectura de un potencial redox ya sea positivo o mayor.

2.2.6 Cinética de Reacción

“La cinética es la rama de la Físico-Química que proporciona el soporte conceptual necesario para enfocar la solución de este problema. Sus resultados son determinantes al momento de predecir cuanto tiempo va a demorar una determinada transformación”. (DOMIC, 2001, pag.107)

La cinética de la extracción necesita de concentraciones de oxígeno disuelto en la solución lixiviada; sin embargo, esta dependencia no se observa cuando se utiliza el proceso PAL. Una aplicación PAL corriendo al mismo nivel de oxígeno que una aplicación convencional nos enseña una cinética de extracción mucho más rápida. El incremento de la velocidad es probablemente causado por la presencia de (H_2O_2) así como del oxígeno disuelto. Una reacción de cianuración puede ser formulada asumiendo que el (H_2O_2) se forma como un intermedio que a su turno reacciona directamente como un oxidante. (MORALES, 2016, pag. 27)

Las principales reacciones en los procesos hidrometalúrgicos de extracción de oro son heterogéneas, que implican la transición de metales y menas entre las fases sólida y líquida. Las reacciones heterogéneas están controladas por la reacción química inherente cinética o por

la tasa de transporte de masa de las especies individuales que reaccionan, pasos de una reacción son los siguientes. (Marsden & House, 2009):

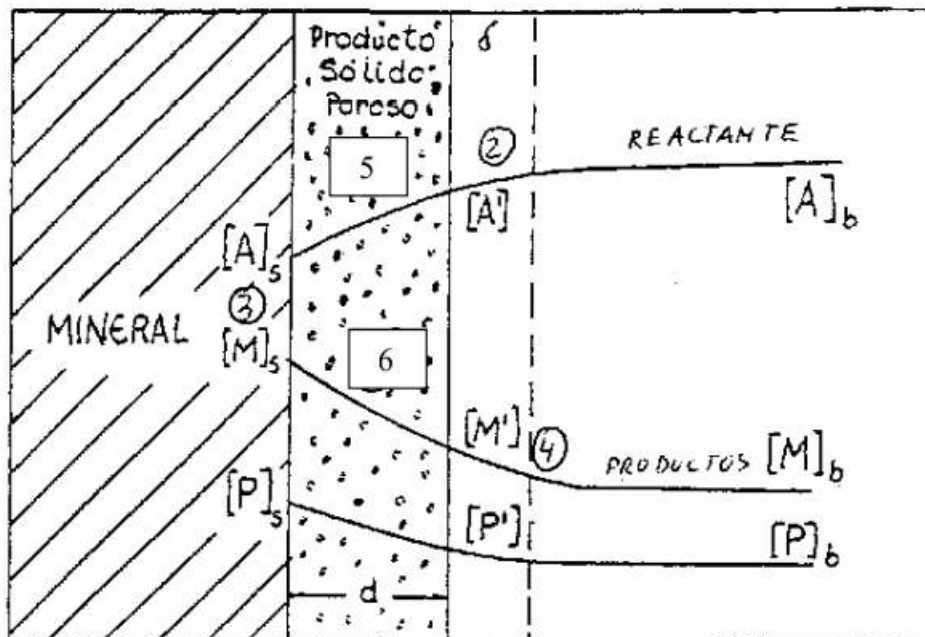
- Traslado abundante de reactivos gaseosos a la fase de solución y posterior disolución
- Traslado abundante de especies que reaccionan a través de la capa límite de solución sólido, para la superficie sólida
- Ocurrencia electroquímica en la superficie sólida.

“En la figura 8 se muestra un modelo simplificado de lixiviación con formación de una capa de residuo poroso el cual es el más frecuente en la lixiviación donde se dan 2 etapas adicionales mencionados por CACERES, 2007, pag. 26.”:

- Difusión del reactivo a través de la capa solida producida por la reacción (producto poroso).
- Traslado de masa de las especies solubles, productos de la reacción, a través de la capa solida formada, hacia el seno de la solución.

Figura 8

Esquema de una reacción de lixiviación con formación de una capa porosa.



Nota: G. Caceres A., 2020, Hidrometalurgia y Electrometalurgia.

2.2.6.1 Factores destacados sobre la Cinética

Cuando se desea transformar la velocidad global de ocurrencia de un proceso hidrometalúrgico hay que considerar la posibilidad de modificar alguno de sus factores determinantes, entre ellos se destacan los siguientes efectos dados por DOMIC, 2001, pag. 117:

- a) El tamaño de la partícula
- b) La concentración del reactante
- c) El grado de agitación
- d) La temperatura
- e) El uso de catalizadores
- f) La auto catálisis

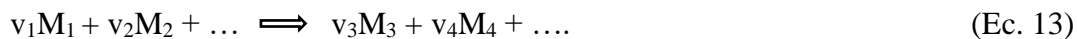
2.2.7 Importancia del estudio de la Cinética

La cinética es la rama de la físico-química que proporciona el soporte conceptual necesario para enfocar la solución de este problema, ya que los resultados determinaron al momento de predecir una determinada transformación. A si para casos de cinética lenta se requerirán equipos de mayor tamaño y para cinética rápida los equipos requeridos serán de menor tamaño y las inversiones disminuirán.

Por otro lado, las reacciones, que se desarrollan en la interfaz de dos medios diferentes, se llaman heterogéneas. Estas son las reacciones de mayor relevancia en hidrometalurgia y comprenden tantas reacciones de un líquido sobre un sólido, de un gas sobre un sólido o de líquidos inmiscibles entre sí. En una reacción heterogénea es importante conocer los mecanismos controlantes de la cinética de cierto proceso más o menos complejo.

2.2.8 Modelado Cinético

¿Qué es un modelo? Algo cercano a la realidad basado en un sistema real, una representación necesariamente imperfecta de esta. CACERES, 2007, pag. 27; describe una ecuación general utilizada para describir la cinética de una reacción es:



Donde:

$$v_i = k \times C_1^{n_1} \times C_2^{n_2} \times \dots \quad (\text{Ec. 14})$$

C_i: Concentración de la especie i (solo reactivos)

k: constante de velocidad

n: orden de la reacción (= n₁+n₂+n₃+...)

v: velocidad de reacción

M_i: masa molar de la especie

La constante de velocidad para cualquier reacción se puede expresar en la forma de la ecuación de Arrhenius mencionado por CACERES, 2007, pag. 28, es decir:

$$k = A e^{-E_a/RT} \quad (\text{Ec. 15})$$

E_a: Energía de activación de la reacción

R: Constante de los gases (8.314J/mol°k)

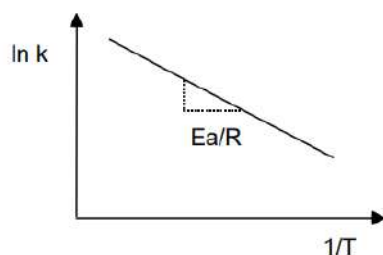
T: Temperatura absoluta(°k)

A: Constante relacionada con la frecuencia de colisiones de las especies de en solución

Experimentalmente, el valor de E_a de una reacción puede ser resuelto en un diagrama Log k versus 1/T, calculando la pendiente de la recta (E_a/R), como se puede apreciar en la Figura 9:

Figura 9

Disposición experimental de la energía de activación de una reacción



Nota: G. Caceres A., 2020, Hidrometalurgia y Electrometalurgia

- Control químico $\iff E_a > 40 \text{ KJ/mol}$
- Control Difusional $\iff E_a = 5 \text{ a } 20 \text{ KJ/mol}$

Prácticamente, la consideración de la velocidad en una reacción controlada químicamente se multiplica por 2 cuando la temperatura aumenta de 10°C . Se puede determinar cuál es la etapa limitante de una reacción estudiando el efecto de las variaciones de las condiciones experimentales en las cuales se desarrolla la reacción, como se muestra en la tabla 3 (CACERES, 2007, pag. 27-29):

Tabla 3

Pruebas experimentales para determinar la etapa limitante de una reacción Sólido-Líquido.

Factor	Resultado esperado para		
	Control químico(etapa 3)	Control difusional en los poros (etapa 5)	Control por transporte de masa externo (etapa 2)
Aumento de la velocidad de la fase líquida	Sin efecto	Sin efecto	Aumenta la velocidad de reacción
Energía de activación (E_a)	40 - 400 kJ/mol	5 - 20 kJ/mol	5 - 20 kJ/mol
Cambio de tamaño de las partículas (D)	Si las partículas no son porosas al principio, $v \propto 1/D$. Si las partículas son muy porosas, no influye.	$v \propto 1/D^2$	$v \propto 1/D^n$ donde $1 < n < 2$

Nota: G. Caceres A., 2020, Hidrometalurgia y Electrometalurgia.

Tabla 4

Energías de activación y etapas limitante de algunos procesos de la hidrometalurgia del Oro.

Proceso	Energía de activación(kJ/mol)	Etapas limitante (Rate limiting step)
<i>Disolución de oro - Presión atmosférica</i>	8 - 20	Transporte de masa del O ₂ o del CN ⁻ , dependiendo de la concentración de estos y de la temperatura
<i>Disolución de oro - Intensiva (P_{O2} >>)</i>	60	Reacción química
<i>Adsorción de oro en carbón activado</i>	11 - 16	Difusión en los poros y transporte de masa del Au(CN) ₂ ⁻
<i>Precipitación con Zinc</i>	13 - 16	Transporte de masa del Au(CN) ₂ ⁻
<i>Oxidación de los sulfuros con O₂</i>	30 - 70	Reacción Química (baja T°) Transporte de masa del O ₂ (T° elevada)

Nota: G. Caceres A., 2020, Hidrometalurgia y Electrometalurgia.

2.2.9 Elementos en química de soluciones aplicadas en hidrometalurgia

En la química de soluciones es mejor conocer algunas generalidades, donde se pretende conocer algunos aspectos relativos a la estructura del sólido, es decir en este caso, se empezará a profundizar por revisar la estructura de los minerales.

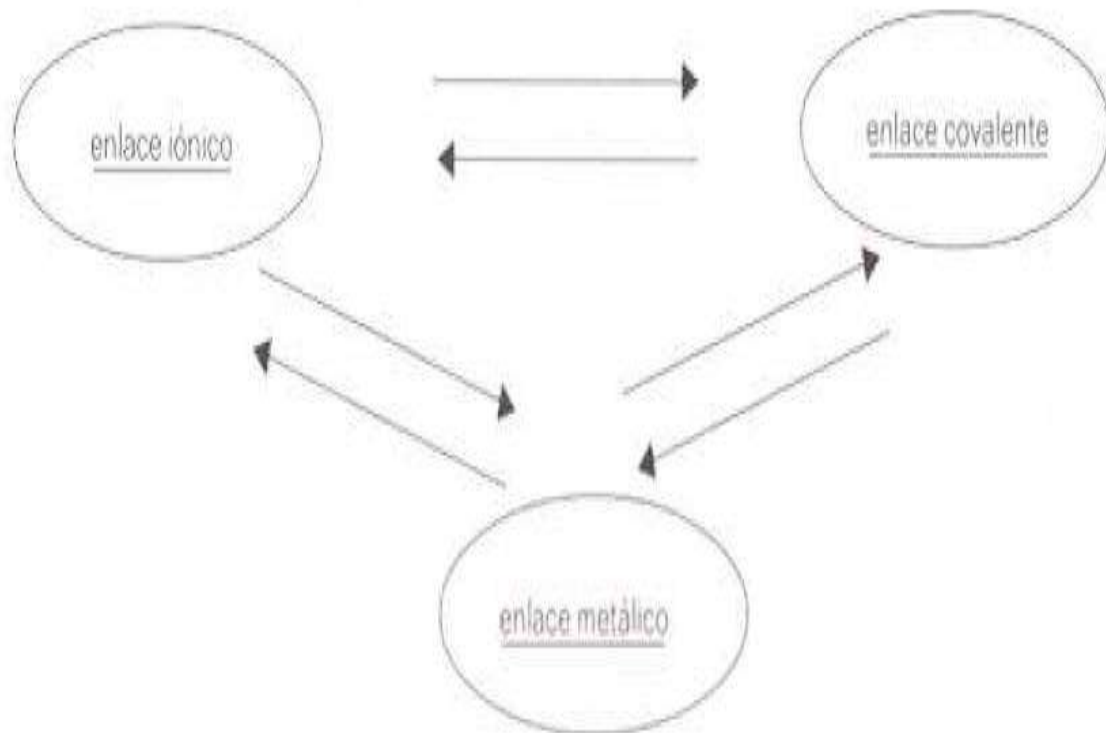
2.2.10 Estructura de los minerales

Los minerales pueden clasificarse desde el punto de vista estructural, siendo metálicos, iónicos y covalentes. Desde luego, esta clasificación es idealizada puesto que es lo más común en encontrar situaciones de traslape entre estas 3 situaciones de enlaces.

Existen en la naturaleza numerosos casos de compuestos minerales sulfurados y oxidados estables, pero no estequiométricos como son, por ejemplo: la pirrotita, la blenda, la uraninita y la pirolusita. Pag.41

Figura 10

Principales tipos de enlace observados en los minerales y sus interrelaciones.



Nota: Esteban M. Domic M., 2001 Hidrometalurgia Fundamentos, procesos y aplicaciones

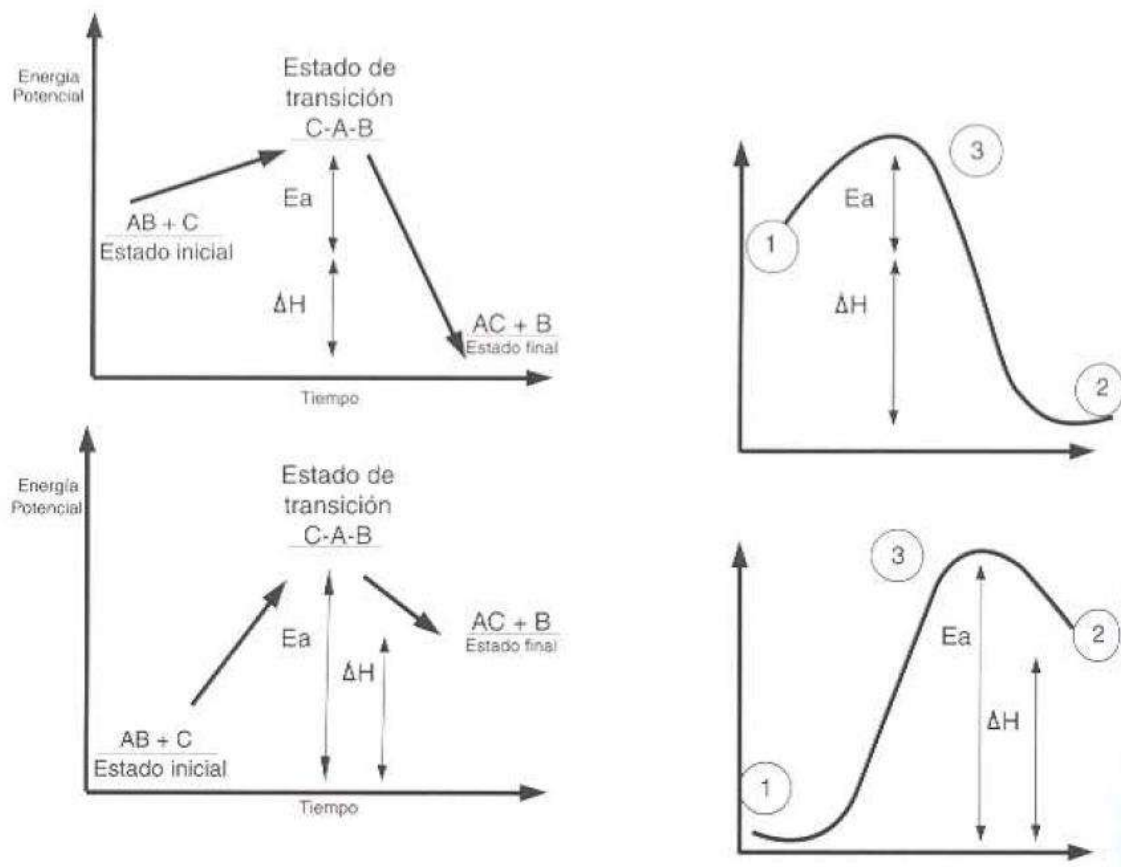
2.2.11 Energía de Activación

La energía de activación es la cantidad mínima de energía que una molécula necesita para iniciar una reacción química. Actúa como una barrera que las moléculas deben superar para que la reacción ocurra. En esencia la energía de activación es crucial para entender cómo y por qué ocurren las reacciones químicas.

De un modo gráfico se puede presentar el siguiente gráfico:

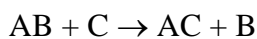
Figura 11

Representación gráfica de energía de activación.



Nota: Esteban M. Domic M., 2001 Hidrometalurgia Fundamentos, procesos y aplicaciones

En el anterior gráfico, se puede presentar la siguiente reacción:



Donde esta transformación tiene un paso intermedio de transición C-A-B antes de lograr su estado final. El primer diagrama, arriba a la izquierda, representa la situación de una reacción exotérmica, ya que considerando los estados inicial y final, hay un desarrollo neto de energía por parte del sistema ΔH . En el diagrama para el segundo caso, abajo a la izquierda, se tiene una reacción endotérmica y la situación de los productos resultantes puede ser estable solamente porque, para retroceder al estado inicial, hay que suministrar externamente la energía de activación ($E_a - \Delta H$) que es necesaria para provocar el cambio.

2.2.12 Velocidad de Reacción

La velocidad de reacción en una reacción cualquiera, será la variación de moléculas de los reaccionantes, es decir, corresponde a la disminución o bien a la variación del número de moléculas de los reaccionantes, o bien la variación de las moléculas del producto de reacción es decir, se trata de un aumento en ambos casos en función del tiempo como se describe en la siguiente expresión:

$$v = -dNr/dt = +dNp/dt$$

Para los casos en donde el volumen se mantiene constante, esto puede expresarse de la siguiente forma:

$$v = -dCr/dt = +dCp/dt$$

En muchos casos la velocidad de reacción, v , también puede expresarse como el producto de las concentraciones de los reactivos C_1 y C_2 , y los exponentes m y los cuales son denominados como orden de la reacción.

A su vez $(n+m)$ representa el orden global de la reacción y puede ser un número entero o fraccionario, positivo o negativo. La constante de proporcionalidad, k , es llamada constante de velocidad de la reacción. Su valor varía con la temperatura de acuerdo con la reacción de Arrhenius representada de la siguiente forma:

$$k = A * e^{-Ea/RT}$$

Dicha ecuación puede expresarse en forma de logaritmo:

$$\log_{10}k = \frac{-Ea}{2.30 * RT} + constante$$

O bien en términos diferenciales de la siguiente forma:

$$\frac{d \ln k}{dT} = \frac{Ea}{RT^2}$$

Donde:

K = constante de velocidad de reacción

R= constante de los gases 1,987 cal/°K.mol

Ea= energía de activación, que se expresa en kcal/mol

A= constante o factor de frecuencia, representa el número de colisiones

T= temperatura en grados kelvin

2.2.13 Reacciones de Primer Orden

Las reacciones de primer orden son un tipo de reacción química en la que la velocidad de reacción depende linealmente de la concentración de un único reactivo. Matemáticamente, se describen con la ecuación de velocidad:

$$\text{Velocidad} = k[A]$$

Donde:

V = velocidad

K = es la constante de velocidad de reacción

[A] = es la concentración del reactivo A.

Algunas características de las reacciones de primer orden son:

1. Gráfica de Concentración vs Tiempo: para una reacción de primer orden, la gráfica de $\ln[A]$ vs tiempo es una línea recta. La pendiente de esta línea es $-k$.
2. Tiempo de Media Vida ($t_{1/2}$): En las reacciones de primer orden, el tiempo de media vida es constante y no depende de la concentración inicial del reactivo. Se calcula con la fórmula:

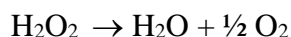
$$t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{k}$$

3. Integración de la Ecuación de Velocidad: La ecuación integrada para una reacción de primer orden es:

$$\ln[A] = \ln[A_0] - kt$$

donde $[A_0]$ es la concentración inicial del reactivo y $[A]$ es la concentración en el tiempo t .

4. Ejemplos Comunes: Muchas descomposiciones y reacciones de hidrólisis siguen cinética de primer orden. Un ejemplo clásico es la descomposición del peróxido de hidrógeno en agua y oxígeno como se muestra a continuación:



2.2.14 Efecto del Grado de agitación

Para muchas reacciones según indica Domic en la Pag. 120, al aumentar la agitación aumenta también la velocidad de reacción, V . Esta corresponde al caso en que la difusión controla el mecanismo global del proceso, lo que indica que la velocidad global, V , aumentara directamente con la velocidad de agitación, rpm, ya que esta hace disminuir el espesor de la capa límite, mejorando la difusión de los reactantes y/o de los productos.

2.2.15 Lixiviación del Oro

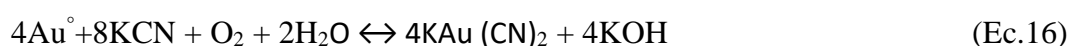
Dentro de la hidrometalurgia de la extracción del oro siempre se dará la etapa de la lixiviación para llegar a una solución del oro como producto intermedio. Actualmente la dilución del cianuro obtenida de las soluciones alcalinas es de uso exclusivamente para la disolución del oro y plata. La tiourea, el tiosulfato, el bromuro y el yoduro son algunos lixiviantes que son también disyuntivos potenciales a la cianuración que lixivian al oro y a la plata, pero no se ha utilizado ninguno todavía comercialmente. El cianuro que lixivía se puede aplicar en varias formas: lixiviación agitada, lixiviación en pila o en botadero, lixiviación en tina o vat y la lixiviación intensiva cuando se trata de concentrados. (TECSUP AREQUIPA, 2019, pag. 108)

2.2.16 Cianuración del Oro

2.2.16.1 Generalidades

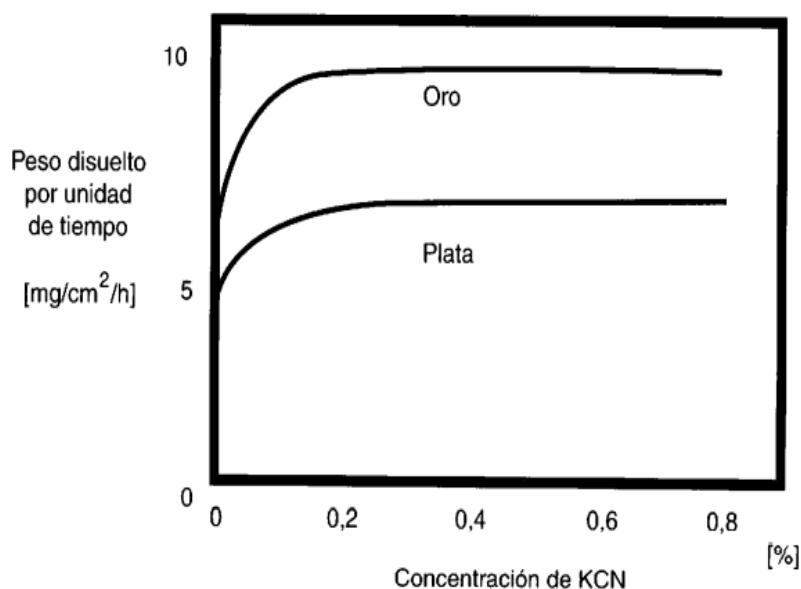
La cianuración es un proceso hidrometalúrgico basado en la utilización de soluciones de cianuros alcalinos como medio químico para lixiviar el oro y la plata contenidos en menas auríferas/argentíferas. (TECSUP AREQUIPA, 2019)

Entender sobre el mecanismo exacto de disolución del oro en una solución de cianuro es de gran relevancia, dadas las diferentes reacciones que ocurren cuando el metal precioso se disuelve en una solución de cianuro aireada. Se basa en que el oro, plata o distintas aleaciones entre estos, son solubles en soluciones cianuradas alcalinas diluidas, regidas por la ecuación de L. Elsner (1846) quien fue el primero en reconocer que el oxígeno era esencial para la disolución de oro de una solución cianurada de acuerdo a la reacción (Ec. 16) señalada a continuación por Esteban M. Domic M., 2001, pág. 196:



Aunque el cianuro es eficaz para disolver el oro contenido en el mineral, esta disolución está limitada por factores físicos, dado que el cianuro tiene que entrar en contacto directo con el oro o partícula valiosa durante todo su paso por la pila de lixiviación para obtener una dilución del contenido metálico, la granulometría y la permeabilidad del material influyen directamente en este proceso. Si la granulometría es demasiado fina y la permeabilidad es demasiado baja, no se permite la percolación correcta de la solución de cianuro produciendo compactación en el fondo de la pila, estancamiento y falla del proceso. (Palma, 2019)

A continuación, se muestran el efecto de la concentración del cianuro en el Au y la Ag figura 12:

*Figura 12**Curva típica de Disolución del Oro y la Plata*

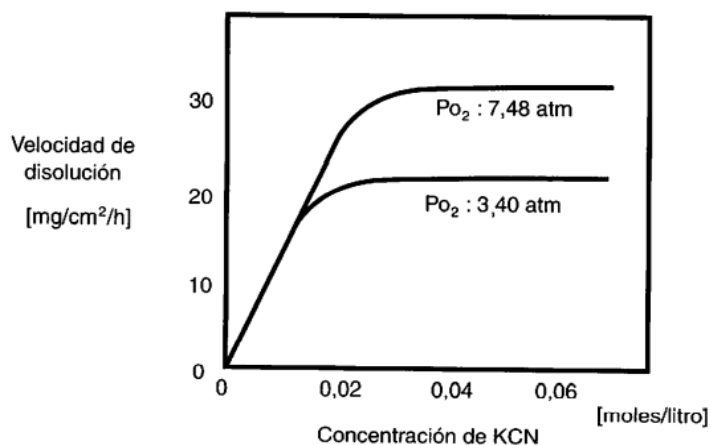
Nota: DOMIC, 2001, pág. 201, Hidrometalurgia Fundamentos, procesos y aplicaciones

El autor refiere en base a experimentos que la velocidad de reacción es directamente proporcional a la concentración del reactivo. Adicionalmente se planteó que la disolución del oro en soluciones cianuradas es similar a un proceso de corrosión de metales, en el cual el oxígeno disuelto en la solución es reducido a peróxido de hidrogeno e iones de hidroxilo mostrados en la siguiente ecuación (Ec. 17):



Donde efectivamente representa la reducción catódica de oxígeno en la superficie del metal, es decir se trataría de una reacción de tipo electroquímico. (DOMIC, 2001)

El misterio de por qué el oro se emulsionaba de modo prácticamente igual en una solución concentrada o diluida de NaCN o de KCN se muestra a continuación el estudio de la dilucion usando presiones parciales de oxígeno, resultando una serie de curvas que se ilustran en la figura 13:

Figura 13**Curva típica de disolución del oro a 25°C**

Nota: G.A. Deitz y J.M. Halpern, 1953 Some aspects of the physical chemistry of hydrometallurgy

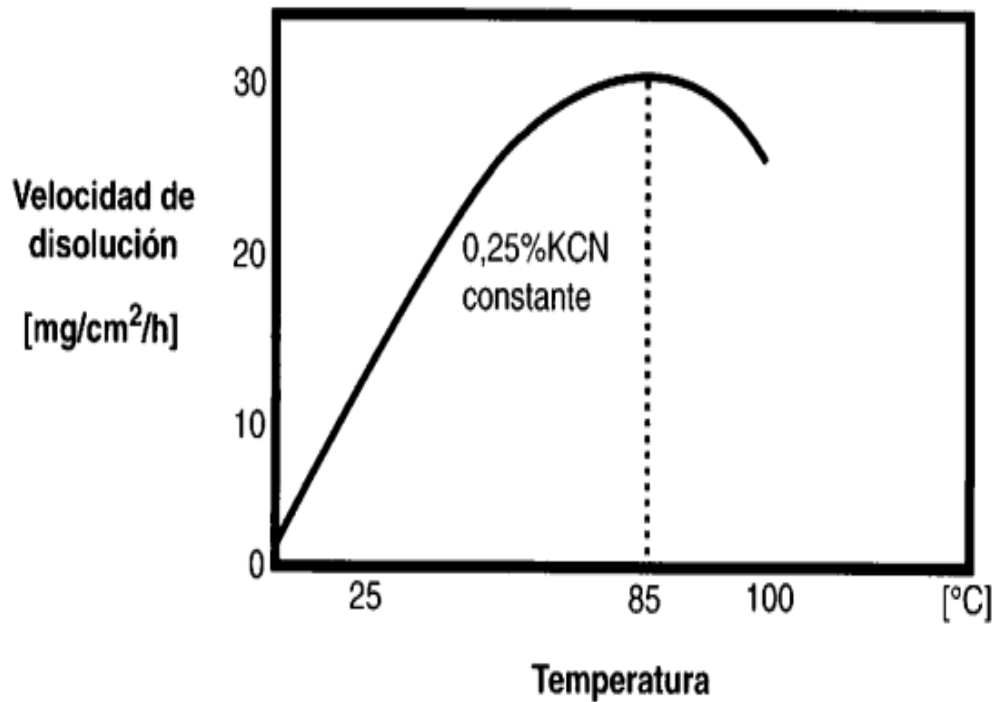
En tanto; otros autores como G.A. Deitz y J.M. Halpern 1953, como se citó en DOMIC (2001, pag. 203), mencionan que “los resultados dieron conclusiones que, a concentraciones bajas de cianuro, el efecto de una mayor presión de oxígeno no tuvo impacto sobre la velocidad de disolución, sea del oro o de la plata, mientras que, a concentraciones de cianuro mayores, la presión parcial del oxígeno tuvo contundencia en la disolución del metal valioso. Por consiguiente, la relación entre las concentraciones de cianuro y el oxígeno disponible es indispensable ya que controla combinadamente la velocidad de reacción óptima.”

La concentración de cianuro CN^- es beneficiosa en bajas dosis, ya que a concentraciones más altas de cianuro se promueve la producción del ácido cianhídrico, que no disuelve ni oro ni plata, y es ambientalmente de extremo peligroso por ser un gas venenoso muy activo (cámara de gases). La velocidad de disolución es afectada por el oxígeno apenas se incrementa la cantidad de cianuro disponible. La temperatura tiene un efecto favorable hasta los 85°C, más

allá empieza a disminuir la solubilidad del oxígeno y la velocidad de disolución decrece como se aprecia en la figura 14 (DOMIC, 2001, pag.203):

Figura 14

Curva de Velocidad de disolución del oro en función de la temperatura de CN- constante

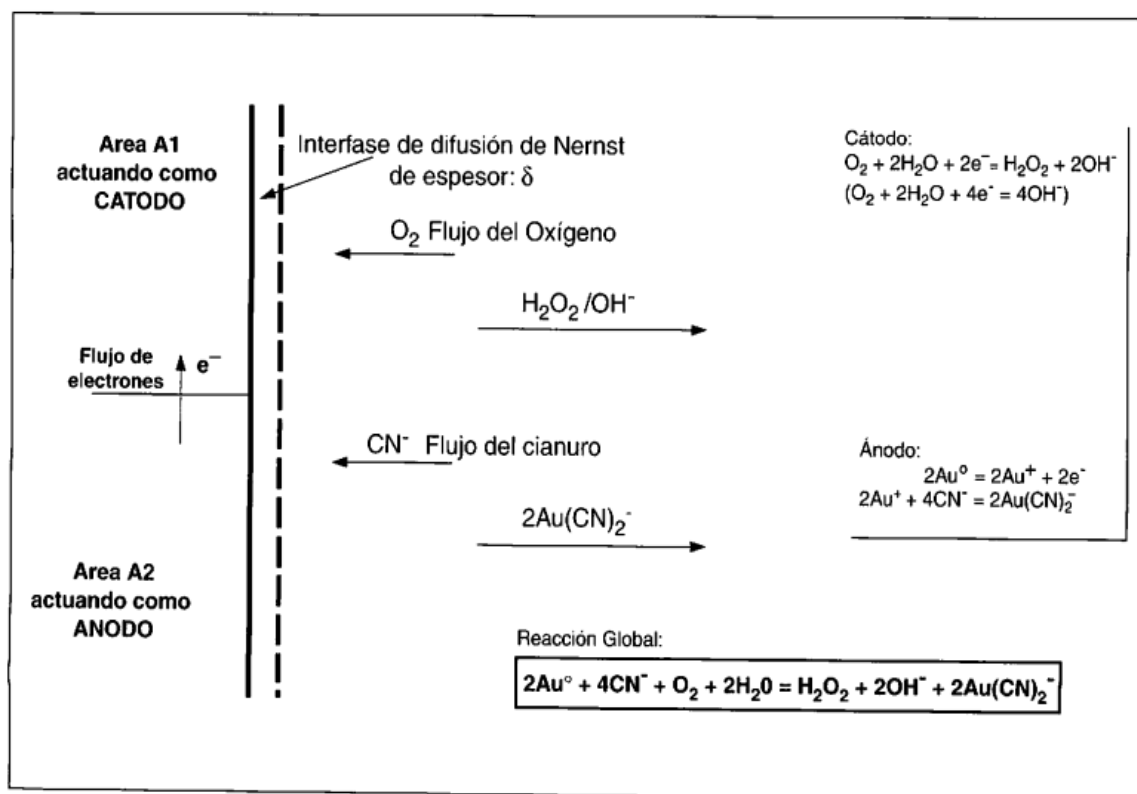


Nota: (DOMIC, 2001) Hidrometalurgia Fundamentos, procesos y aplicaciones

“Este mecanismo de disolución de basado en la influencia mutua de las concentraciones del cianuro y el oxígeno, resulta típico de un proceso de corrosión electroquímica. Así, el área del oro se puede dividir, para mostrar esquemáticamente el comportamiento anódico y catódico respectivamente en la figura 15” (DOMIC, 2001, pag. 204):

Figura 15

Diagrama esquemático del proceso de disolución del oro mostrado como una corrosión electroquímica



Nota: (DOMIC, 2001, pag. 205), Hidrometalurgia Fundamentos, procesos y aplicaciones

2.2.16.2 Mecanismo cinético de la cianuración del Oro

A través de los diagramas estudiados anteriormente, la termodinámica indica la probabilidad de reacciones de disolución de oro y la dirección y extensión de su ocurrencia, pero no indica la velocidad a la que ocurren hasta que se alcanza el equilibrio. Este aspecto o limitación es importante para los metalúrgicos que necesitan recuperar hasta metales preciosos al costo más bajo.

“En un proceso hidrometalúrgico, cuando las partículas sólidas reaccionan con el reactivo líquido circundante, a menudo se consideran dos modelos ideales. Eso es:

- Modelo del núcleo sin reaccionar o núcleo recesivo.

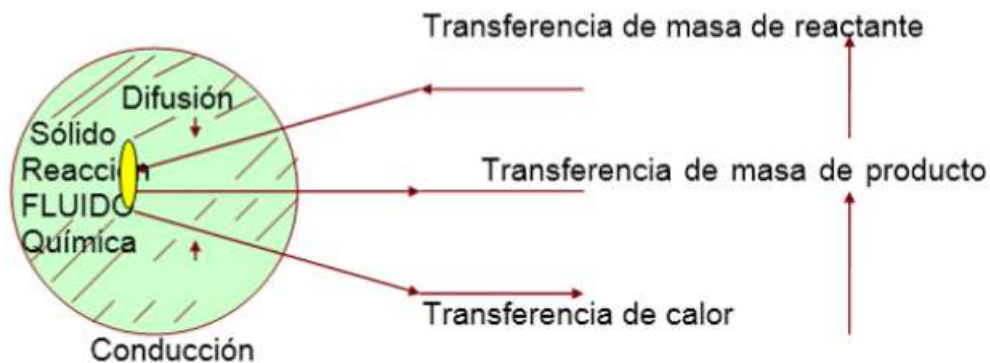
- Modelo de conversión progresiva, volumétrico o de reacción generalizada.

El primer modelo fue desarrollado en 1995 por Yagi y Kunii, considerando que los productos son solubles, el mecanismo de reacción entre la partícula sólida de oro y la solución de cianuro involucra cinco etapas principales y estas se mencionan a continuación” (TECSUP AREQUIPA, 2019, pag. 114):

1. Reacción en la superficie de la partícula sólida por difusión y transporte de moléculas.
2. Superficie de la partícula presenta adsorción.
3. Reacción en la superficie de la partícula.
4. Superficie reaccionante en desorción de los productos.
5. Difusión de los productos solubles formados a través de la capa de película hacia el seno del fluido.

Figura 16

Diagrama esquemático del proceso de una reacción global



Nota: (TECSUP AREQUIPA, 2019, pag.114)

En tal sentido cuando el oro se tiende a transferir a la solución, el mecanismo de reacción entre el oro sólido (oro nativo) y la solución lixivante involucra 6 etapas esenciales descritas a continuación: (TECSUP AREQUIPA, 2019, pag.115)

- 1) Absorción o disolución del oxígeno en la solución.

- 2) Interfase solido-liquido presenta transporte de cianuro y oxígeno.
- 3) Superficie sólida presenta adsorción de los reactantes CN^- y O_2
- 4) El carácter electroquímico presenta reacción de disolución.
- 5) Desorción de los complejos solubles de oro-cianuro y otros productos de reacción desde la fase sólida.
- 6) La solución presenta una zona de reacción con transporte de productos de sorbidos.

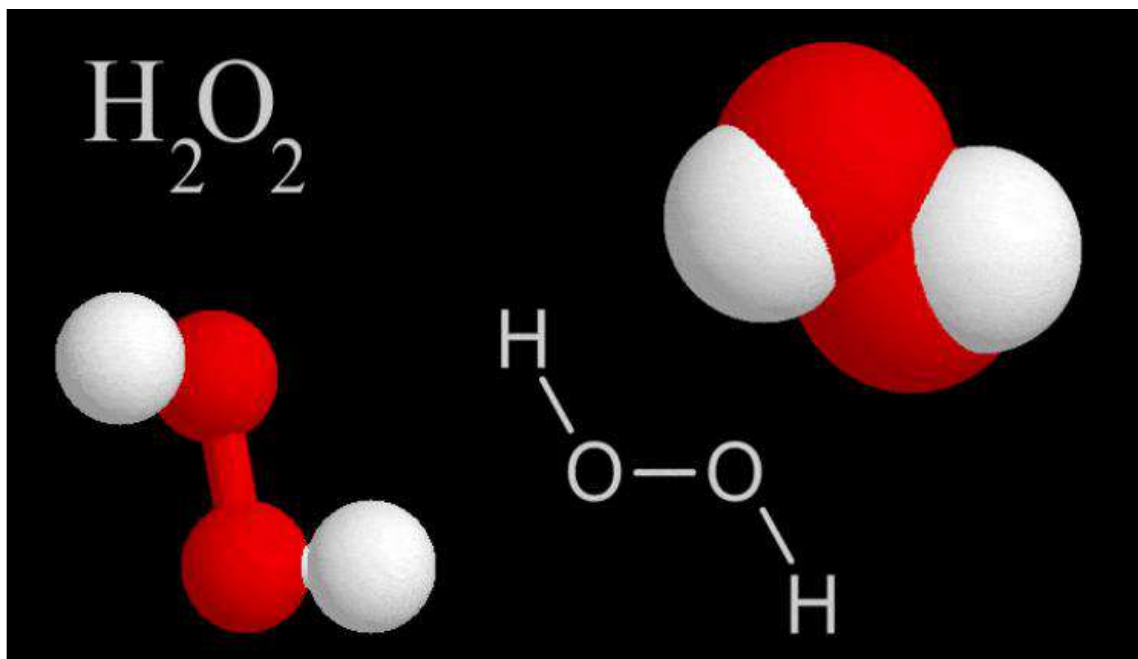
2.2.16.3 Síntesis del Proceso de Cianuración

Según DOMIC, 2001, pag. 213, en cuanto a lo observado teóricamente líneas arriba se puede mencionar lo siguiente:

- La interfase solida – liquido tiende a presentar una velocidad de disolución del oro involucra reacciones heterogéneas
- El carácter electroquímico es presentado con reacciones en la superficie.
- En la superficie del oro la cinética puede ser controlada tanto por la concentración del cianuro y del oxígeno.
- La relación del oxígeno frente al cianuro llega a ser importante en el proceso de disolución por ser controlado por la difusión.

2.2.17 Peróxido de Hidrogeno

Según indica Palmer, 1966, como se menciona en ARMINTA & VARGAS, 2022, pag. 67, el compuesto químico del peróxido de hidrogeno (H_2O_2) que tiene las cualidades de un líquido muy polar, firmemente ligado al hidrógeno como el agua, y por lo general parece un líquido un poco más viscoso”. A temperatura ambiente el peróxido logra propiedades desagradables para su manipulación.

*Figura 17**Estructura molecular del Peróxido de Hidrogeno*

Nota: <https://elblogverde.com/usos-del-peróxido-de-hidrogeno-o-agua-oxigenada/>

2.2.17.1 Peróxido de Hidrogeno en la Lixiviación de Minerales de Oro y Plata

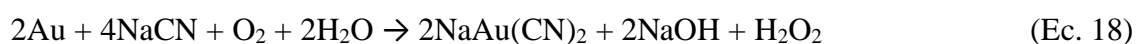
Al lixiviar minerales de oro, puede ser completamente útil complementar durante la percolación de las pilas una cantidad de oxígeno disuelto en la solución de lixiviación. La lixiviación de minerales de oro y plata dependerá de la ubicación geográfica a la cual se encuentre el yacimiento o altitud del mismo sobre el nivel del mar donde es llevado el procedimiento, ya que la dosificación de peróxido de hidrogeno o peróxido de calcio mantendrán un cambio en las cantidades de adición. Estos llegan a sufrir un cambio durante la percolación, liberando el exceso de oxígeno necesario para disolver el metal. La principal ventaja que se puede obtener al agregar oxígeno en la cianuración es una mayor productividad, además es posible obtener oro dependiendo del tipo de mineral.

Algunas ventajas que pueden obtenerse con la dosificación de peróxido de hidrógeno o de calcio son” (PEROXIDOS, s.f.):

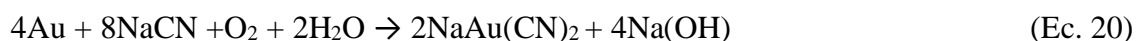
- La lixiviación bajo el efecto de bajas temperaturas con la oxidación extra produce un sostenimiento de altas tasas de reacción.
- Aumento en la altura de la pila de lixiviación para el sostenimiento de altas tasas de disolución de oro en las capas inferiores de las pilas.
- El consumo de ahorro de agua, consumo de cianuro y gastos de descarga en agua de proceso tendrán limitaciones con el volumen de solución de cianuración en el circuito de lixiviación.
- Por último, la evolución de la concentración de oro en la solución rica.

2.2.17.2 Teoría del Peróxido de Hidrogeno

El mecanismo de disolución del oro y la plata, según Bodlander, 1896, como se citó en TECSUP AREQUIPA, (2019, pag. 112); mencionan las siguientes reacciones que se llevan en 2 etapas:



Donde la suma de las ecuaciones 18 y 19 dan como resultado la Ec. 20 descrita a continuación:



Dándose a entender que el peróxido de hidrogeno se forma como producto intermedio, donde Bodlander pudo calcular que se formó un 70% de la cantidad teórica de H_2O_2 , que debería formarse de acuerdo a su reacción.

En muchos de los experimentos realizados por Bohlander indica que el haberse mostrado la disolución del oro y la plata con NaCN y H_2O_2 en ausencia de oxígeno es un proceso lento, por tanto, la segunda reacción de Bodlander viene hacer representada por la (Ec. 21):



La cual es una reacción de reducción, por tanto, se muestra la (Ec. 22)



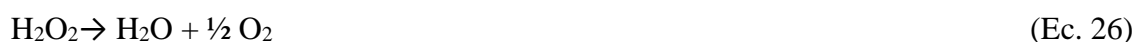
Por tanto la disolución de oro se inhibe si hay gran cantidad de H_2O_2 , debido a la oxidación del cianuro o cianato. El ion cianato no tiene acción disolvente sobre el oro dando su representación en la (Ec. 23).



Según menciona (UCEDA, 2016, pag.62); el peróxido de hidrogeno se obtiene mediante la electrolisis de una solución concentrada de ácido sulfúrico frio presentadas a continuación:



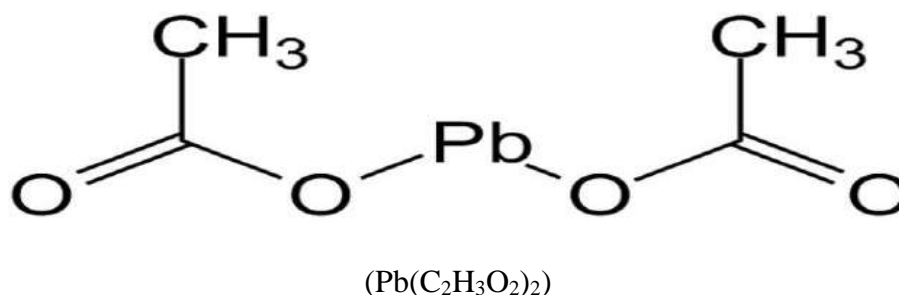
El mencionado producto comercial se obtiene por destilación y contiene aproximadamente 30% de H_2O_2 en la solución acuosa. El peróxido de hidrogeno se descompone fácilmente para liberar oxígeno:



2.2.18 Acetato de Plomo

El acetato de plomo es un compuesto químico cristalino de color blanco formado por un ion plomo (Pb^{2+}), el cual es obtenido a partir del litargirio (óxido de plomo) con ácido acético (dos iones acetato (CH_3COO^-)). Al igual que otros compuestos plumbeos, es una sustancia muy toxica si no se toman las medidas de seguridad correctas, es muy soluble en agua y glicerina. (GLORIA CALCANEIO, s.f.)

El acetato de plomo posee una estructura que se muestra en la figura a continuación:

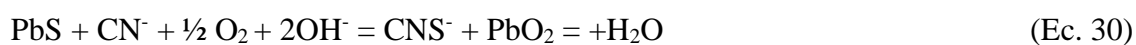
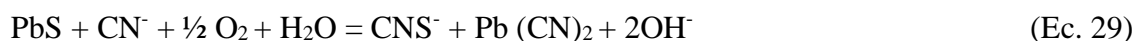
Figura 18**Acetato de Plomo**

Nota: Michal Soblowski

Por otra parte, otros autores como Márchese García, 2003, como se citó en MORALES, (2016, pag.28) indican que según experimentación, la pirita en contacto con el agua y en presencia del oxígeno del aire se oxida resultando sales acidas (sulfatos, sulfitos, tiosulfitos) que disminuyen el pH de la solución. La sal de plomo se usa como una opción para contrarrestar el efecto negativo de los sulfuros de hierro y acelerar en cierta forma la disolución de oro y/o platas presentes, existiendo una ventaja de disminuir también el consumo de reactivos.

2.2.18.1 Funciones de las Sales de Plomo

“Los diversos compuestos de Pb formados como hidróxido, cianuro, plumbitos, etc, son ligeramente solubles en soluciones alcalinas de cianuro permitiendo adicionalmente precipitar más sulfuros y descomponerse en tioarsenitos. Las soluciones de lixiviación quedan finalmente exentas de compuestos nocivos de As y Sb como se describirán a continuación:



Las sales de plomo (nitrato, acetatos) realizan funciones como agentes aceleradores: precipitar a los sulfuros solubles, y descomponer tioarsenitos o tioantimoniuros; en tal sentido el sulfuro de Pb al ser precipitado es posteriormente oxidado a tiocianato (sulfuroarseniuro).” (ROBERTO, F., & LUIS, 2019)

Según menciona Julio, 2003, las soluciones de sales de plomo en reacción con el Zinc, reaccionan, desplazando el zinc al plomo y formando el sulfato de plomo II, compuesto en forma esponjosa ramificada y que se conoce como árbol de saturno, esto sucede porque el plomo tiene una disolución de tensión menor que el zinc.

Para Tecsup Arequipa, pág. 79, 2019, indican que las sales de plomo tienen una variedad de aplicaciones y funciones en diferentes campos debido a sus propiedades químicas específicas. Teniéndose en cuenta la industria de la minería y metalurgia, el tratamiento de minerales, En la extracción de metales preciosos como la plata, las sales de plomo, como el acetato de plomo, se utilizan para precipitar metales no deseados y mejorar la recuperación del metal deseado.

CAPITULO III

HIPOTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis y Variables

3.1.1 Hipótesis General

Al adicionar Peróxido de Hidrógeno y Acetato de Plomo se tendrá mejores porcentajes de extracciones de Au en las pruebas de cianuración por agitación de mineral sulfurado a nivel laboratorio.

3.1.2 Hipótesis Especificas

- Al adicionar Peróxido de Hidrógeno el nivel de oxígeno aumentará el cual será favorable para el proceso, el acetato de plomo pasará a elementos presentes en el mineral consumidores de Cianuro de sodio.
- Al adicionar el acetato de plomo pasará a elementos presentes en el mineral consumidores de Cianuro de sodio.
- Las variables son directamente influyentes en el proceso de extracción de oro en la cola de relave de la U.M.U. Cori Puno.

3.2 Identificación de Variables e Indicadores

3.2.1 Variables Independientes

- Concentración de NaCN.
- Concentración de Peróxido de Hidrógeno
- Concentración de Acetato de Plomo.

3.2.2 Variables Dependientes

- Porcentaje de extracción de Au

3.2.3 Variables Intervinientes

- Altitud del yacimiento

3.3 Operacionalización de variables

Tabla 5 Operacionalización de variables.

Variable		Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Unidades
Variable Dependiente	Extracción de oro	Es la cantidad de oro expresada en porcentaje, extraído del mineral mediante el proceso de lixiviación por agitación.	El porcentaje de extracción de oro se obtiene de la solución lixivante teniendo en cuenta las variables concentración de reactivos.	0% a 90%	*porcentaje	%
Variable Independiente	Concentración de NaCN	Es un agente lixivante que actúa en partículas metálicas para disolverlas.	Determinación de la cantidad de reactivo en peso añadido en pulpa	750-1000 ppm	Partes de Millón	ppm
	Concentración de Peróxido de Hidrogeno	Cantidad de reactivo líquido que se encuentra disuelto en una cantidad dada de solución.	Determinar la cantidad de Peróxido de Hidrógeno para una cantidad de solución.	1-1.5	Mililitro	mL
	Concentración de Acetato de Plomo	Cantidad de reactivo en peso que se encuentra disuelto en una cantidad dada de solución.	Determinar la cantidad de Acetato de Plomo para una cantidad de solución	2.5-3	Mililitro	mL

Nota: Elaboración Propia

CAPITULO IV

METODOLOGIA

4.1 Ámbito de Estudio

El reciente estudio se realizó en la empresa Cori Puno S.A.C descrito en el capítulo 1.

4.1.1 Información de la Empresa

- Razón Social : CORI PUNO S.A.C.
- RUC : 20406339361
- Condición : Activo
- Coordenadas UTM :0457.164 Este, 8'387.470 Norte
- Altitud :4900 msnm
- Ubicación : Se ubica a 192km al noreste de Juliaca (Quiaca-Sandia-Puno)

4.2 Diseño de Investigación

En este proyecto de investigación tecnológica el diseño es experimental con el propósito de cumplir el objetivo del estudio sometiendo las hipótesis a pruebas experimentales donde se manipularon las variables independientes para dar medición a la variable dependiente. Dichos experimentos tuvieron como finalidad cuantificar e identificar una información objetiva y veraz en base a las pruebas, para brindar una interpretación al problema planteado en el presente trabajo.

Según la investigación e interpretación a desarrollar tuvo un diseño factorial de 2^k con 3 puntos centrales adecuados para este proyecto mencionado en SAMPIERI & TORRES, 2018, pag. 173:

$$\text{Numero de pruebas} = 2^3 + 3 = 11$$

El diseño factorial indica 2 niveles (nivel mínimo y nivel máximo) donde se optarán por 3 variables independientes el cual nos dio una variable solución que representa a la variable dependiente del cuadro de operacionalización de variables.

Tabla 6

Plan de pruebas experimentales mediante el diseño factorial 2^3 con puntos centrales

N°	X ₁	X ₁	X ₁	Y
1	-	-	-	Y ₁
2	+	-	-	Y ₂
3	-	+	-	Y ₃
4	+	+	-	Y ₄
5	-	-	+	Y ₅
6	+	-	+	Y ₆
7	-	+	+	Y ₇
8	+	+	+	Y ₈
9	0	0	0	Y ₉
10	0	0	0	Y ₁₀
11	0	0	0	Y ₁₁

Nota: Elaboración Propia

4.2.1 Tipo de Investigación

La metodología que se efectuó para la evaluación de extracción del oro fue del tipo experimental con enfoque cuantitativo, debido a que se buscará conseguir los resultados propuestos a través de la operación de variables mediante pruebas experimentales, donde se producirá un efecto determinado(Causa) X hacia (efecto) Y, a consecuencias de realizar la manipulación de variables en condiciones controladas dando lugar a fenómenos concretos y observando el grado en el que una o más variable(es) son implicadas o manipuladas.. También

se aplicará los conocimientos teóricos, prácticos y se basará en experiencias profesionales de los estudios realizados para poder alcanzar una mejor extracción del Au.

4.2.2 Criterio de Investigación

-Análisis y síntesis. -Mediante este método se recolectaron datos bibliográficos para comprender y entender el problema planteado, así como la esencia y naturaleza de sus partes, para posteriormente sintetizar e integrar el material a analizar.

-Inducción y Deducción. – Comenzado esta etapa se pudo concluir la investigación hecha, partiendo de datos y antecedentes obtenidos, en esta ocasión se torno en el comportamiento del mineral de Cori Puno.

-Método estadístico. – Los resultados obtenidos en esta etapa fue una congregación de toma de datos provenientes de muestras que se realizaron, las variables que se tomaron y el posterior análisis mediante diagramas y graficos.

-Diseño experimental. – El proceso del experimento se llevó bajo un cronograma elaborado y plasmado de acuerdo a la disponibilidad del laboratorio, insumos y personal ejecutante.

4.2.3 Nivel de Investigación

Según Hernández Sampieri 7ma Ed. (2018) el alcance de la investigación es cuantitativo “Correlacional” por las siguientes razones:

- **Correlacional** porque tiene la finalidad de conocer la relación o grado de asociación que existe entre 2 o más variables dentro de las pruebas a realizarse. Pag (109).

4.3 Población de Estudio

La materia prima (Relave) utilizada durante las pruebas experimentales correspondientes, fue obtenido de la fase final del circuito de flotación en la unidad minera Untuca Cori Puno.

4.3.1 Tamaño de Muestra

Se utilizo una muestra representativa de 20Kgr de mineral para las pruebas de desarrollo a nivel laboratorio correspondientes.

4.3.2 Técnicas e instrumentos de recolección de información o datos

- **Técnicas**

- ✓ Recolección de información teórica y revistas de investigación.
- ✓ Pruebas experimentales de laboratorio
- ✓ Aprobación de tratamiento de información y procesamiento de datos de la unidad minera Cori-Puno.

- **Instrumentos**

Se utilizo los siguientes equipos e insumos:

Tabla 7

Descripción de equipos y materiales.

EQUIPOS	materiales
Estufa de secado marca Vymsa	Vaso Precipitado de 2.5 L pyrex
	Probetas Pyrex de 1 L y 500 mL pyrex
Molino de bolas de laboratorio para capacidad de 1Kg de mineral, marca MyC ingenieros.	Pipeta de 1; 2; y 5 mL Pyrex
	Bureta de 50 mL pyrex
	tubo de ensayo de 20 mL pyrex
Rotap marca WS Tyler	Jeringas de 10 y 20 mL
Agitador eléctrico- mecánico marca Stir-Pak	Papel filtro marca ANOIA
Cronometro digital marca Casio	Lona de 2500 cm ³
pH metro marca Metler Toledo	Blade plástico de 20 L REY
Materiales e Insumos	
Cianuro de sodio	
Peróxido de Hidrogeno 50%	
Acetato de Plomo 10%	
Hidróxido de sodio	

Nota: Elaboración propia.

CAPITULO V

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

5.1 Muestreo

La etapa del muestreo ha tenido lugar en el circuito final de la planta concentradora dentro de la Unidad Minera Untuca Cori Puno, se ha realizado el muestreo directo a el flujo de pulpa que termina en el depósito (cajón de relave) con un cortador del tipo cucharon con capacidad de 500 mL de volumen, se realizó cuatro cortes cada hora dentro de una guardia de trabajo de 12 horas, se obtuvo un composito de todo el muestreo efectuado al flujo de pulpa del relave final.

El corte de pulpa a el flujo del relave final se ha efectuado de manera transversal a su caída con el muestreador de tipo cucharon, la operación se ha realizado con bastante cautela en la velocidad de corte ya que podía rebosar partícula del recipiente y obtener un mal muestreo del relave.

Culminando el muestreo del relave final se desarrolló el análisis granulométrico para obtener su porcentaje retenido y pasante en una malla #200 Tyler, la técnica empleada fue malla de control el cual emplea toma de densidades que se desarrolla paginas adelante en este trabajo, la siguiente foto muestra el lugar exacto donde se desarrolló el muestreo del relave final.

Fotografía 3

Punto de muestreo de la pulpa del relave final



Nota: Elaboración Propia.

5.1.1 Equipos y Herramientas utilizados en el muestreo

- Muestreador tipo cucharón
- Balde 20 L
- Balanza marcy
- Envase de medición 1 L
- Cortador de pulpa 500 mL

5.1.2 Preparación de muestras Representativas

Posterior al muestreo del material para realizar las pruebas metalúrgicas a nivel de laboratorio, se desarrolló etapas como decantación del agua, vaciado de muestra a bandejas para su secado, preparación mecánica de la muestra, curva de moliendabilidad y culminando con una remolienda para dar paso a la cianuración.

5.1.3 Medición de la densidad uno y determinación de la densidad dos

A sido necesario identificar el estado del tamaño de partícula pasante y retenido en la malla #200 Tyler, para ello se ha tomado densidad uno, el cual se deslamó la muestra en la malla #200 Tyler y se retornó al recipiente cilíndrico enrasándose con agua para dar lectura en la balanza marcy y obtener una densidad dos, mediante un cálculo se obtuvo que el mineral del relave final se encuentra en 76.19% pasante malla #200 Tyler como se observa en la figura 25:

Fotografía 4

Lectura de la densidad de pulpa



Nota: Elaboración Propia

5.1.4 Calculo de porcentaje pasante y retenido #200 Tyler malla con toma de densidades

Para determinar el porcentaje de malla retenido y pasante #200 Tyler se realizó el calculo dado de la siguiente manera:

$$P_1 = 1210 \text{ g/L}$$

$$P_2 = 1050 \text{ g/L}$$

Donde: P_1 es la densidad muestreada de la cola del circuito de flotación

P_2 es la muestra deslamada en la malla #200 Tyler con chorros de agua de la densidad1.

Se hizo el uso de la siguiente ecuación para hallar el porcentaje retenido en la malla#200 Tyler según mención:

$$\%Retenido(+200) = \frac{p2-1000}{p1-1000} * 100 \quad (\text{Ec. 31})$$

Seguidamente se calculó el porcentaje pasante de la malla #200 Ty.

$$\%Pasante(-200) = 100\% - \%Retenido(+200) \quad (\text{Ec. 32})$$

Remplazando los datos en las ecuaciones se obtiene que:

$$\%Retenido(+200) = \frac{1050 - 1000}{1210 - 1000} * 100\%$$

$$\%Retenido(+200) = 23.809\%$$

El porcentaje Pasante será la diferencia del 100%

$$\%Pasante(-200) = 100\% - 23.809\%$$

$$\%Pasante(-200) = 76.19\%$$

Teniendo en cuenta la muestra obtenida durante un turno (composito) se descargó en bandejas de capacidad de 5kg, la temperatura del horno eléctrico estuvo programada hasta alcanzar los 105°C, ya que se tenía que tener cuidado con el azufre, este tiene un punto de fusión de 112.8°C (NTP 17025). La muestra se mantuvo durante 8hrs en el horno por estándar y procedimientos escrito de trabajo seguro según Laboratorio Metalúrgico Cori Puno.

5.1.5 Remolienda para obtener un grado de liberación del 90% pasante malla #200

Transcurrido un tiempo estimado, la muestra se recogió del horno eléctrico obteniendo un total de 20kg de muestra ya en seco, donde se preparó y homogenizó; como se sabe las condiciones para realizar una cianuración por agitación se debió cumplir ciertos requisitos como es la liberación de la partícula a más de 80% pasante a malla #200 tyler, procediéndose a realizar una curva de moliendabilidad para el mineral que se encuentra con un grado de

liberación de 76.19% pasante a malla #200 Tyler posterior a ello se empleó Excel(solver) donde se determinó que para obtener un grado de liberación del 90% pasante a malla #200 Ty tuvo que darse una molienda en un tiempo de 15min, para ello se homogenizo, cuarteo y pesado de la muestra para llevarlas al molino de capacidad de 1kg.

Fotografía 5

Representación gráfica del cuarteo



Nota: Elaboración Propia

5.2 Análisis Mineralógico

Los ensayos preliminares se realizaron de acuerdo al siguiente orden:

- a) Ensayo del relave por microscopía óptica
- b) La difracción de rayos X para el relave.
- c) Se realizó un estudio por microscopía óptica de barrido para el relave.

Dichos ensayos fueron elaborados por el laboratorio de caracterización BIZA lab, cuyos resultados se muestran a continuación:

a) Ensayo del relave por Microscopía Óptica

En las tablas del 8 al 10 se presenta la composición mineralógica global, donde se muestra la descripción de texturas a partir de la tabla de minerales libres y asociados realizados para cada tipo de Inter crecimiento detectado. Los porcentajes estimados, se determinaron sobre la

base de la distribución observada en la sección de estudio. La muestra del relave final presenta principalmente en su mineralogía metálica rutilo, que se encuentra liberada y asociada con gangas. En menor proporción se observa pirita, pirrotita, ilmenita, arsenopirita y esfalerita. Se ha detectado oro nativo incluido en gangas. Desde un punto de vista de composición mineralógico global, la muestra representa principalmente rutilo, siendo el mineral más frecuente en la muestra (Tabla 8).

Tabla 8

Composición mineralógica Untuca - Cori Puno

Simbología	Formula química	Composición mineralógica global	Porcentajes%
GGS	Composición variada	Gangas	95.63
rt	TiO ₂	Rutilo	1.18
py	FeS ₂	Pirita	0.69
po	Fe _{1-x} S _x	Pirrotita	Traza
il	FeTiO ₃	Ilmenita	Traza
apy	FeAsS	Arsenopirita	Traza
ef	Zn ₂ FeS	Esfalerita	Traza
hm	Fe ₂ O ₃	Hematita	Traza
goe	FeO.OH	Goethita	Traza
Au	Au	Oro nativo	traza
		TOTAL	100.00

Nota: Informe de laboratorio Cori Puno S.A.C. 2022

Tabla 09**Minerales Inter crecidos**

Minerales Mixtos	(%)	Descripción de texturas de Inter crecimientos
GGs-il	0.7	ilmenita incluida en gangas; también, asociada lateralmente
GGs-py	0.5	pirita diseminada en gangas, también, asociada lateralmente
GGs-rt	traza	rutilo incluido en gangas
Ef-py	traza	pirita incluida en esfalerita; también, asociada lateralmente
GGs-po	traza	pirrotita incluida en gangas
Rt-py	traza	asociación lateral
Py-po	traza	asociación lateral
GGs-hm	traza	hematita incluida en gangas
Po-apy	traza	asociación lateral
Po-goe	traza	asociación lateral
Apy-py	traza	asociación lateral
Il-rt	traza	asociación lateral
GGs-Au	traza	Oro nativo incluido en ganga
Py-hm	traza	asociación lateral
Total	100	

Nota: BIZA LAB S.A.C

Por consiguiente, se representan las fotomicrográficas más representativas sobre lo observado en la sección en estudio:

La Figura 19 hace vista en la mínima magnificación de la muestra Relave final. Es posible apreciar que el principal mineral no metálico o ganga (GGs) es de lo que más está integrado en la muestra.

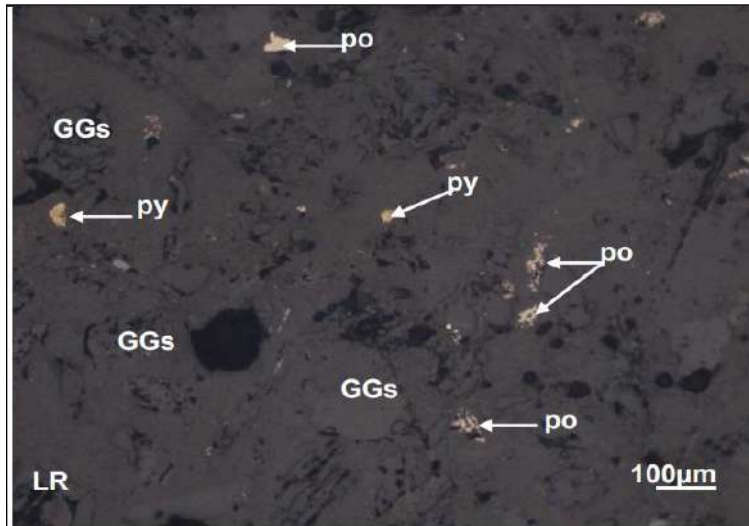
Figura 19**Microscopia Óptica. Mineral no metálico o ganga (GGs)**

Nota: BIZA LAB S.A.C., 2022

La figura 20 hace vista en 100x de la muestra de Relave final. Es posible observar partículas de minerales metálicos de pirrotita (po) y pirita (py).

Figura 20

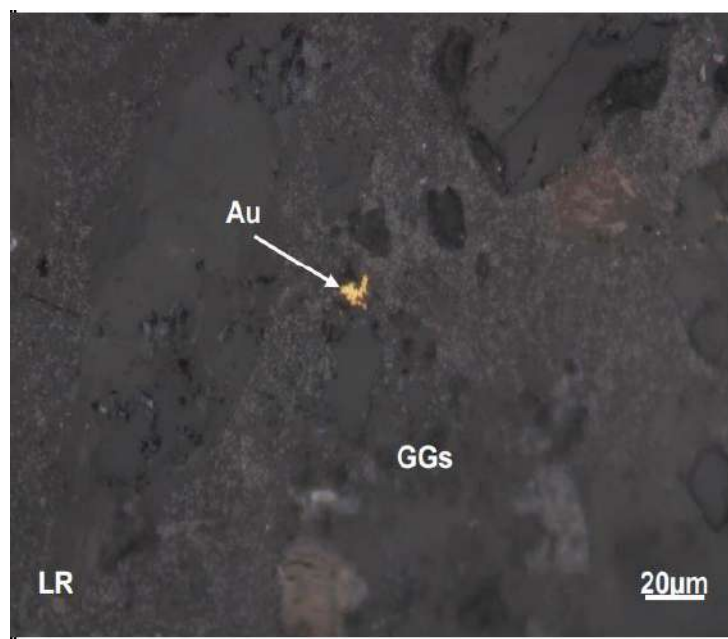
Microscopia Óptica. Vista de 100x de la muestra de relave final Pirrotita y Pirita.



Nota: BIZA LAB S.A.C., 2022

Figura 21

Microscopia Óptica. Oro Nativo (Au) incluido en la ganga (GGs).



Nota: BIZA LAB S.A.C., 2022

b) Análisis mineralógico del relave por difracción de rayos X

Tabla 10

Mineral que se encuentra con mayor grado de certeza

Nombre del mineral	Formula general	Resultado aproximado (%)
Cuarzo	SiO ₂	48
Mica(Muscovita)	KAl ₂ (Si ₃ Al) O ₁₀ (OH, F) ₂	33
Clorita(CINOCOLORO)	(Mg, Fe) ₅ Al(Si ₃ Al) O ₁₀ (OH) ₈	6
Plagioclasa(OLIGOLCLASA)	(Ca, Na) (Al, Si) ₄ O ₈	3
Mica(BIOTITA)	K (Mg, Fe) ₃ [AlSi ₃ O ₁₀ (OH, F) ₂]	3
Andalusita	Al ₂ SiO ₅	2
Turmalina(DRAVITA)	NaMg ₃ Al ₆ (BO ₃) ₃ Si ₆ O ₁₈ (OH) ₄	< L. D.
Rutilo	TiO ₂	< L. D.

Nota: BIZALAB S.A.C, 2022.

c) Estudio por microscopia electrónica de barrido del relave

Tabla 11

Distribución elemental de los minerales.

minerales	composición química (%)						Total
	Fe	Si	Au	Ag	O	S	
Pirita	47.45					52.55	100
pirrotita	62.63					37.37	100
Oro nativo			98.66	1.34			100
Cuarzo		46.27			53.73		100

Fuente: BIZA LAB S.A.C, 2022.

Se concluye la detección de oro nativo incluido en matriz de cuarzo mostrados en la figura 23 y tabla 11. Distribución elemental de los minerales portadores de plata identificados en la muestra “Relave Final”.

Así mismo se muestran algunas imágenes con las fases de los minerales analizados

Figura 22

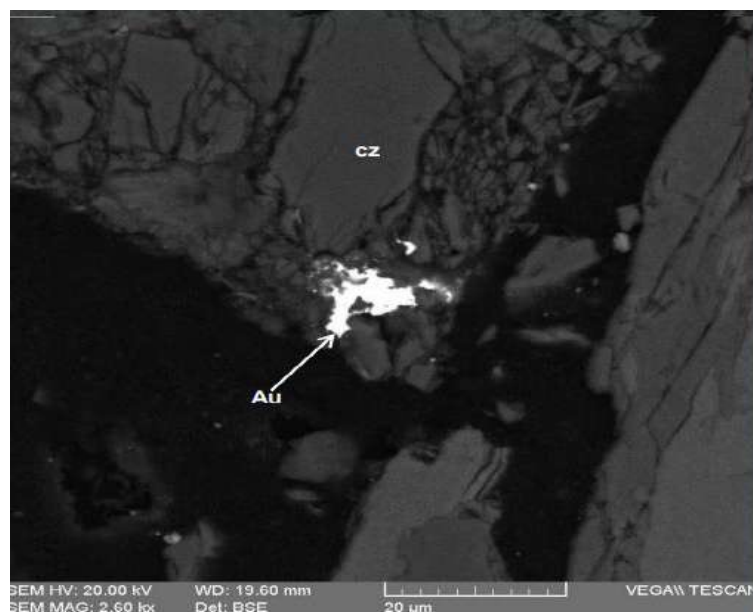
Oro Nativo a 2600x.



Nota: BIZA LAB S.A.C., 2022

Figura 23

Oro nativo incluido en ganga (GGs) identificado como cuarzo(cz)



Nota: BIZA LAB S.A.C., 2022

5.3 Análisis químico de la muestra

Se determino la ley del relave final (cabeza del proceso), el cual se envió al área de laboratorio químico, 2 muestras que fueron analizadas en cuanto a su contenido de Au de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 12 Análisis químico del relave final

Código Interno	Nombre de la muestra	Procedencia de la muestra	Descripción de la muestra	Ley de oro (gr Au/ton)
LM-22-5230	Cabeza de Relave final	Lab.Metalurgico	Falta pulverizar	0.57
LM-22-5231	Cabeza de Relave final	Lab.Metalurgico	Falta pulverizar	0.59

Nota: Elaboración Propia

Fotografía 6

Sobre que contiene relave final Planta Cori Puno.



Nota: Elaboración propia

El método de análisis que empleo el laboratorio químico dentro de las instalaciones de la unidad minera Cori Puno fue Fire Assay que consiste en fundir ala muestra empleando reactivos hasta obtener el oro representativo que tiene una ley de 0.58 grAu/ton.

5.3.1 Determinación de la gravedad especifica del mineral (Método de Fiola)

Se determinó la gravedad especifica del mineral para considerar así la densidad de pulpa, para esto se tomó 3 cantidades cada una de 40 gramos de la muestra del relave final, por consiguiente, se utilizó la siguiente ecuación el cual nos brindó un resultado adimensional:

$$G. E = \frac{P1}{(P3-P2)-(P4-P5)}$$

(Ec.33)

Donde:

P1: Peso del mineral

P2: Peso de la fiola

P3: Peso de la fiola +peso del agua

P4: Peso de la fiola +peso del mineral +peso del agua

P5: Peso de la fiola + peso del mineral

Por lo tanto, se obtuvo una G.E que sea la más exacta posible donde se desarrolló 3 pruebas, las cuales dan como resultado un promedio de 2.67

Cabe señalar que se ejecuta las pruebas para determinar la gravedad específica del mineral con una fiola de capacidad de 250 mL

Tabla 13**Desarrollo de pruebas para determinar la G.E. promedio**

	Prueba n°1 (gr)	Prueba n°2 (gr)	Prueba n°3 (gr)
P1	40	40	40
P2	88.8	91.1	89
P3	338.8	341.1	339
P4	363.8	366.1	364
P5	128.8	131.1	129
G. E	2.67	2.67	2.67

Nota: Elaboración propia

5.3.2 Lectura del pH de relave final

Para nuestras pruebas que se desarrollaron fue importante medir el pH del relave final, este se denominó como pH inicial en las pruebas metalúrgicas, se utilizó el pH metro Metler Toledo, dándonos como resultado un pH de 3.76.

Fotografía 7**pH metro Metler Toledo en instalaciones de Cori Puno**

Nota: Elaboración Propia

5.3.3 Cálculos, preparación y acondicionamiento de la muestra para realizar las pruebas

➤ Porcentaje de Sólidos

Para determinar el porcentaje de sólidos se hizo el cálculo con la siguiente ecuación:

$$\%S = \frac{\text{peso del mineral}}{\text{peso del mineral} + \text{peso del agua}} * 100 \quad (\text{Ec.34})$$

Reemplazando valores se obtuvo:

$$\%S = \frac{500}{500 + 1000} * 100$$

$$\%S = 33.33\%$$

➤ Densidad de pulpa

Se desarrollo el cálculo de la densidad de pulpa mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Densidad de pulpa} = \frac{100}{\frac{\%S}{G.E} + \frac{100 - \%S}{\text{densidad del agua}}} \quad (\text{Ec.35})$$

Reemplazando los datos obtenidos se obtiene lo siguiente:

$$\text{Densidad de pulpa} = \frac{100}{\frac{33.33}{2.67} + \frac{100 - 33.33}{1}}$$

$$\text{Densidad de pulpa} = 1260 \text{gr/lt}$$

- Estratégicamente para el desarrollo de nuestras pruebas metalúrgicas fue considerar el porcentaje de pureza de nuestro reactivo lixivante (cianuro de sodio), el cual se detalla a continuación:

Considerando que las pruebas a realizar tienen como fuerza de cianuro 750ppm y 1000ppm respectivamente se tuvo que:

Volumen: 1lt

Peso Molecular_{CN}=26gr/mol

Peso Molecular_{NaCN}=49gr/mol

Fuerza de cianuro=750ppm \equiv 0.75gr/lt

Fuerzo de cianuro=1000ppm \equiv 1gr/lt

Porcentaje de Pureza de Cianuro de sodio=98%

masa de cianuro de sodio

$$= \text{volumen} * \left[\text{concentracion} \frac{\text{gr}}{\text{Lt}} \right] \frac{\text{PM de molecula}}{\text{PM de ion}} * \% \text{de pureza}$$

$$\text{masaNaCN} = \text{volumen de agua} * \text{fuerza de CN libre} * \frac{\text{P.M de sal}}{\text{P.M de ion}} * \frac{1}{\% \text{pureza}}$$

(Ec.36)

Reemplazando datos se obtiene lo siguiente:

- Para una fuerza de Cianuro de 1000ppm la Masa será:

$$M_{\text{NaCN}} = 1\text{Lt} * \left[\frac{1\text{grCN}}{\text{Lt}} \right] \frac{49\text{grNaCN}}{26\text{grCN}} * \frac{1}{0.98}$$

$$M_{\text{NaCN}} = 1.92\text{grNaCN}$$

- Para una fuerza de Cianuro de 750ppm

$$M_{\text{NaCN}} = 1\text{Lt} * \left[\frac{0.75\text{grCN}}{\text{Lt}} \right] \frac{49\text{grNaCN}}{26\text{grCN}} * \frac{1}{0.98}$$

$$M_{\text{NaCN}} = 1.44\text{grNaCN}$$

- Para una fuerza de Cianuro de 875ppm

$$M_{\text{NaCN}} = 1\text{Lt} * \left[\frac{0.875\text{grCN}}{\text{Lt}} \right] \frac{49\text{grNaCN}}{26\text{grCN}} * \frac{1}{0.98}$$

$$M_{\text{NaCN}} = 1.68\text{grNaCN}$$

➤ Método y procedimiento para la titulación de las alícuotas.

El método por el cual se determinó el cianuro libre en la solución fue el método volumétrico que consiste en titular NaCN con Nitrato de plata (AgNO_3) a una concentración de 4.33%, Se utilizó este método para concentraciones de cianuro mayores de 5 mg/l (ppm) y en soluciones claras; el método es rápido y fácil. La técnica se basa en la reacción del nitrato de plata con el ión cianuro en solución alcalina para formar el complejo soluble descrito a continuación:

$\text{Ag}(\text{CN})_2^-$ según la reacción:



Determinación del factor de titulación a partir de la siguiente estequiometria:



$$FC = \frac{4.33 \text{ gr AgNO}_3}{1 \text{ Lt H}_2\text{O}} * \frac{1 \text{ mol AgNO}_3}{169.9 \text{ gr AgNO}_3} * \frac{2 \text{ mol NaCN}}{1 \text{ mol AgNO}_3} * \frac{49 \text{ gr NaCN}}{1 \text{ mol NaCN}}$$

$$FC = \frac{2.5 \text{ gr NaCN}}{1 \text{ Lt AgNO}_3} = \frac{0.0024 \text{ gr NaCN}}{\text{mLt AgNO}_3}$$

Fotografía 8

Representación gráfica del proceso de titulación del CN^- por AgNO_3



Nota: Elaboración propia

El indicador utilizado en el proceso de titulación fue el Yoduro de Potasio (KI)

5.3.4 Equipos, Materiales e insumos químicos para el desarrollo de las pruebas metalúrgicas

Los equipos, materiales e insumos utilizados durante la fase experimental fueron monitoreados por Supervisor y Jefatura del área de laboratorio metalúrgico en la unidad minera Untuca cori Puno, afirmando que la mayoría de los equipos cuenta con el certificado de calibración y validación utilizados en las pruebas metalúrgicas pertinentes para los ensayos practicados en la cianuración por agitación.

Por ende, se procederá a mostrar en la tabla 14 una descripción de los equipos, materiales e insumos químicos usados en la fase experimental:

Tabla 14

Equipos, materiales e insumos utilizados en las pruebas metalúrgicas

Equipos	Materiales	Insumos Químicos
-Agitator mecánico	-vaso precipitado	-Cianuro de sodio
	-pizeta	
	-micropipeta	-Soda Caustica
	-jeringa	
	-luna de reloj	-Peróxido de Hidrogeno
	-Balde	
-pH metro Metler Toledo	-tubo de ensayo	-Acetato de plomo
	-Fiola	
	-Gradilla	-Nitrato de plata
	-Embudo	
	-Bureta	-Yoduro de potasio
-Balanza Marci	- Gotero	

Nota: Elaboración Propia

5.3.5 Procedimiento para pruebas de cianuración en vaso precipitado de 2.5 Litros

1. Parámetros trabajados en cada prueba se presentan en la siguiente tabla número 15.

Tabla 15**Parámetros de cianuración**

Tiempo de Lixiviación	48 horas
pH natural	3.76
Peso de Mineral	500gr
Agua	1lt
NaCN	750; 1000; 875 ppm
Peróxido de Hidrogeno 50%	1; 1.5; 1.25(mL)
Acetato de Plomo	2.5; 3; 2.75(mL)
Densidad de pulpa	1260gr/lt
RPM del agitador	500
Granulometría	90% a malla #200 Tyler

Nota: Elaboración Propia

2. Se acondiciono la muestra de 500gr en el vaso precipitado, donde se agregó 1litro de agua y se hizo la lectura pertinente del pH inicial.
3. Se acondiciono la pulpa para cada prueba con peróxido de hidrógeno antes de la adición de NaOH, después se estabilizo el pH hasta alcanzar un pH que oscilo entre 10.5-11 según muestra cada prueba.
4. Cabe recalcar que la concentración del Peróxido de Hidrogeno fue al 50% y de Acetato de plomo al 10%, dicho esto se acondiciono la pulpa con acetato de plomo antes de la adición de cianuro de sodio
5. Se marco la hora de inicio para las tomas de alícuotas de 20 mL y así obtener la cinética de cianuración para cada prueba que fue hasta un tiempo de 48hrs.

6. Al obtener las alícuotas por cada tiempo marcado que fue 1;2;4;8;12;24;36 y 48hrs, 10 mL fueron para titular la solución lixiviada y 10 mL fueron para su envío a laboratorio químico.
7. Culminado el tiempo de cianuración 48hrs se recogió el ripio propiamente dicho para su secado y post preparado mecánico el cual culmino con su análisis químico.

5.4 Formulación y desarrollo del diseño experimental para las pruebas Metalúrgicas

Como se indicó anteriormente en la metodología el valor de la prueba esta con un diseño factorial de 2^3 con 3 réplicas centrales, siendo estos desarrollados a continuación mediante una tabla el cual dio los valores de los factores que dieron protagonismo a las pruebas metalúrgicas:

Tabla 16

Valores de pruebas Metalúrgicas

FACTORES	NIVEL	
	Mínimo	Máximo
Concentración de cianuro	750 ppm	1000ppm
Dosificación de peróxido de hidrogeno (50%)	1mL	1.5mL
Dosificación de acetato de plomo (10%)	2.5mL	3mL

Nota: Elaboración Propia

Las pruebas metalúrgicas se consideraron de manera aleatoria donde se describen en la tabla 17 a detalle las condiciones a las cuales fueron desarrollados las pruebas experimentales de acuerdo al diseño experimental 2^3 :

Tabla 17***Diseño factorial 2³ con puntos centrales en la prueba de cianuración***

N° PRUEBA	Concentración de NaCN (ppm)	Dosificación de H ₂ O ₂ (mL)	Dosificación de acetato de plomo
1	750	1	2.5
2	1000	1	2.5
3	750	1.5	2.5
4	1000	1.5	2.5
5	750	1	3
6	1000	1	3
7	750	1.5	3
8	1000	1.5	3
9	875	1.25	2.75
10	875	1.25	2.75
11	875	1.25	2.75

Nota: Elaboración propia

De la tabla anterior se muestra una aleatoriedad que se da entre los niveles y factores que han sido escogidos para tener un desarrollo de pruebas metalúrgicas de manera unilateral en busca de obtener porcentajes altos de extracción del analito valioso para tener finalmente un producto como es el oro (Au).

5.4.1 Ejecución de Pruebas Metalúrgicas de Laboratorio

El periodo de ejecución de las pruebas de cianuración por agitación fue por un periodo de entre 20 a 22 días, los resultados son mostrados debidamente anexados.

➤ Prueba de cianuración N°1

0.075% CN – Dosificación de H₂O₂ (1mL) – Acetato de Plomo (2.5mL)

Tabla 18

Condiciones de operación para la prueba N°1

CONDICIONES DE OPERACIÓN PARA LA CIANURACION		
GRANULOMETRIA DE MINERAL 90% PASANTE malla #200 Tyler		
ITEM	CANTIDAD	UNIDAD
MINERAL	500	g
Porcentaje de solidos	33.3	%
Pulpa	1.5	Kg/L
Volumen de agua	1	L
pH inicial en hora 0	3.76	-
pH inicial en hora 1	10.33	-
NaCN	1.4423	g/L
Agitación	500	rpm

Nota: Elaboración Propia

Figura 24

% extracción vs Tiempo de Cianuración Prueba N°1



Nota: Elaboración Propia

Tabla 19

Resultados de la Cianuración por agitación N°1

Prueba N°1								Volumen	LEY	Contenido de oro en solución			Extracción
Tiempo(hr)	Hora	pH	CN- Libre	CN- adicionado	Gasto de AgNO ₃	NaOH adicionado (gr)	Vol. Retirado(L)	solución(L)	ppm	Celda	Extraído	Total	%
0	06:30	3.76	0	1.4423	0	1	-	1.00		0.00000		0.0000000	0.000
1	07:30	10.33	0.95	0.4923	3.8	-	0.02	1.00	0.08	0.00008		0.0000800	24.235
2	08:30	10.33	1.375	0.0673	5.5	-	0.02	1.00	0.1	0.00010	0.000002	0.0001016	30.779
4	10:30	10.49	1.25	0.1923	5	-	0.02	1.00	0.12	0.00012	0.000002	0.0001220	36.958
8	14:30	10.62	1.15	0.2923	4.6	-	0.02	1.00	0.13	0.00013	0.000002	0.0001324	40.109
12	18:30	11.02	1.425	0.0173	5.7	-	0.02	1.00	0.13	0.00013	0.000003	0.0001326	40.170
24	06:30	11.14	1.2	0.2423	4.8	-	0.02	1.00	0.13	0.00013	0.000003	0.0001326	40.170
36	18:30	11.19	1.05	0.3923	4.2	-	0.02	1.00	0.13	0.00013	0.000003	0.0001326	40.170
48	06:30	11.25	1.175	-	4.7	-	0.02	1.00	0.13	0.00013	0.000003	0.0001326	40.170

BALANCE METALURGICO

Muestras	Leyes, g Au/t			% Extracción
	Analizada	Calculada	Contenido Au	
Cabeza	0.58	0.66		
Relave	0.40		0.000198	59.83
Soluciones			0.000133	40.17
Total			0.000330	100.00

CONSUMO DE REACTIVOS

Reactivo	Unid	Consumo
NaCN	Kg/t	0.79
NaOH	Kg/t	2.00

Nota: Elaboración Propia

➤ Prueba de cianuración N°2

0.1% CN – Dosificación de H₂O₂ (1mL) – Acetato de Plomo (2.5mL)

Tabla 20

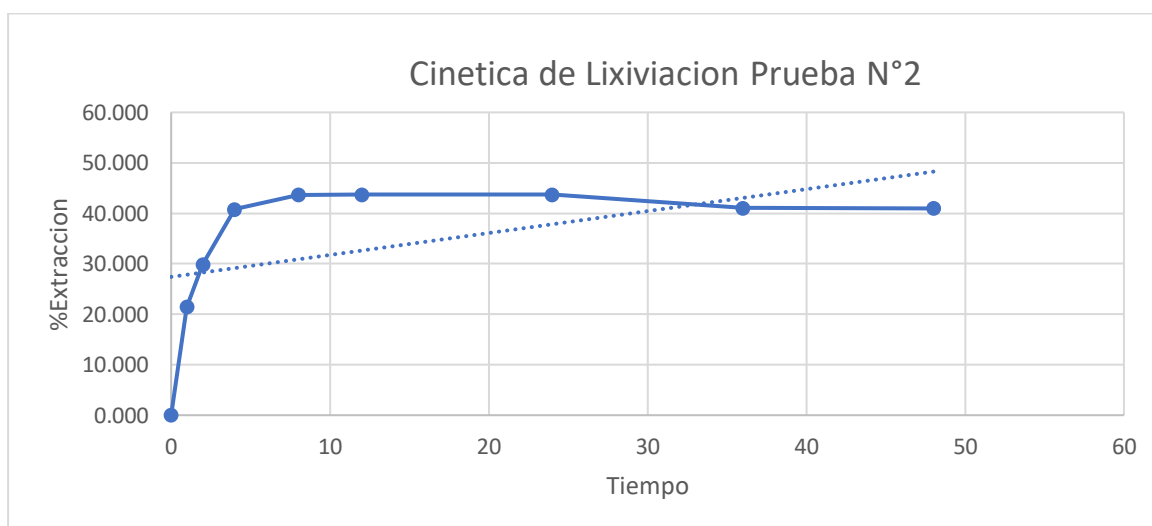
Condiciones de operación para la prueba N°2

CONDICIONES DE OPERACIÓN PARA LA CIANURACION		
GRANULOMETRIA DE MINERAL 90% PASANTE malla #200 Tyler		
ITEM	CANTIDAD	UNIDAD
MINERAL	500	g
Porcentaje de solidos	33.3	%
Pulpa	1.5	Kg/L
Volumen de agua	1	L
pH inicial en hora 0	3.76	-
pH inicial en hora 1	10.72	-
NaCN	1.92	g/L
Agitación	500	rpm

Nota: Elaboración Propia

Figura 25

% extracción vs Tiempo de Cianuración Prueba N°2



Nota: Elaboración Propia

Tabla 21

Resultados de la Cianuración por agitación N°2.

Prueba N°2								Volumen	LEY	Contenido de oro en solución			Extracción
Tiempo(hr)	Hora	pH	CN-Libre	CN-adicionado	Gasto deAgNO3	NaOH adicionado (gr)	Vol. Retirado(L)	solución (L)	ppm	Celda	Extraído	Total	%
0	06:30	3.76	0	1.92	0	1		1.00		0.00000		0.0000000	0.000
1	07:30	10.72	1.55	0.37	6.2	-	0.02	1.00	0.08	0.00008		0.0000800	21.436
2	08:30	10.6	1.8	0.12	7.2	-	0.02	1.00	0.11	0.00011	0.000002	0.0001116	29.904
4	10:30	10.72	1.5	0.42	6	-	0.02	1.00	0.15	0.00015	0.000002	0.0001522	40.782
8	14:30	10.86	1.8	0.12	7.2	-	0.02	1.00	0.16	0.00016	0.000003	0.0001630	43.676
12	18:30	11.08	1.7	0.22	6.8	-	0.02	1.00	0.16	0.00016	0.000003	0.0001632	43.730
24	06:30	11.21	1.725	0.195	6.9	-	0.02	1.00	0.16	0.00016	0.000003	0.0001632	43.730
36	18:30	11.32	1.65	0.27	6.6	-	0.02	1.00	0.15	0.00015	0.000003	0.0001532	41.050
48	06:30	11.34	1.725	-	6.9	-	0.02	1.00	0.15	0.00015	0.000003	0.0001530	40.997

BALANCE
METALURGICO

Muestras	Leyes, g Au/t			% Extracción
	Analizada	Calculada	Contenido Au	
Cabeza	0.58	0.75		
Relave	0.42		0.000210	56.27
Soluciones			0.000163	43.73
Total			0.000373	100.00

CONSUMO DE REACTIVOS

Reactivo	Unid	Consumo
NaCN	Kg/t	0.18
NaOH	Kg/t	2.00

Nota: Elaboración Propia

➤ Prueba de cianuración N°3

0.075% CN – Dosificación de H₂O₂ (1.5mL) – Acetato de Plomo (2.5mL)

Tabla 22

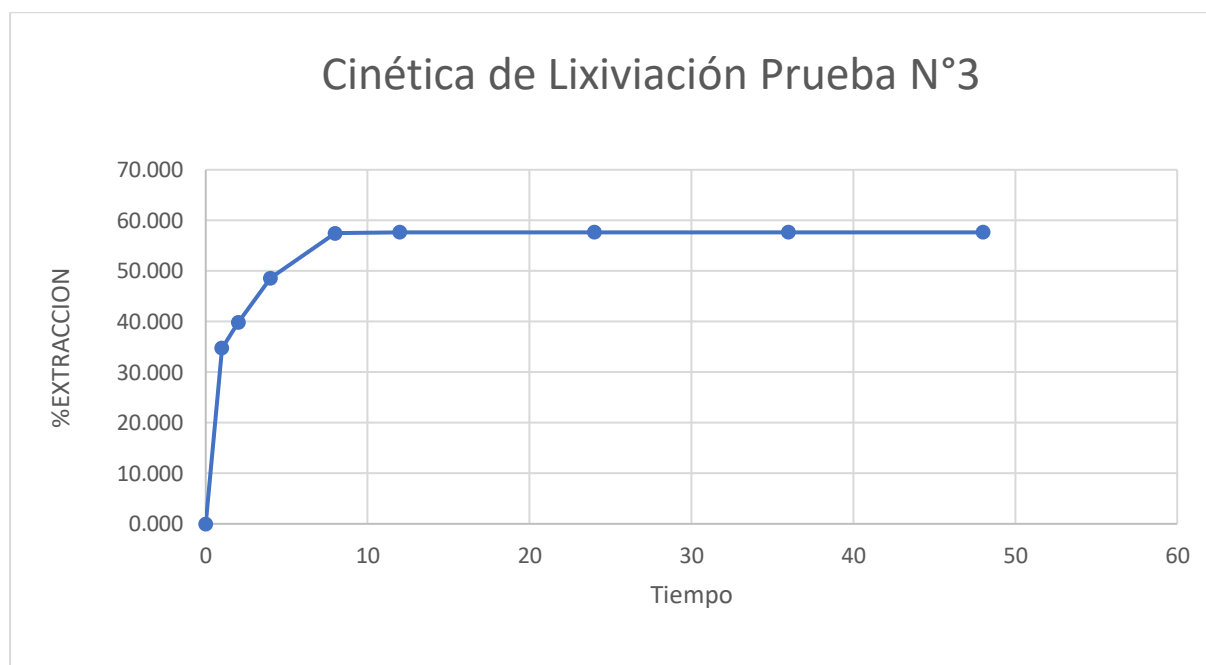
Condiciones de operación para la prueba N°3

CONDICIONES DE OPERACIÓN PARA LA CIANURACIÓN		
GRANULOMETRIA DE MINERAL 90% PASANTE malla #200 Tyler		
ITEM	CANTIDAD	UNIDAD
MINERAL	500	g
Porcentaje de sólidos	33.3	%
Pulpa	1.5	Kg/L
Volumen de agua	1	L
pH inicial en hora 0	3.76	-
pH inicial en hora 1	10.98	-
NaCN	1.4423	g/L
Agitación	500	rpm

Nota: Elaboración Propia

Figura 26

% extracción vs Tiempo de Cianuración Prueba N°3



Nota: Elaboración Propia

Tabla 23

Resultados de la Cianuración por agitación N°3

Prueba N°3								Volumen	LEY	Contenido de oro en solución			Extracción
Tiempo(hr)	Hora	pH	CN-Libre	CN- adicionado	Gasto deAgNO3	NaOH adicionado (gr)	Vol. Retirado(L)	solución(L)	ppm	Celda	Extraído	Total	%
0	06:30	3.76	0	1.4423	0	1	-	1.00		0.00000		0.0000000	0.000
1	07:30	10.98	1	0.4423	4	-	0.02	1.00	0.08	0.00008		0.0000800	34.767
2	08:30	10.75	1.375	0.0673	5.5	-	0.02	1.00	0.09	0.00009	0.000002	0.0000916	39.809
4	10:30	10.65	1.35	0.0923	5.4	-	0.02	1.00	0.11	0.00011	0.000002	0.0001118	48.588
8	14:30	10.67	1.275	0.1673	5.1	-	0.02	1.00	0.13	0.00013	0.000002	0.0001322	57.453
12	18:30	10.83	1.275	0.1673	5.1	-	0.02	1.00	0.13	0.00013	0.000003	0.0001326	57.627
24	06:30	11	1.075	0.3673	4.3	-	0.02	1.00	0.13	0.00013	0.000003	0.0001326	57.627
36	18:30	11.1	1.4	0.0423	5.6	-	0.02	1.00	0.13	0.00013	0.000003	0.0001326	57.627
48	06:30	11.15	1.175	-	4.7	-	0.02	1.00	0.13	0.00013	0.000003	0.0001326	57.627

BALANCE
METALURGICO

Muestras	Leyes, g Au/t			% Extracción
	Analizada	Calculada	Contenido Au	
Cabeza	0.58	0.46		
Relave	0.195		0.000098	42.37
Soluciones			0.000133	57.63
Total			0.000230	100.00

CONSUMO DE REACTIVOS

Reactivo	Unid	Consumo
NaCN	Kg/t	0.44
NaOH	Kg/t	2.00

Nota: Elaboración Propia

➤ Prueba de cianuración N°4

0.1% CN – Dosificación de H₂O₂ (1.5mL) – Acetato de Plomo (2.5mL)

Tabla 24

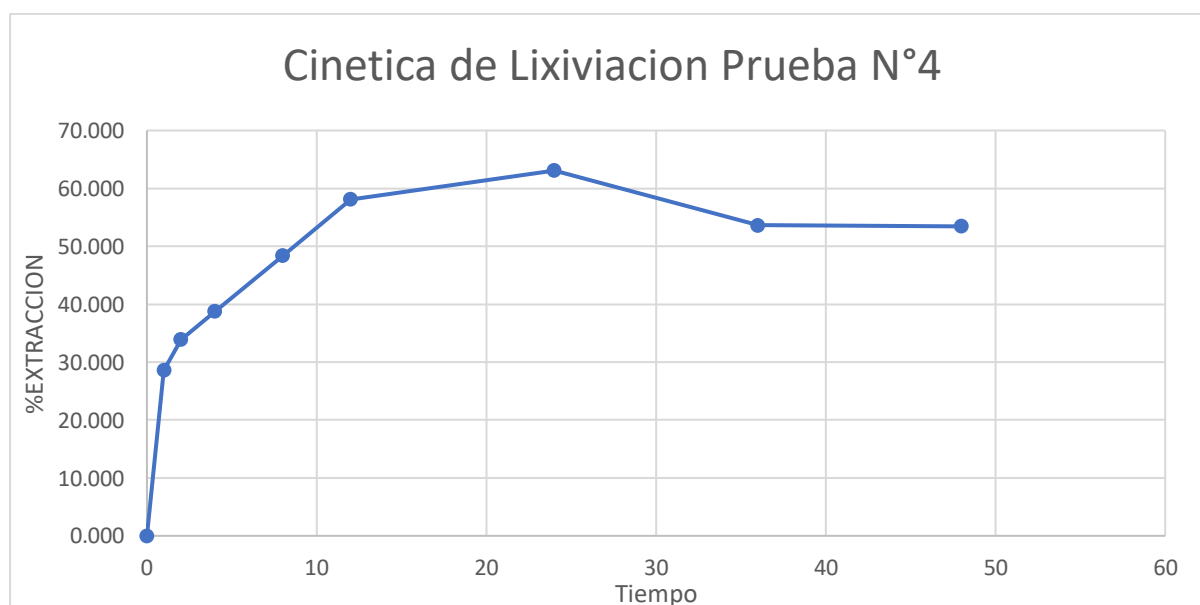
Condiciones de operación para la prueba N°4

CONDICIONES DE OPERACIÓN PARA LA CIANURACIÓN		
GRANULOMETRIA DE MINERAL 90% PASANTE malla #200 Tyler		
ITEM		UNIDAD
MINERAL	500	g
Porcentaje de sólidos	33.3	%
Pulpa	1.5	Kg/L
Volumen de agua	1	L
pH inicial en hora 0	3.76	-
pH inicial en hora 1	11.4	-
NaCN	1.92	g/L
Agitación	500	rpm

Nota: Elaboración Propia

Figura 27

% extracción vs Tiempo de Cianuración Prueba N°4



Nota: Elaboración Propia

Tabla 25

Resultados de la Cianuración por agitación N°4

Prueba N°4								Volumen	LEY	Contenido de oro en solución			Extracción
Tiempo(hr)	Hora	pH	CN-Libre	CN-adicionado	Gasto deAgNO3	NaOH adicionado (gr)	Vol. Retirado(L)	solución(L)	ppm	Celda	Extraído	Total	%
0	06:30	3.76	0	1.92	0	1		1.00		0.00000		0.0000000	0.000
1	07:30	11.04	1.9	0.02	7.6	-	0.02	1.00	0.06	0.00006		0.0000600	28.585
2	08:30	10.59	1.825	0.095	7.3	-	0.02	1.00	0.07	0.00007	0.000001	0.0000712	33.921
4	10:30	10.61	1.5	0.42	6	-	0.02	1.00	0.08	0.00008	0.000001	0.0000814	38.780
8	14:30	10.69	1.525	0.395	6.1	-	0.02	1.00	0.1	0.00010	0.000002	0.0001016	48.404
12	18:30	10.88	1.625	0.295	6.5	-	0.02	1.00	0.12	0.00012	0.000002	0.0001220	58.123
24	06:30	11.1	1.575	0.345	6.3	-	0.02	1.00	0.13	0.00013	0.000002	0.0001324	63.078
36	18:30	11.16	1.725	0.195	6.9	-	0.02	1.00	0.11	0.00011	0.000003	0.0001126	53.645
48	06:30	11.2	1.75	-	7	-	0.02	1.00	0.11	0.00011	0.000002	0.0001122	53.454

BALANCE METALURGICO

Muestras	Leyes, g Au/t			% Extracción
	Analizada	Calculada	Contenido Au	
Cabeza	0.58	0.42		
Relave	0.155		0.000078	36.92
Soluciones			0.000132	63.08
Total			0.000210	100.00

CONSUMO DE REACTIVOS

Reactivo	Unid	Consumo
NaCN	Kg/t	0.19
NaOH	Kg/t	2.00

Nota: Elaboración Propia

➤ Prueba de cianuración N°5

0.075% CN – Dosificación de H₂O₂ (1mL) – Acetato de Plomo (3mL)

Tabla 26

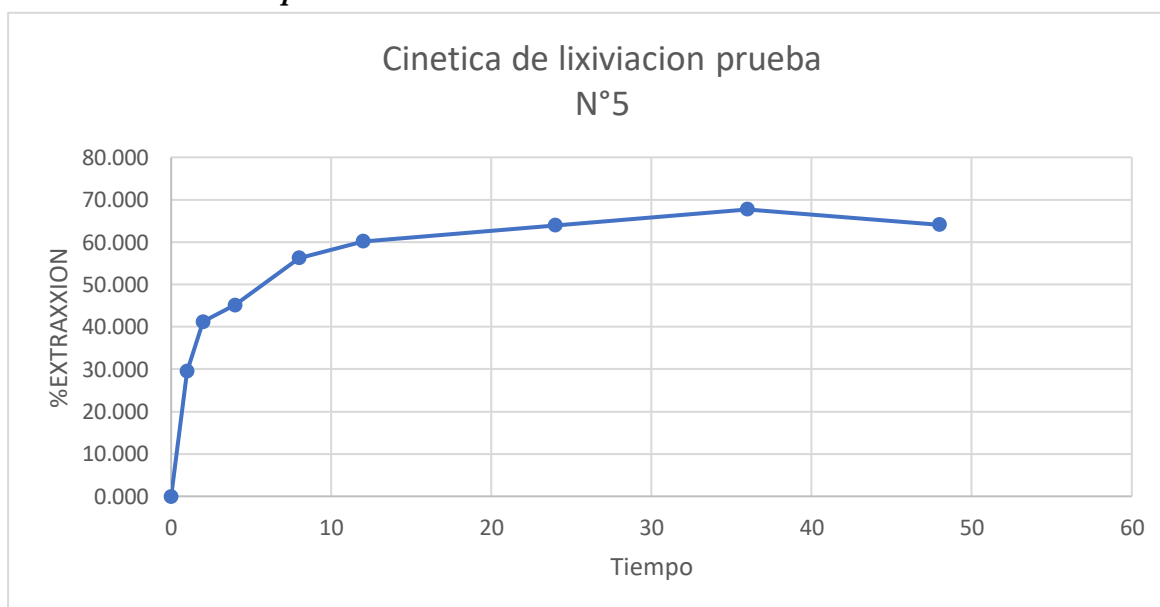
Condiciones de operación para la prueba N°5

CONDICIONES DE OPERACIÓN PARA LA CIANURACIÓN		
GRANULOMETRIA DE MINERAL 90% PASANTE malla #200 Tyler		
ITEM	CANTIDAD	UNIDAD
MINERAL	500	g
Porcentaje de sólidos	33.3	%
Pulpa	1.5	Kg/L
Volumen de agua	1	L
pH inicial en hora 0	3.76	-
pH inicial en hora 1	10.53	-
NaCN	1.4423	g/L
Agitación	500	rpm

Nota: Elaboración Propia

Figura 28

% extracción vs Tiempo de Cianuración Prueba N°5



Nota: Elaboración Propia

Tabla 27

Resultados de la Cianuración por agitación N°5

Prueba N°5								Volumen	LEY	Contenido de oro en solución			Extracción
Tiempo(hr)	Hora	pH	CN- Libre	CN- adicionado	Gasto deAgNO3	NaOH adicionado (gr)	Vol. Retirado(L)	<u>solución(L)</u>	ppm	Celda	Extraído	Total	%
0	06:30	3.76	0	1.4423	0	1	-	1.00		0.00000		0.0000000	0.000
1	07:30	10.53	1.4	0.0423	5.6	-	0.02	1.00	0.08	0.00008		0.0000800	29.531
2	08:30	10.31	1.2	0.2423	4.8	-	0.02	1.00	0.11	0.00011	0.000002	0.0001116	41.196
4	10:30	10.41	1.25	0.1923	5	-	0.02	1.00	0.12	0.00012	0.000002	0.0001222	45.109
8	14:30	10.6	1.025	0.4173	4.1	-	0.02	1.00	0.15	0.00015	0.000002	0.0001524	56.257
12	18:30	10.77	1.35	0.0923	5.4	-	0.02	1.00	0.16	0.00016	0.000003	0.0001630	60.170
24	06:30	10.93	1.4	0.0423	5.6	-	0.02	1.00	0.17	0.00017	0.000003	0.0001732	63.935
36	18:30	11.22	1.275	0.1673	5.1	-	0.02	1.00	0.18	0.00018	0.000003	0.0001834	67.700
48	06:30	11.2	1.15	+	4.6	-	0.02	1.00	0.17	0.00017	0.000004	0.0001736	64.083

BALANCE
METALURGICO

Muestras	Leyes, g Au/t			Contenido Au	% Extracción
	Analizada	Calculada			
Cabeza	0.58	0.54			
Relave	0.175			0.000088	32.30
Soluciones				0.000183	67.70
Total				0.000271	100.00

CONSUMO DE REACTIVOS

Reactivo	Unid	Consumo
NaCN	Kg/t	0.34
NaOH	Kg/t	2.00

Nota: Elaboración Propia

➤ **Prueba de cianuración N°6**

0.1% CN – Dosificación de H₂O₂ (1mL) – Acetato de Plomo (3mL)

Tabla 28

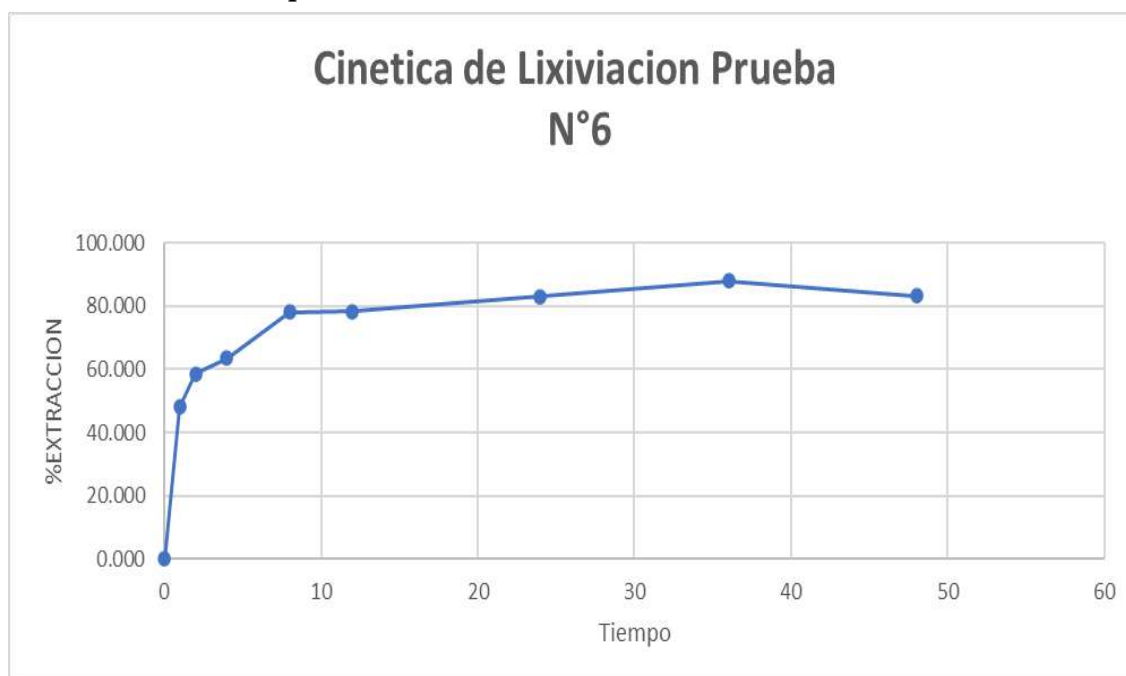
Condiciones de operación para la prueba N°6

CONDICIONES DE OPERACIÓN PARA LA CIANURACIÓN		
GRANULOMETRIA DE MINERAL 90% PASANTE malla #200 Tyler		
ITEM	CANTIDAD	UNIDAD
MINERAL	500	g
Porcentaje de sólidos	33.3	%
Pulpa	1.5	Kg/L
Volumen de agua	1	L
pH inicial en hora 0	3.76	-
pH inicial en hora 1	10.72	-
NaCN	1.92	g/L
Agitación	500	rpm

Nota: Elaboración Propia

Figura 29

% extracción vs Tiempo de Cianuración Prueba N°6



Nota: Elaboración Propia

Tabla 29

Resultados de la Cianuración por agitación N°6

Prueba N°6								Volumen	LEY	Contenido de oro en solución			Extracción
Tiempo(hr)	Hora	pH	CN-Libre	CN-adicionado	Gasto deAgNO3	NaOH adicionado (gr)	Vol. Retirado(L)	<u>solución(L)</u>	ppm	Celda	Extraído	Total	%
0	06:30	3.76	0	1.92	0	1		1.00		0.00000		0.0000000	0.000
1	07:30	10.72	1.55	0.37	6.2	-	0.02	1.00	0.1	0.00010		0.0001000	47.985
2	08:30	10.6	1.8	0.12	7.2	-	0.02	1.00	0.12	0.00012	0.000002	0.0001220	58.541
4	10:30	10.72	1.5	0.42	6	-	0.02	1.00	0.13	0.00013	0.000002	0.0001324	63.532
8	14:30	10.86	1.8	0.12	7.2	-	0.02	1.00	0.16	0.00016	0.000003	0.0001626	78.023
12	18:30	11.08	1.7	0.22	6.8	-	0.02	1.00	0.16	0.00016	0.000003	0.0001632	78.311
24	06:30	11.21	1.725	0.195	6.9	-	0.02	1.00	0.17	0.00017	0.000003	0.0001732	83.109
36	18:30	11.32	1.65	0.27	6.6	-	0.02	1.00	0.18	0.00018	0.000003	0.0001834	88.004
48	06:30	11.34	1.725	+	6.9	-	0.02	1.00	0.17	0.00017	0.000004	0.0001736	83.301

BALANCE METALURGICO

Muestras	Leyes, g Au/t			% Extracción
	Analizada	Calculada	Contenido Au	
Cabeza	0.58	0.42		
Relave	0.05		0.000025	12.00
Soluciones			0.000183	88.00
Total			0.000208	100.00

CONSUMO DE REACTIVOS

Reactivo	Unid	Consumo
NaCN	Kg/t	0.18
NaOH	Kg/t	2.00

Nota: Elaboración Propia

➤ Prueba de cianuración N°7

0.075% CN – Dosificación de H₂O₂ (1.5mL) – Acetato de Plomo (3mL)

Tabla 30

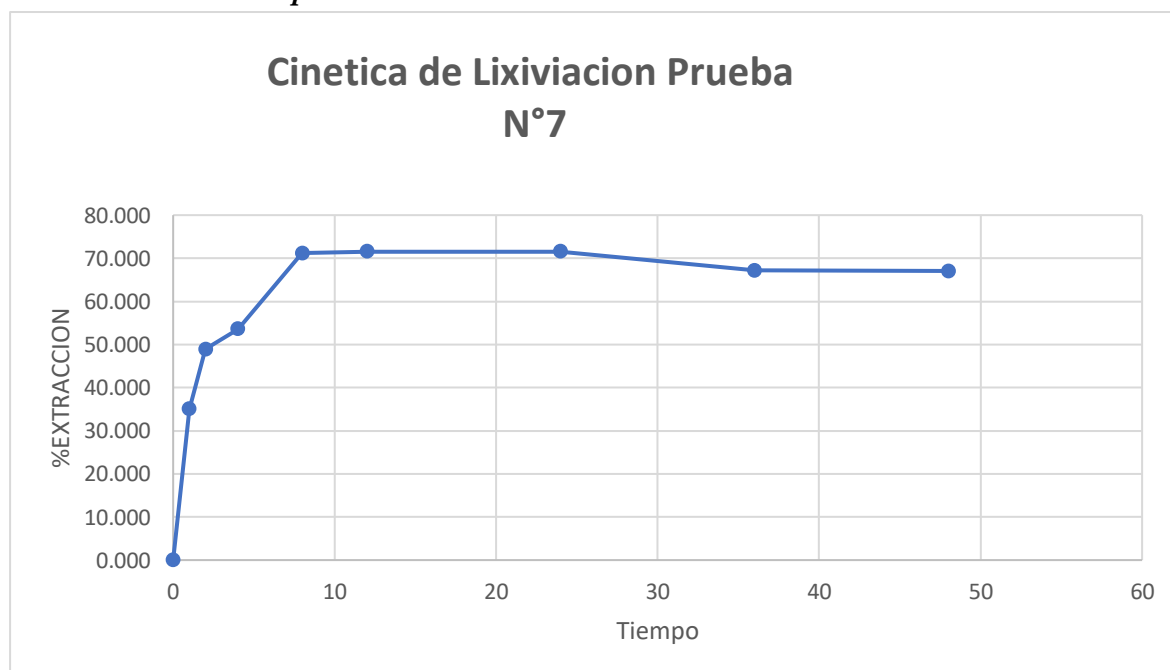
Condiciones de operación para la prueba N°7

CONDICIONES DE OPERACIÓN PARA LA CIANURACIÓN		
GRANULOMETRIA DE MINERAL 90% PASANTE malla #200 Tyler		
ITEM	CANTIDAD	UNIDAD
MINERAL	500	g
Porcentaje de sólidos	33.3	%
Pulpa	1.5	Kg/L
Volumen de agua	1	L
pH inicial en hora 0	3.76	-
pH inicial en hora 1	10.98	-
NaCN	1.4423	g/L
Agitación	500	rpm

Nota: Elaboración Propia

Figura 30

% extracción vs Tiempo de Cianuración Prueba N°7



Nota: Elaboración Propia

Tabla 31

Resultados de la Cianuración por agitación N°7

Prueba N°7								Volumen	LEY	Contenido de oro en solución			Extracción
Tiempo(hr)	Hora	pH	CN-Libre	CN- adicionado	Gasto deAgNO3	NaOH adicionado (gr)	Vol. Retirado(L)	<u>solución(L,t)</u>	ppm	Celda	Extraído	Total	%
0	06:30	3.76	0	1.4423	0	1	-	1.00		0.00000		0.0000000	0.000
1	07:30	10.98	1.3	0.1423	5.2	-	0.02	1.00	0.08	0.00008		0.0000800	35.057
2	08:30	10.75	1.225	0.2173	4.9	-	0.02	1.00	0.11	0.00011	0.000002	0.0001116	48.904
4	10:30	10.65	1.35	0.0923	5.4	-	0.02	1.00	0.13	0.00013	0.000002	0.0001322	57.932
8	14:30	10.67	1.15	0.2923	4.6	-	0.02	1.00	0.16	0.00016	0.000003	0.0001626	71.253
12	18:30	10.83	1.325	0.1173	5.3	-	0.02	1.00	0.16	0.00016	0.000003	0.0001632	71.516
24	06:30	11	1.225	0.2173	4.9	-	0.02	1.00	0.16	0.00016	0.000003	0.0001632	71.516
36	18:30	11.1	0.975	0.4673	3.9	-	0.02	1.00	0.15	0.00015	0.000003	0.0001532	67.134
48	06:30	11.15	1.275	-	5.1	-	0.02	1.00	0.15	0.00015	0.000003	0.0001530	67.046

BALANCE
METALURGICO

Muestras	Leyes, g Au/t			Contenido Au	% Extracción
	Analizada	Calculada			
Cabeza	0.58	0.46			
Relave	0.13			0.000065	28.48
Soluciones				0.000163	71.52
Total				0.000228	100.00

CONSUMO DE REACTIVOS

Reactivo	Unid	Consumo
NaCN	Kg/t	0.44
NaOH	Kg/t	2.00

Nota: Elaboración Propia

➤ Prueba de cianuración N°8

0.1% CN – Dosificación de H₂O₂ (1.5mL) – Acetato de Plomo (3mL)

Tabla 32

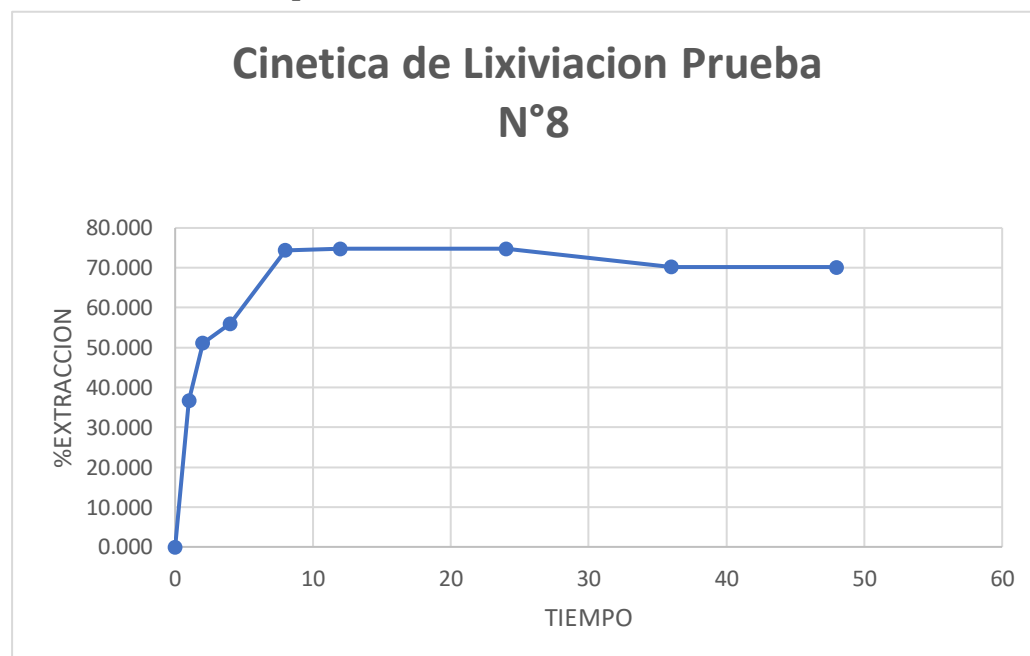
Condiciones de operación para la prueba N°8

CONDICIONES DE OPERACIÓN PARA LA CIANURACIÓN		
GRANULOMETRIA DE MINERAL 90% PASANTE malla #200 Tyler		
ITEM	CANTIDAD	UNIDAD
MINERAL	500	g
Porcentaje de sólidos	33.3	%
Pulpa	1.5	Kg/L
Volumen de agua	1	L
pH inicial en hora 0	3.76	-
pH inicial en hora 1	10.98	-
NaCN	1.92	g/L
Agitación	500	rpm

Nota: Elaboración Propia

Figura 31

% extracción vs Tiempo de Cianuración Prueba N°8



Nota: Elaboración Propia

Tabla 33

Resultados de la Cianuración por agitación N°8

Prueba N°8								Volumen	LEY	Contenido de oro en solución			Extracción
Tiempo(hr)	Hora	pH	CN- Libre	CN- adicionado	Gasto de AgNO ₃	NaOH adicionado (gr)	Vol. Retirado(L)	<u>solución(Lt)</u>	ppm	Celda	Extraído	Total	%
0	06:30	3.76	0	1.92	0	1		1.00		0.00000		0.0000000	0.000
1	07:30	10.98	1.625	0.295	6.5	-	0.02	1.00	0.08	0.00008		0.0000800	36.664
2	08:30	10.96	1.85	0.07	7.4	-	0.02	1.00	0.11	0.00011	0.000002	0.0001116	51.146
4	10:30	10.95	1.65	0.27	6.6	-	0.02	1.00	0.13	0.00013	0.000002	0.0001322	60.587
8	14:30	11.04	1.6	0.32	6.4	-	0.02	1.00	0.16	0.00016	0.000003	0.0001626	74.519
12	18:30	11.19	1.8	0.12	7.2	-	0.02	1.00	0.16	0.00016	0.000003	0.0001632	74.794
24	06:30	11.06	1.65	0.27	6.6	-	0.02	1.00	0.16	0.00016	0.000003	0.0001632	74.794
36	18:30	11.37	1.525	0.395	6.1	-	0.02	1.00	0.15	0.00015	0.000003	0.0001532	70.211
48	06:30	11.33	1.6	+	6.4	-	0.02	1.00	0.15	0.00015	0.000003	0.0001530	70.119

BALANCE
METALURGICO

Muestras	Leyes, g Au/t			Contenido Au	% Extracción
	Analizada	Calculada			
Cabeza	0.58	0.44			
Relave	0.11			0.000055	25.21
Soluciones				0.000163	74.79
Total				0.000218	100.00

CONSUMO DE REACTIVOS

Reactivo	Unid	Consumo
NaCN	Kg/t	0.46
NaOH	Kg/t	2.00

Nota: Elaboración Propia

➤ Prueba de cianuración N°9

0.0875% CN – Dosificación de H₂O₂ (1.25mL) – Acetato de Plomo (2.75mL)

Tabla 34

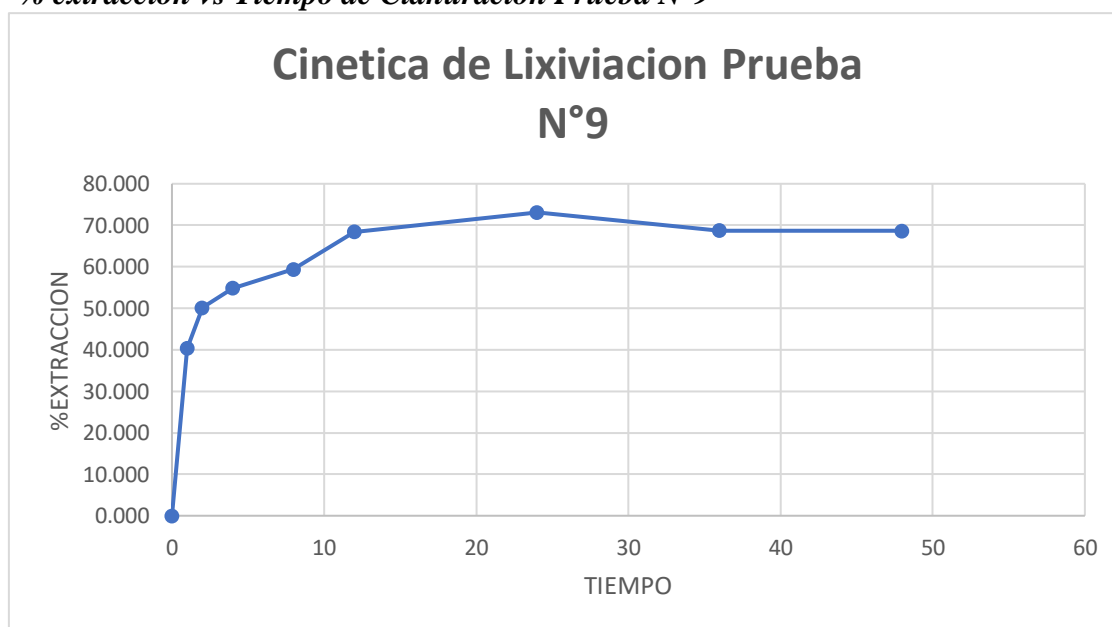
Condiciones de operación para la prueba N°9

CONDICIONES DE OPERACIÓN PARA LA CIANURACIÓN		
GRANULOMETRIA DE MINERAL 90% PASANTE malla #200 Tyler		
ITEM	CANTIDAD	UNIDAD
MINERAL	500	g
Porcentaje de sólidos	33.3	%
Pulpa	1.5	Kg/L
Volumen de agua	1	L
pH inicial en hora 0	3.76	-
pH inicial en hora 1	10.98	-
NaCN	1.68	g/L
Agitación	500	rpm

Nota: Elaboración Propia

Figura 32

% extracción vs Tiempo de Cianuración Prueba N°9



Nota: Elaboración Propia

Tabla 35

Resultados de la Cianuración por agitación N°9

Prueba N°9								Volumen	LEY	Contenido de oro en solución			Extracción
Tiempo(hr)	Hora	pH	CN- Libre	CN- adicionado	Gasto deAgNO3	NaOH adicionado (gr)	Vol. Retirado(L)	<u>solución(Lt)</u>	ppm	Celda	Extraído	Total	%
0	06:30	3.76	0	1.68	0	1	-	1.00		0.00000		0.0000000	0.000
1	07:30	10.98	1.425	0.255	5.7	-	0.02	1.00	0.09	0.00009		0.0000900	40.359
2	08:30	10.75	1.375	0.305	5.5	-	0.02	1.00	0.11	0.00011	0.000002	0.0001118	50.135
4	10:30	10.65	1.45	0.23	5.8	-	0.02	1.00	0.12	0.00012	0.000002	0.0001222	54.798
8	14:30	10.67	1.4	0.28	5.6	-	0.02	1.00	0.14	0.00014	0.000002	0.0001424	63.857
12	18:30	10.83	1.675	0.005	6.7	-	0.02	1.00	0.15	0.00015	0.000003	0.0001528	68.520
24	06:30	11	1.25	0.43	5	-	0.02	1.00	0.16	0.00016	0.000003	0.0001630	73.094
36	18:30	11.1	1.325	0.355	5.3	-	0.02	1.00	0.15	0.00015	0.000003	0.0001532	68.700
48	06:30	11.15	1.275	-	5.1	-	0.02	1.00	0.15	0.00015	0.000003	0.0001530	68.610

BALANCE
METALURGICO

Muestras	Leyes, g Au/t			Contenido Au	% Extracción
	Analizada	Calculada			
Cabeza	0.58	0.45			
Relave	0.12			0.000060	26.91
Soluciones				0.000163	73.09
Total				0.000223	100.00

CONSUMO DE REACTIVOS

Reactivo	Unid	Consumo
NaCN	Kg/t	0.99
NaOH	Kg/t	2.00

Nota: Elaboración Propia

➤ Prueba de cianuración N°10

0.0875% CN – Dosificación de H₂O₂ (1.25mL) – Acetato de Plomo (2.75mL)

Tabla 36

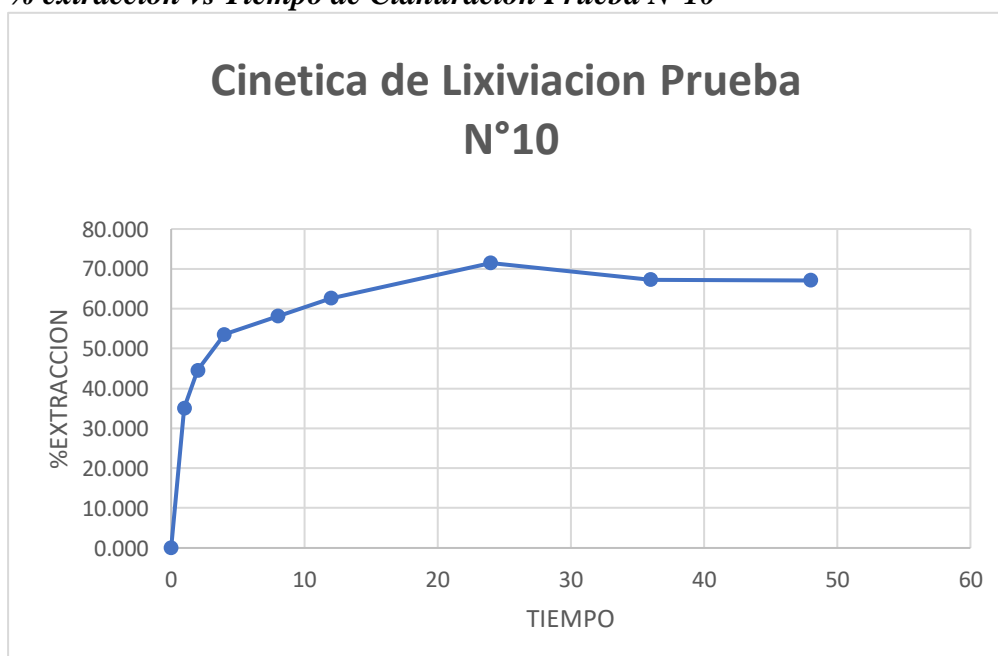
Condiciones de operación para la prueba N°10

CONDICIONES DE OPERACIÓN PARA LA CIANURACIÓN		
GRANULOMETRIA DE MINERAL 90% PASANTE malla #200 Tyler		
ITEM	CANTIDAD	UNIDAD
MINERAL	500	g
Porcentaje de sólidos	33.3	%
Pulpa	1.5	Kg/L
Volumen de agua	1	L
pH inicial en hora 0	3.76	-
pH inicial en hora 1	10.98	-
NaCN	1.68	g/L
Agitación	500	rpm

Nota: Elaboración Propia

Figura 33

% extracción vs Tiempo de Cianuración Prueba N°10



Nota: Elaboración Propia

Tabla 37

Resultados de la Cianuración por agitación N°10

Prueba N°10								Volumen	LEY	Contenido de oro en solución			Extracción
Tiempo(hr)	Hora	pH	CN-Libre	CN- adicionado	Gasto deAgNO3	NaOH adicionado (gr)	Vol. Retirado(L)	<u>solución(L)</u>	ppm	Celda	Extraído	Total	%
0	06:30	3.76	0	1.68	0	1	-	1.00		0.00000		0.0000000	0.000
1	07:30	10.87	1.425	0.255	5.7	-	0.02	1.00	0.08	0.00008		0.0000800	35.119
2	08:30	10.6	1.375	0.305	5.5	-	0.02	1.00	0.1	0.00010	0.000002	0.0001016	44.601
4	10:30	10.65	1.45	0.23	5.8	-	0.02	1.00	0.12	0.00012	0.000002	0.0001220	53.556
8	14:30	10.67	1.425	0.255	5.7	-	0.02	1.00	0.13	0.00013	0.000002	0.0001324	58.121
12	18:30	10.83	1.675	0.005	6.7	-	0.02	1.00	0.14	0.00014	0.000003	0.0001426	62.599
24	06:30	10.95	1.25	0.43	5	-	0.02	1.00	0.16	0.00016	0.000003	0.0001628	71.466
36	18:30	11.1	1.325	0.355	5.3	-	0.02	1.00	0.15	0.00015	0.000003	0.0001532	67.252
48	06:30	11.23	1.225	-	4.9	-	0.02	1.00	0.15	0.00015	0.000003	0.0001530	67.164

BALANCE
METALURGICO

Muestras	Leyes, g Au/t			Contenido Au	% Extracción
	Analizada	Calculada			
Cabeza	0.58	0.46			
Relave	0.13			0.000065	28.53
Soluciones				0.000163	71.47
Total				0.000228	100.00

CONSUMO DE REACTIVOS

Reactivo	Unid	Consumo
NaCN	Kg/t	1.07
NaOH	Kg/t	2.00

Nota: Elaboración Propia

➤ Prueba de cianuración N°11

0.0875% CN – Dosificación de H₂O₂ (1.25mL) – Acetato de Plomo (2.75mL)

Tabla 38

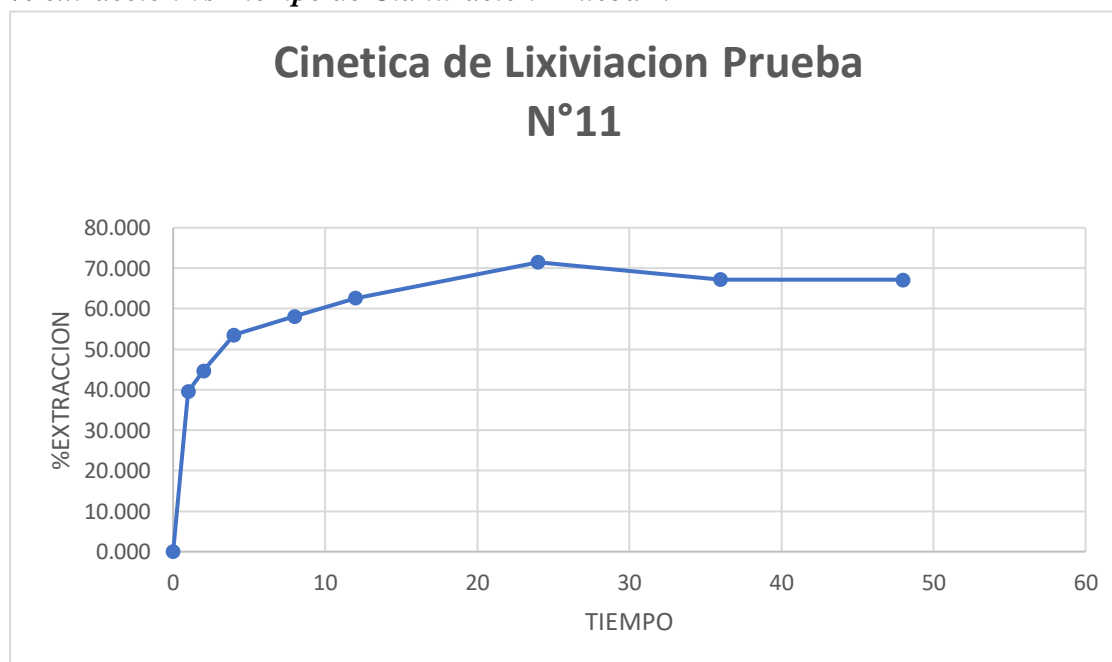
Condiciones de operación para la prueba N°11

CONDICIONES DE OPERACIÓN PARA LA CIANURACIÓN		
GRANULOMETRIA DE MINERAL 90% PASANTE malla #200 Tyler		
ITEM	CANTIDAD	UNIDAD
MINERAL	500	g
Porcentaje de sólidos	33.3	%
Pulpa	1.5	Kg/L
Volumen de agua	1	L
pH inicial en hora 0	3.76	-
pH inicial en hora 1	10.98	-
NaCN	1.68	g/L
Agitación	500	rpm

Nota: Elaboración Propia

Figura 34

% extracción vs Tiempo de Cianuración Prueba N°11



Nota: Elaboración Propia

Tabla 39

Resultados de la Cianuración por agitación N°11

Prueba N°11								Volumen	LEY	Contenido de oro en solución			Extracción
Tiempo(hr)	Hora	pH	CN- Libre	CN- adicionado	Gasto deAgNO3	NaOH adicionado (gr)	Vol. Retirado(L)	solución(L)	ppm	Celda	Extraído	Total	%
0	06:30	3.76	0	1.68	0	1	-	1.00		0.00000		0.0000000	0.000
1	07:30	10.75	1.425	0.255	5.7	-	0.02	1.00	0.09	0.00009		0.0000900	39.508
2	08:30	10.53	1.375	0.305	5.5	-	0.02	1.00	0.1	0.00010	0.000002	0.0001018	44.688
4	10:30	10.4	1.45	0.23	5.8	-	0.02	1.00	0.12	0.00012	0.000002	0.0001220	53.556
8	14:30	10.6	1.425	0.255	5.7	-	0.02	1.00	0.13	0.00013	0.000002	0.0001324	58.121
12	18:30	10.77	1.675	0.005	6.7	-	0.02	1.00	0.14	0.00014	0.000003	0.0001426	62.599
24	06:30	10.89	1.25	0.43	5	-	0.02	1.00	0.16	0.00016	0.000003	0.0001628	71.466
36	18:30	11.17	1.325	0.355	5.3	-	0.02	1.00	0.15	0.00015	0.000003	0.0001532	67.252
48	06:30	11.34	1.225	-	4.9	-	0.02	1.00	0.15	0.00015	0.000003	0.0001530	67.164

BALANCE
METALURGICO

Muestras	Leyes, g Au/t			Contenido Au(gr)	% Extracción
	Analizada	Calculada			
Cabeza	0.58	0.46			
Relave	0.13			0.000065	28.53
Soluciones				0.000163	71.47
Total				0.000228	100.00

CONSUMO DE REACTIVOS

Reactivo	Unid	Consumo
NaCN	Kg/t	1.07
NaOH	Kg/t	2.00

Nota: Elaboración Propia

Tabla 40

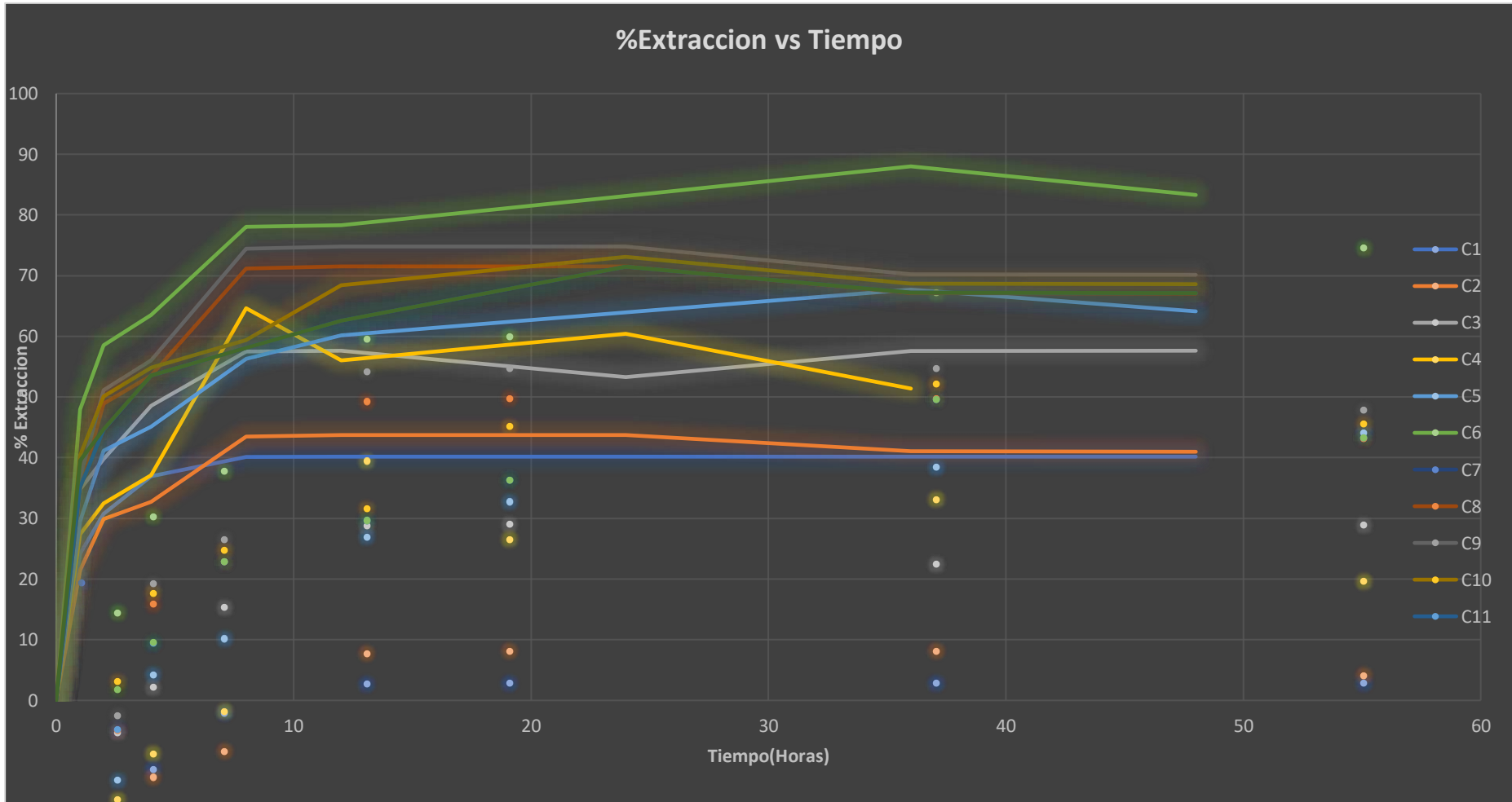
Resumen de Resultados de cianuración con adición de peróxido y acetato de plomo.

Resumen de porcentaje de extracción en cinética de cianuración.											
Pruebas de cianuración											
Tiempo(hr)	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	Prueba 6	Prueba 7	Prueba 8	Prueba 9	Prueba 10	Prueba 11
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	24.235	21.436	34.767	28.585	29.531	47.985	35.057	36.664	40.359	35.119	39.508
2	30.779	29.904	39.809	33.921	41.196	58.541	48.904	51.146	50.135	44.601	44.688
4	36.958	40.782	48.588	38.78	45.109	63.532	57.932	60.587	54.798	53.556	53.556
8	40.109	43.676	57.453	48.404	56.257	78.023	71.253	74.427	63.857	58.121	58.121
12	40.17	43.73	57.627	58.123	60.17	78.311	71.516	74.794	68.43	62.599	62.599
24	40.17	43.73	57.627	63.078	63.935	83.109	71.516	74.794	73.094	71.466	71.466
36	40.17	41.05	57.627	53.645	67.7	88.004	67.134	70.211	68.7	67.252	67.252
48	40.17	40.997	57.627	53.454	64.083	83.301	67.046	70.119	68.61	67.164	67.164

Nota: Elaboración Propia

Figura 35

Resumen de las curvaturas de cinética de extracción del oro



Nota: Elaboración Propia

CAPITULO VI

ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

6.1 Diseño Factorial 2^3 con 3 puntos centrales mediante el software Minitab

El objetivo de esta etapa fueron las interacciones entre las variables con los niveles dispuestos donde se buscara las respuestas en valor numérico de cada prueba realizada, se pretende determinar cuál de las variables ha tenido mayor resonancia en las obtenciones de mejores resultados en la extracción de oro a partir de cada prueba marcada, para este caso tenemos un diseño factorial de valor 2^3 el cual nos indica 2 niveles y 3 variables con 3 puntos en el centro, en la siguiente tabla se observa los niveles y variables que se planteó para realizar las pruebas.

Tabla 41

Nivel de Variables

FACTORES	NIVEL	
	Mínimo	Máximo
A Concentración de cianuro	750 ppm	1000ppm
B Dosificación de peróxido de hidrogeno (50%)	1mL	1.5mL
C Dosificación de acetato de plomo (10%)	2.5mL	3mL

Nota: Elaboración Propia

Del mismo modo se muestra la tabla 42 con la matriz de trabajo que dieron pase a las pruebas realizadas con su respectiva respuesta valor, la matriz codificada comprende columnas (X_1 , X_2 , X_3), que corresponde a los 3 factores (A, B, C) expresadas en su esca la natural, se observa el orden dispuesto cada prueba empieza con el signo -, se intercambian por - y +. La columna respuesta es completada con los resultados, que en este caso busca el % de extracción.

Tabla 42

Variables en esca la natural y codificada con replicas en el centro.

Columnas	Esca la codificada			Esca la natural			Respuestas (y)
	X_1	X_2	X_3	A	B	C	
C1	-1	-1	-1	750	1	2.5	40.17
C2	1	-1	-1	1000	1	2.5	43.73
C3	-1	1	-1	750	1.5	2.5	57.63
C4	1	1	-1	1000	1.5	2.5	64.63
C5	-1	-1	1	750	1	3	67.7
C6	1	-1	1	1000	1	3	88
C7	-1	1	1	750	1.5	3	71.52
C8	1	1	1	1000	1.5	3	74.79
C9	0	0	0	875	1.25	2.75	73.09
C10	0	0	0	875	1.25	2.75	71.47
C11	0	0	0	875	1.25	2.75	71.47

Nota: Elaboración propia.

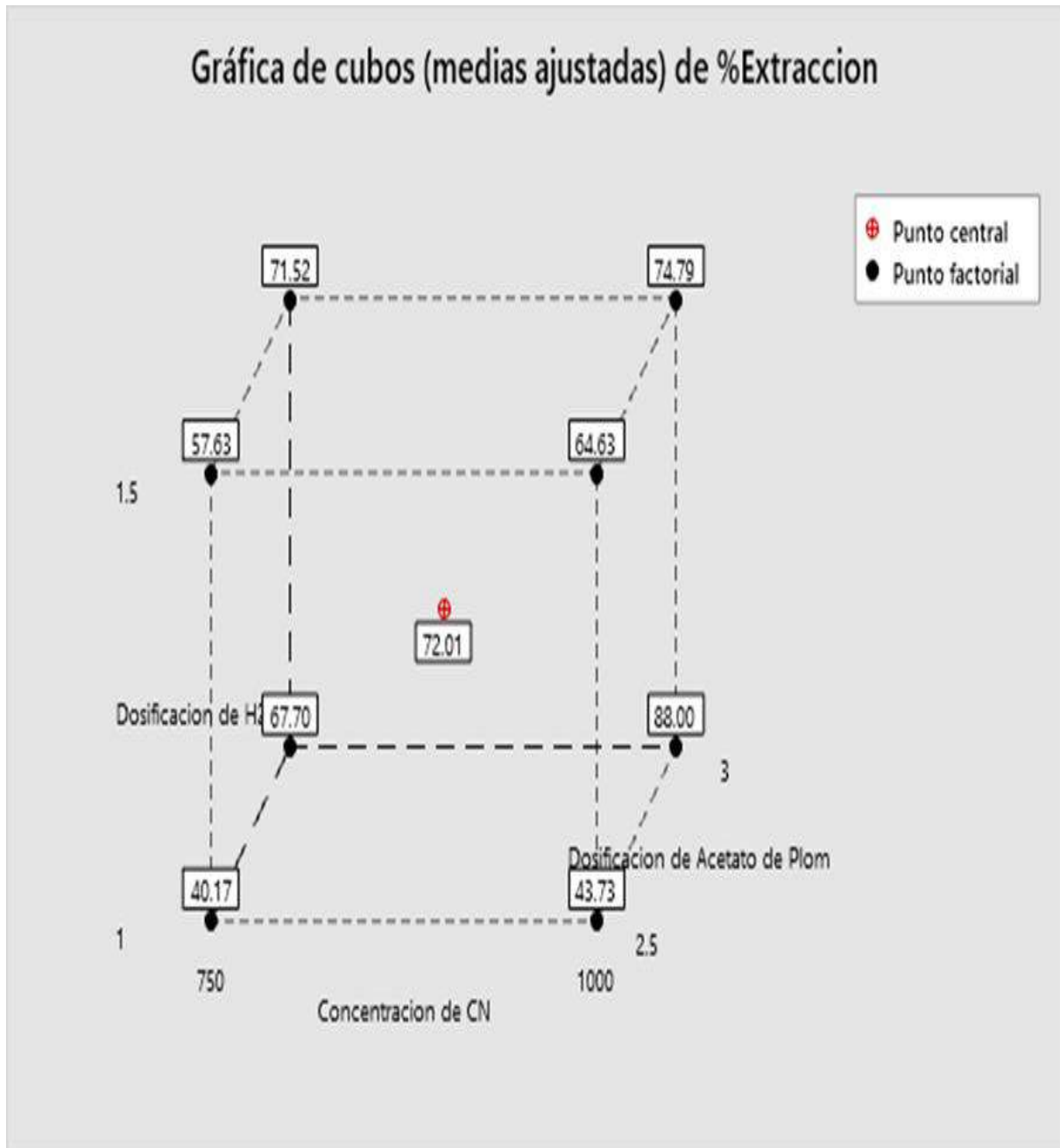
6.2 Representación geométrica de cubo para la matriz de pruebas

Esta representación permite analizar diseños factoriales de hasta 3 variables en 2 niveles, el cual nos ayudara a mostrar la relación entre las variables. En los 8 vértices de la figura 36 se

observa de manera simplificada los porcentajes de extracción de las corridas y en la parte central la respuesta en promedio de los 3 puntos centrales.

Figura 36

Grafica de cubos (medias ajustadas) de % extracción



Nota: Elaboración Propia

6.3 Calculo de efectos

Cada variable y la interacción entre estas han provocado un efecto positivo o negativo en la respuesta de cada prueba, a continuación, se interpreta cada valor de la siguiente tabla 43:

Tabla 43

Efecto positivo y negativo de la prueba de cianuración.

Término	Efecto
A Concentración de CN	8.533
B Dosificación de H2O2	7.243
C dosificación de Acetato de Plomo	23.963
AB concentración de CN*dosificación de H2O2	-3.397
AC concentración de CN*dosificación de Acetato de Plomo	3.253
BC dosificación de H2O2*dosificación de Acetato de Plomo	-11.938
ABC concentración de CN*dosificación de H2O2*dosificación de Acetato de Plomo	-5.117

Nota: Elaboración Propia.

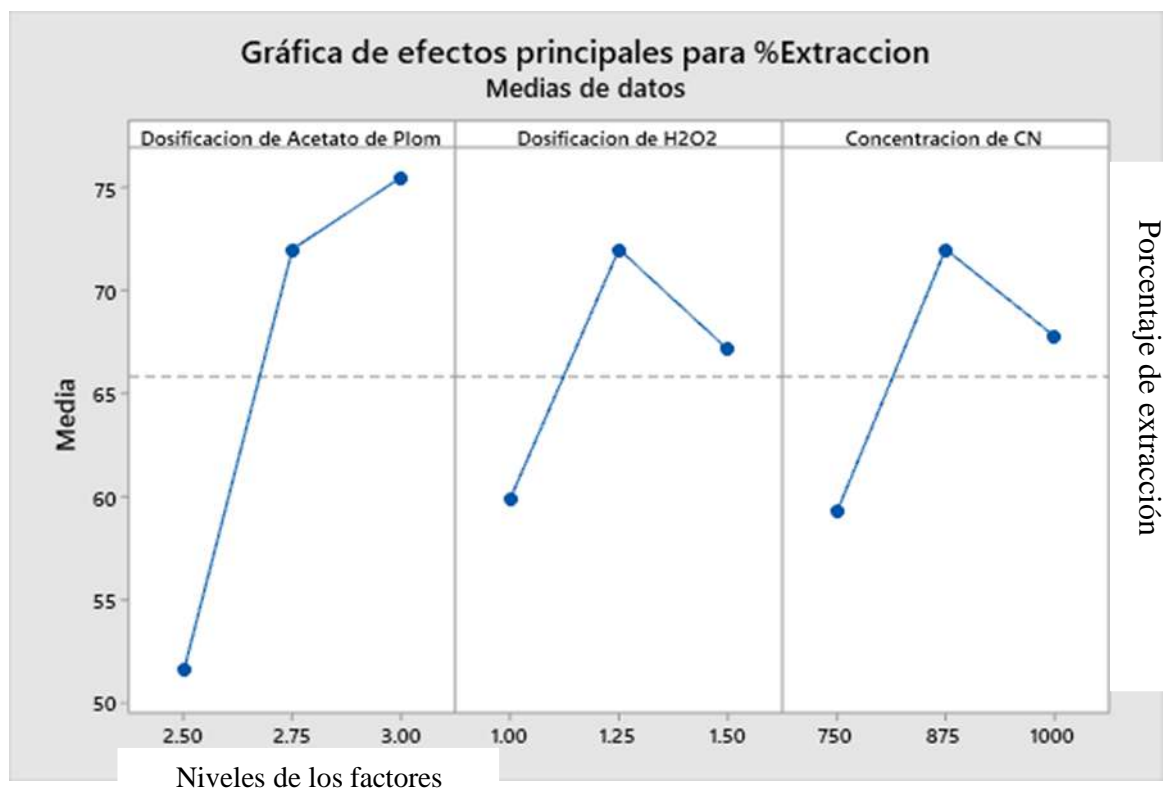
- Siendo **A** concentración de CN, teniendo como valor 8.533 se puede concluir que su efecto es positivo en la prueba, pero sin embargo no presenta mucha relevancia.
- Siendo **B** la dosificación de H2O2, teniendo como valor 7.243 se concluye que su efecto es positivo en forma general a nivel de las 11 pruebas.
- Siendo **C** la dosificación del acetato de plomo 23.963 se concluye que es la variable más significativa para una buena obtención de resultado.
- **AB** esta combinación da como valor -3.397 se da como conclusión que ambos no dan cercanía a valores buenos de extracción.
- **AC** tiene como valor 3.253 a comparación de otros efectos no es trascendental.
- **BC** muestra como valor 11.938 esta combinación da buen valor aditivo a las pruebas metalúrgicas en general.

- ABC -5.117 La interacción de estas variables en medidas de promedio no tiene buena respuesta,

En la figura 37 se muestra las 3 variables, en el eje x muestra los niveles de dichas variables, mientras que en el eje y se muestra el logro alcanzado con cada valor que tome del eje x, se observa que la variable de dosificación de acetato de plomo con un valor de 3mL llega a un buen resultado.

Figura 37

Efectos principales para el %extracción de oro.



Nota: Elaboración Propia.

6.4 Análisis de Varianza

Considerando el efecto de las variables se determinará cuál de las 3 variables interactuantes entre este tubo más valor para la obtención de un resultado esperado elaborado dentro de las pruebas del diseño experimental, para ello se hace uso del estadístico F.

Se plantea 2 hipótesis: nula y alternativa

-H nula plantea que todas las variables son iguales, en cualquier caso.

-H alternativa plantea que ninguna de las hipótesis es igual entre ellas.

Seguido de esto se tiene que si el valor de Pearson es:

- ✓ VP<0.05 la hipótesis se rechaza
- ✓ VP>0.05 la hipótesis no se rechaza

El valor de 0.05 hace referencia al nivel de confianza de 95%.

Tabla 44

Análisis de la varianza para el porcentaje de extracción.

Fuente	GL	SC AJUST	MC AJUST	VALOR F	VALOR P
Modelo	8	1937.77	242.22	276.89	0.004
Lineal	3	1398.92	466.31	533.04	0.002
A	1	145.61	145.61	166.45	0.006
B	1	104.91	104.91	119.92	0.008
C	1	1148.4	1148.4	1312.76	0.001
Interacción de 2 términos	3	329.25	109.75	125.46	0.008
A*B	1	23.09	23.09	26.39	0.036
A*C	1	21.16	21.16	24.19	0.039
B*C	1	285.01	285.01	325.8	0.003
Interacción de 3 términos	1	52.38	52.38	59.87	0.056
A*B*C	1	52.38	52.38	59.87	0.056
Curvatura	1	157.22	157.22	179.72	0.006
Error	2	1.75	0.87	-	-
Total	10	1939.52	-	-	-

Nota: Elaboración Propia.

R-Cuadrado 99.49%

r-cuadrado ajustado =99.19%

Dichos datos nos muestran el siguiente modelo matemático

$$\% \text{Extracción} = 606 - 1.167A - 463B - 236.5C + 0.846A*B + 0.4614A*C + 191.B*C - 0.3275A*B*C + 8.489 \text{Puntocentral.}$$

La interpretación y análisis para los resultados se muestra en los siguientes gráficos

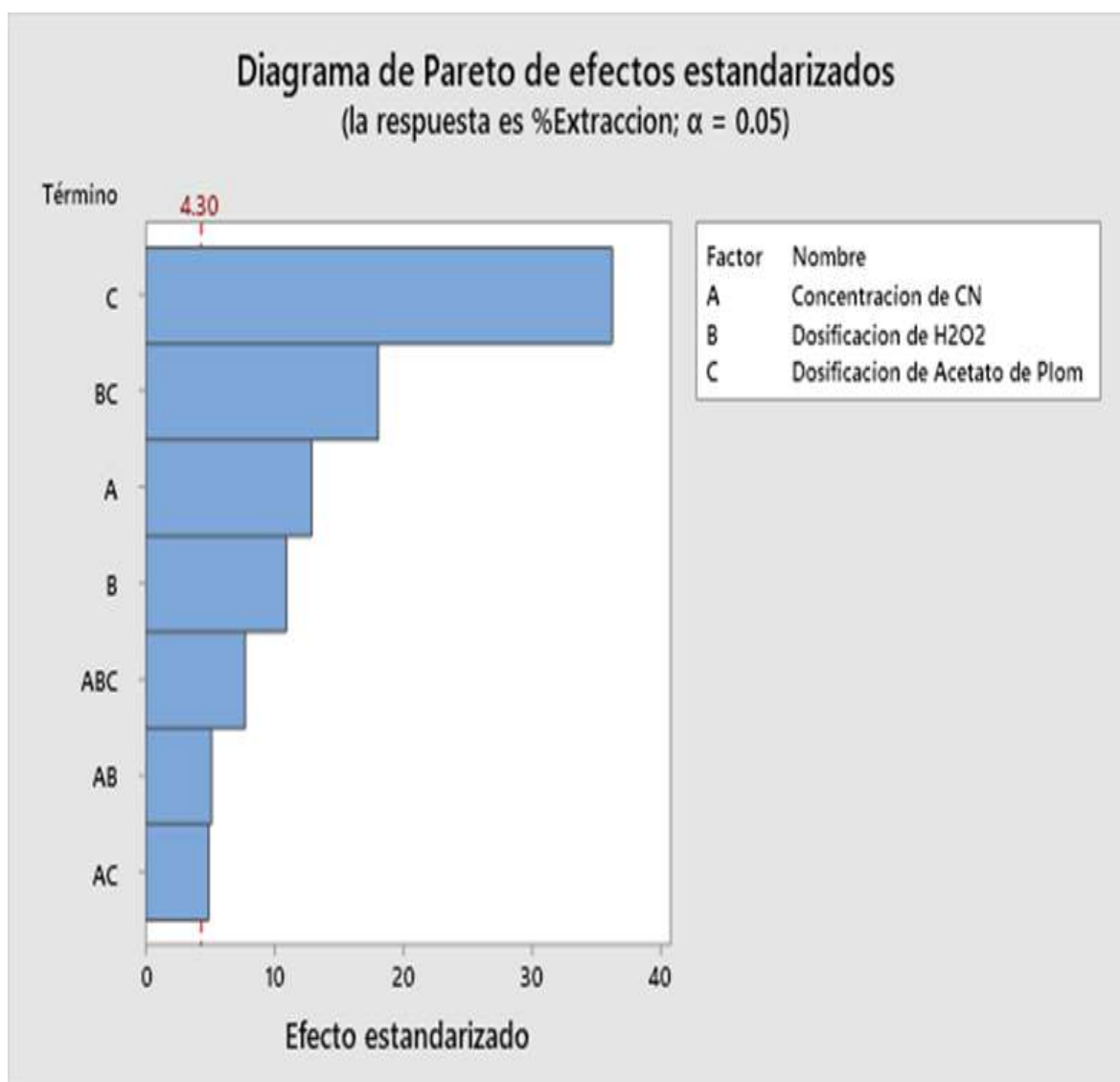
➤ Diagrama de Pareto

Se muestra la gran diferencia que tiene el factor C (dosificación de Acetato de Plomo) frente a los otros 2 A (concentración de CN) Y B (dosificación de peróxido de hidrogeno) factores para la variable respuesta Y (%extracción).

Se resalta la interacción que tiene BC para un buen resultado.

Figura 38

Diagrama de Pareto de efectos estandarizados.

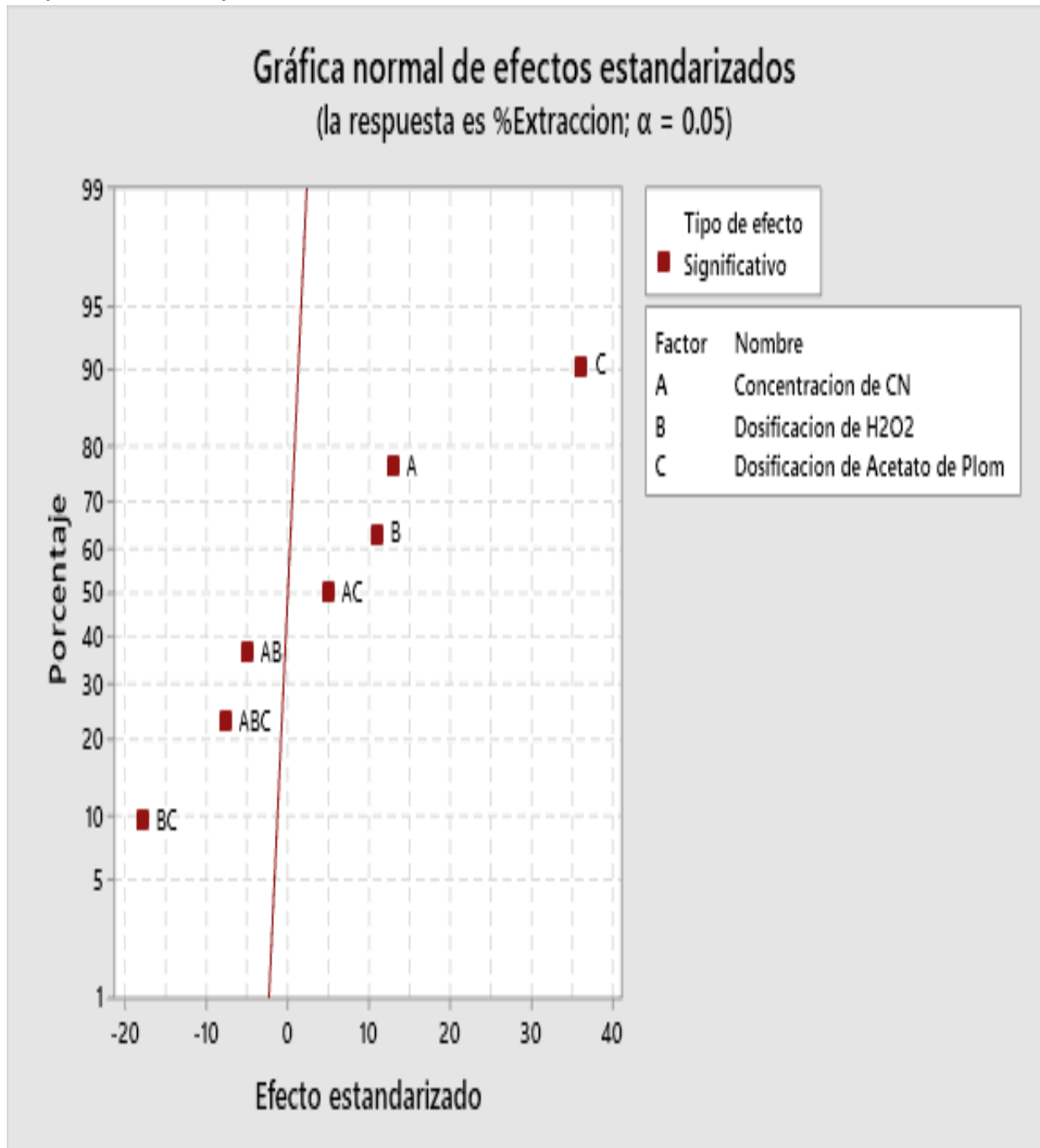


Nota: Elaboración Propia.

Por otra parte, la figura 39 nos muestra el efecto vs el porcentaje de extracción alcanzado el cual nos ayuda a entender el factor con mayor énfasis.

Figura 39

Grafica normal de efectos estandarizados.

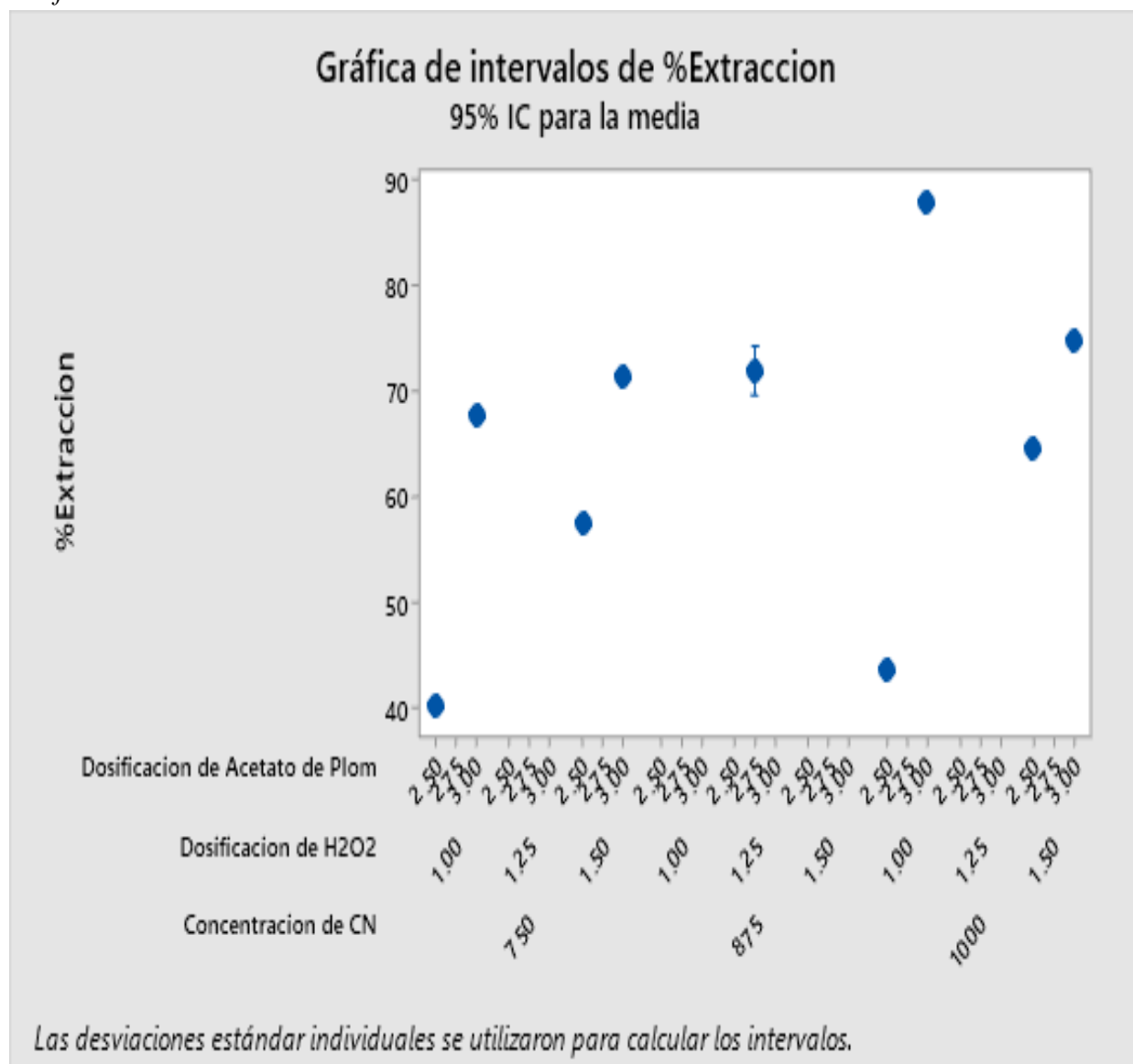


Nota: Elaboración Propia.

En la figura 40 se muestra las 8 pruebas y el promedio de los 3 puntos centrales, el nivel de confianza es de 95%.

Figura 40

Grafica de intervalos de % extracción.

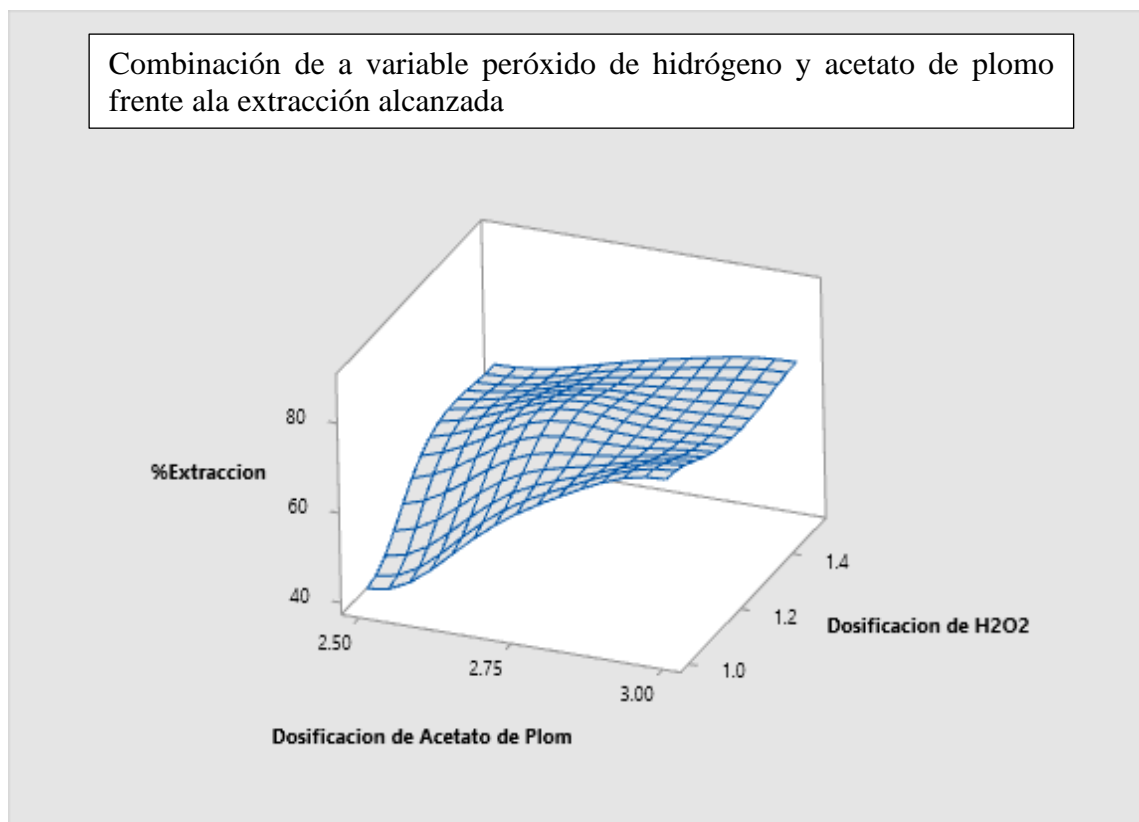


Nota: Elaboración Propia.

La interacción de variables que mejor efecto tubo para la obtención de un buen resultado fue BC (dosificación de H₂O₂*dosificación de acetato de plomo)

Figura 41

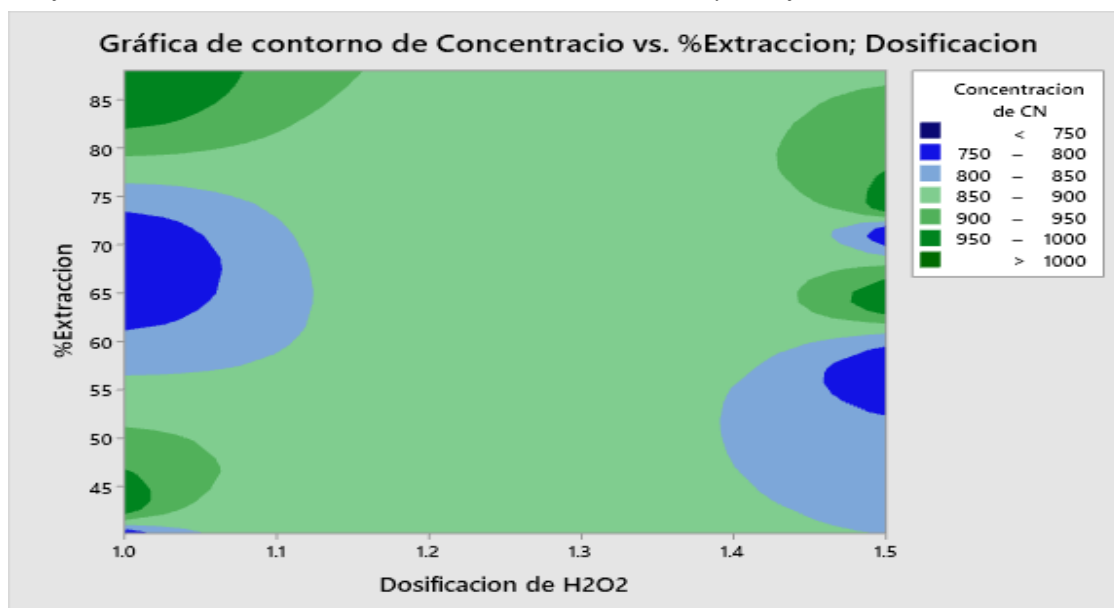
Grafica de superficie de porcentaje de extracción vs Dosificación.



Nota: Elaboración Propia.

Figura 42

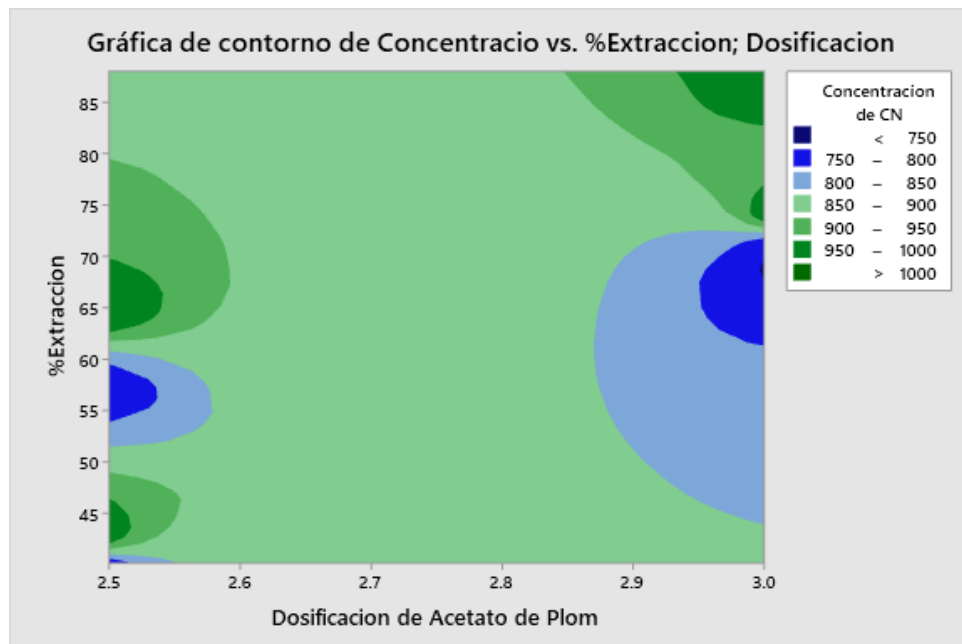
Grafica de contorno de concentración vs % extracción y dosificación de H_2O_2



Nota: Elaboración Propia.

Figura 43

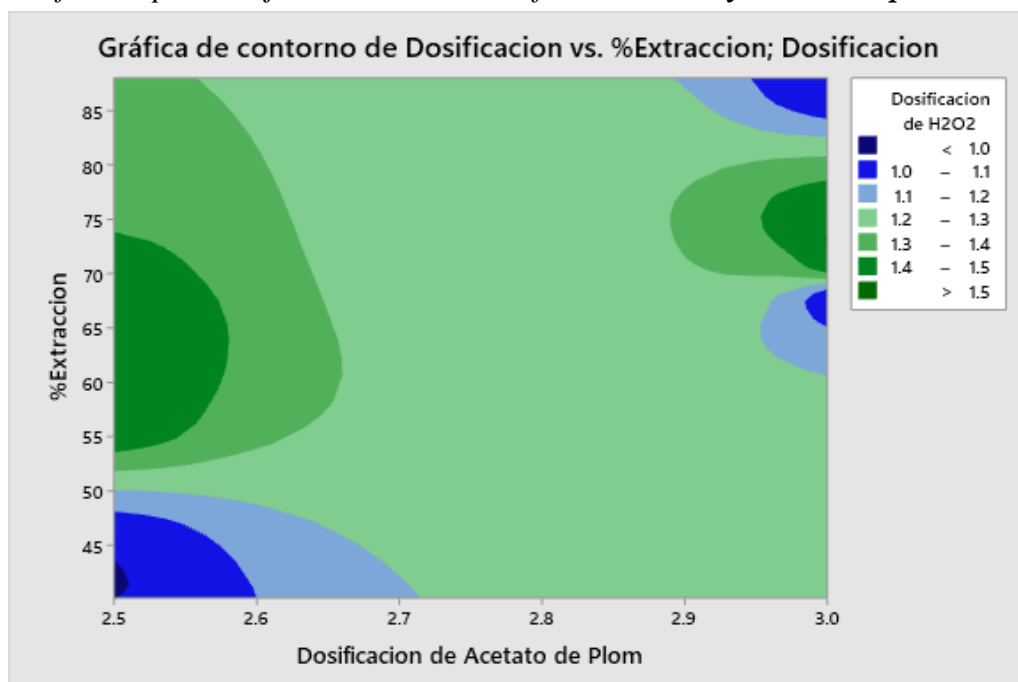
Grafica de contorno de concentración vs porcentaje extracción y dosificación de acetato de plomo.



Nota: Elaboración Propia.

Figura 44

Grafica de porcentaje extracción vs Dosificación H_2O_2 y acetato de plomo.



Nota: Elaboración Propia.

6.5 Discusión de resultados

Según se ha mostrado en los resultados, los factores como el Peróxido de Hidrógeno y el Acetato de Plomo que se proponían llegar a buenos porcentajes de extracción han marcado buenos logros en la matriz de prueba del diseño experimental que tiene como ecuación genérica 2^k (2 niveles y 3 factores) representando estas 8 pruebas con 3 réplicas en el centro.

Dentro de la prueba metalúrgica fue muy resaltante el usar el Peróxido de Hidrógeno y el Acetato de Plomo para alcanzar al menos un resultado que en este caso muestra 88%, dicho resultado se obtuvo con la interacción de 1000ppm de CN^- , 1mL H_2O_2 Y 3mL $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$, estos resultados son comparados frente a una cianuración convencional efectuada en laboratorio metalúrgico dentro de la unidad minera Untuca Cori Puno.

Para estimar cuanto han influido los factores frente al resultado fue necesario hacer uso de la estadística, el software Minitab nos desarrolla el modelo matemático el cual con la técnica de regresión y correlación lineal nos permite conocer que la variable que más influye dentro de las pruebas metalúrgicas fue el $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$.

La función que cumple el peróxido de hidrógeno es de oxidar la muestra cuando esta se encuentra en pulpa, esto hace que el consumo del cianuro comercial el cual es el elemento más importante para que se de el proceso de lixiviación se vea reducido.

CONCLUSIONES

1. Se ha conseguido extraer oro en solución donde los reactivos empleados como el Peróxido de Hidrógeno y Acetato de Plomo han tenido un impacto positivo según la dosificación empleada dentro de la matriz de pruebas experimentales, el nivel más alto en extracción fue desarrollada con el Peróxido de Hidrogeno en 1 mL y Acetato de Plomo en 3 mL.
2. Al adicionar Peróxido de Hidrógeno al proceso de cianuración se consigue tener mayor nivel de oxigenación el cual es requisito fundamental para la descomposición del oro metálico a oro iónico.
3. El Acetato de plomo realizando una comparativa dentro de las once pruebas limita el consumo de especies cianicidas esto provoca menor consumo del reactivo lixivante.
4. La respuesta en extracción de la combinación de los niveles para las variables que se da entre el Peróxido de Hidrogeno y Acetato de Plomo varía según la dosificación de cualesquiera, se ha buscado la mejor interacción entre estas dando que se puede lograr extraer con mayor eficiencia el oro iónico frente a una cianuración convencional que solo abarque el uso de un agente lixivante como es el Cianuro de Sodio.

RECOMENDACIONES

1. Es muy importante el trabajar con mucha limpieza en los equipos y materiales a usar para que el error de operación sea menor, el cual tendrá que ser tomado en cuenta para posteriores estudios que se realicen en base al presente trabajo por alumnos y/o docentes de la escuela profesional de Ingeniería Metalúrgica.
2. Mantener calibrado los equipos esto evitara conseguir resultados erróneos por personal competente.
3. Se recomienda el uso de Equipos de protección personal al momento de manipular reactivos tan nocivos para la salud como el cianuro son muy importantes.
4. Manejar las hojas MSDS fichas técnicas de cada insumo químico ante un eventual inconveniente o mala práctica de manipulación por personal técnico y/o profesional que profundice la investigación.
5. Identificar los peligros y evaluar los riesgos es importante antes de desarrollar actividades en un área como es laboratorio metalúrgico con alto potencial de peligro, tomar medidas de control antes durante y después es clave para mantener la buena integridad del personal.
6. Existen muchos factores tales como reactivos, métodos de lixiviación, liberación de partícula, etc. Combinar estos y buscar un parámetro que establezca obtener mejores valores.

BIBLIOGRAFIA

- **Libros**

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

AVILA, A. R. (1997). *Introduccion a la Metodologia de la Investigacion*.

CACERES, A. G. (2007). *Hidrometalurgia y Electrometalurgia*. Obtenido de https://www.academia.edu/40024014/Germ%C3%A1n_C%C3%A1ceres_Arenas_Hidrometalurgia_y_Electrometalurgia

CORDOBA M., M. A. (1998). *Calculos Metalurgicos* (Vol. 2). UNEXPO. Obtenido de <http://metalurgicaunexpo.blogspot.com/>

CORI PUNO. (2022). MINA CORI PUNO SAC. (D. L. Gonzalo, Ed.) 19. Obtenido de <https://www.CoriPuno.com.pe/>

DOMIC, M. E. (2001). *HIDROMETALURGIA Fundamentos, Procesos y Aplicaciones* (1ª ed.). SANTIAGO, CHILE: ANDROS.

GLORIA CALCANELO. (s.f.). *CORPORATIVO QUIMICO GLOBAL S.A.* Obtenido de [https://quimicoglobal.mx/proveedor-de-acetato-de-plomo-para-mineria/#:~:text=El%20acetato%20de%20plomo%20\(II,es%20una%20sustancia%20muy%20t%C3%B3xica.](https://quimicoglobal.mx/proveedor-de-acetato-de-plomo-para-mineria/#:~:text=El%20acetato%20de%20plomo%20(II,es%20una%20sustancia%20muy%20t%C3%B3xica.)

GUTIERREZ, P. H., & DE LA VARA, S. R. (2008). *Analisis y Diseño de Experimentos* (2ª ed.). McGraw-Hill.

Julio, U. L. (2003). Estudio sobre la presencia del plomo en el medio ambiente de ta lara en el año 2003. Perú.

MARSDEN, J. O., & HOUSE, C. L. (1960). *The Chemistry of Gold Extraction* (2^a ed.). Shaaffer Parkway.

MIRANDA, L. F., & MEDINA, E. (2015). *Investigando en Ingenieria* (2^a ed.). UNSAA.

SAMPIERI, R. H., & TORRES, C. P. (2018). *Metodologia de la Investigacion* (1^a ed.). MCGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES.

TECSUP AREQUIPA. (2019). Fundamentos de Operacion de Plantas Hidrometalurgicas. 169. Tecsup Arequipa.

TECSUP AREQUIPA. (2019). Programa de Capacitacion Continua. *Hidrometalurgia del Oro*, 126.

UCEDA, H. D. (2016). *Hidrometalurgia Quimica e Ingenieria* (1^a ed.). Ediciones Graficas EIRL. Obtenido de <https://iimp.org.pe/archivos/publicaciones/a621-20210824-062743-1552.pdf>

VARGAS, G. J. (21 de DICIEMBRE de 1983). *Metalurgia del Oro y la Plata* (2^a ed.). SAN MARCOS.

- **Revistas**

ROBERTO, H. B., F., S. R., & LUIS, H. M. (2019). Contribucion al Conocimiento sobre la Minimizacion del Consumo de Cianuro en la Mineria del Oro, sales Oxidantes, Aireacion y Sobremolienda para Minerales Cianicidas. *Revista Boliviana Quimica*, 36(5), 9. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/4263/426362623001/>

- **Informes**

LABORATORIO DE INVESTIGACION Y SERVICIOS PARA LA ACTIVIDAD MINERA E INDUSTRIAL. (2022). *ENSAYOS MINERALÓGICOS POR MICROSCOPIA*

ÓPTICA, MICROSCOPIA ELECTRONICA DE BARRIDO Y DIFRACCION DE RAYOS X DE SIETE MUESTRAS. INFORMATIVO, LIMA.

- **Tesis**

ARMINTA, Q. L., & VARGAS, H. D. (2022). *EXTRACCIÓN DE ORO DEL MINERAL AURÍFERO POR LIXIVIACIÓN EN COLUMNAS CON REACTIVOS BROMURO DE POTASIO Y ACIDO BROMHIDRICO DE LA UNIDAD MINERA UTUNSA - ANABI-APURIMAC[UNSAAC].* Repositorio Institucional.

MORALES, L. E. (2016). *EXTRACCION DE PLATA Y ORO DEL RELAVE SULFURADO DE LA MINERA SANTA FE POR LIXIVIACION CON ADICION DE PEROXIDO DE HIDROGENO Y ACETATO DE PLOMO[UNMSM].* Repositorio UNMSM. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12672/5518>

VELEZ, G. A. (2020). *COMPARACION ENTRE EL METODO DE EXTRACCION DEL ORO, CIANURACION POR AGITACION Y LIXIVIACION POR PILAS EN LA PLANTA DE BENEFICIO SAN BARTOLO, SEGOVIA ANTIOQUIA[Tecnologico de Antioquia].* Repositorio Digital tdea, Colombia. Obtenido de <https://dspace.tdea.edu.co/handle/tdea/942>

LINKOGRAFÍA

✓ (12 de 07 del 2022)

[https://www.semanticscholar.org/paper/Oxidative-Acetoxylation-of-an-Oxime-Using-Lead\(IV\)-Aitken-Aitken/0452856a3ad68ade63311ca8b95709779a51d1b2](https://www.semanticscholar.org/paper/Oxidative-Acetoxylation-of-an-Oxime-Using-Lead(IV)-Aitken-Aitken/0452856a3ad68ade63311ca8b95709779a51d1b2).

✓ (04 de 08 del 2022)

<https://science-of-synthesis.thieme.com/app/text/?id=SD-041-00145>

✓ (23 de 08 del 2022)

<https://www.peróxidos.com.br/es/aplicaciones/mineria-y-metalurgia>

✓ CORI PUNO. (2022). *MINA CORI PUNO SAC*.

<https://www.Cori Puno.com.pe>

Matriz de consistencia “Efecto del Peróxido de Hidrógeno y Acetato de Plomo en la Cianuración por agitación para la extracción de oro del relave en la Unidad Minera Untuca -Cori Puno.”				
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
PG ¿Se podrá extraer Oro del Relave sulfurado en la cianuración por agitación con la adición de Peróxido de Hidrogeno y Acetato de Plomo?	OG: Extraer oro en la cianuración por agitación utilizando el peróxido de hidrógeno y acetato de plomo del relave sulfurado en la U.M.U Cori-Puno.	HP: Al adicionar Peróxido de Hidrógeno y Acetato de Plomo se tendrá mejores porcentajes de extracciones de Au en las pruebas de cianuración por agitación de mineral sulfurado.	Dependiente --Extracción de Au	Tipo de investigación -Experimental Nivel de Investigación -Explicativa Diseño de la Investigación Es un diseño causa-efecto que consiste en evaluar los efectos de varias variables independientes en la variable dependiente.
Específicos	Específicos	Específicos	Independiente	Diseño Experimental Es de análisis de regresión y correlación múltiple mediante el software Minitab 19. Técnicas e Instrumentos: Técnicas: Observación, conocimiento de cantidades muestrales como la media y desviación estándar. Instrumentos: -Estufa de secado (vymnsa) -Rotap (Vymsa) -pH metro Metler Toledo. Cronometro (Cassio)
PE1: ¿Qué efecto produce el Peróxido de Hidrogeno en la cianuración por agitación para la extracción de oro del relave sulfurado?	OE 1 Conocer el efecto que produce el Peróxido de Hidrógeno en la cianuración por agitación para la extracción de relave sulfurado en la U.M.U Cori puno	HE1 ● Al adicionar Peróxido de Hidrógeno el nivel de oxígeno aumentará el cual será favorable para el proceso, el acetato de plomo pasará a elementos presentes en el mineral consumidores de Cianuro de sodio.	• Concentración de NaCN • Concentración de Peróxido de Hidrogeno • Concentración de Acetato de Plomo	
PE2 ¿Qué efecto produce el Acetato de plomo en la cianuración por agitación para la extracción de oro del relave sulfurado?	OE2 Conocer el efecto que produce el Acetato de Plomo en la cianuración por agitación para la extracción de relave sulfurado en la U.M.U Cori puno	HE2 ● Al adicionar el acetato de plomo pasará a elementos presentes en el mineral consumidores de Cianuro de sodio.	Interviniente *Altitud de yacimiento *Temperatura del medio ambiente	
PE3 ¿Cómo influyen las variables en la cianuración por agitación para la extracción de Oro?	OE3 Determinar la influencia de las variables en la cianuración por agitación.	HE3 ● Las variables son directamente influyentes en el proceso de extracción de oro en la cola de relave de la U.M.U. Cori Puno.		

ANEXOS

Anexo N°1 Ficha técnica del Peróxido de Hidrogeno



"Líderes en Calidad Cumplimiento y Servicio"

DISTRIBUIDORA DE QUÍMICOS INDUSTRIALES S.A

www.dqisa.com

FICHA TÉCNICA PERÓXIDO DE HIDROGENO

1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO

Nombre Químico	Peróxido de Hidrógeno
Formula Molecular	H ₂ O ₂
Peso Molecular	34.016 g/mol
Sinónimos	Dióxido de hidrógeno Agua oxigenada

2. DESCRIPCION

El peróxido de Hidrógeno o Agua Oxigenada como se conoce comúnmente es un agente oxidante fuerte, relativamente fácil de manejar, es producido a partir de gas de hidrógeno y oxígeno del aire mediante el método AO (Oxidación de Antraquinona).

El peróxido de hidrógeno se comercializa en distintas soluciones acuosas al 50%, en peso como Grado Químico y grado Alimenticio y al 35%, 50%, 60% y 70% en peso como Grado Técnico.

3. ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO



Concentración % P/P	34.5 - 35.5	49.5-- 50.5
Hierro	máx. 10 ppm	max 10 ppm
Estaño	máx. 10 ppm	max 10 ppm

4. PROPIEDADES

Presentación	Líquido Cristalino
Color	max 15° APHA
Olor	inoloro

	35%	50%
Densidad (20°C, g/cm ³)	1.131- 1.133	1.193-1.198
Punto de Ebullición (°C)	108	114

Anexo N°2 Ficha técnica del Acetato de Plomo

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD ACETATO DE PLOMO	
Usos pertinentes identificados	Producto químico de laboratorio, Uso analítico y de laboratorio.
Uso desaconsejado	No utilizar en productos que estarán en contacto directo con alimentos. No utilizar para propósitos privados (Domésticos).
<p>Reservado exclusivamente a usuarios profesionales</p> <p>Etiquetado de los envases cuyo contenido no excede de 125 ml Palabra de advertencia: Peligro</p> <p>Símbolo(s)</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  </div> <p>H351 Se sospecha que provoca cáncer. H360Df Puede dañar al feto. Se sospecha que perjudica a la fertilidad.</p> <p>P202 No manipular la sustancia antes de haber leído y comprendido todas las instrucciones de seguridad. P308+P313 EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Consultar a un médico.</p>	
Medidas de lucha contra incendios	
<p>Medios de extinción</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  </div> <p>Medios de extinción apropiados medidas coordinadas de lucha contra incendios en el entorno agua, espuma, espuma resistente al alcohol, polvo extinguidor seco, polvo ABC</p> <p>Medios de extinción no apropiados chorro de agua</p> <p>Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla Combustible.</p> <p>Productos de combustión peligrosos En caso de incendio pueden formarse: Monóxido de carbono (CO), Dióxido de carbono (CO₂)</p> <p>Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios En caso de incendio y/o de explosión no respire los humos. No permitir que el agua de extinción alcance el desagüe. Luchar contra el incendio desde una distancia razonable, tomando las precauciones habituales. Llevar un aparato de respiración autónomo.</p>	
Composición Química	

Sustancias

Nombre de la sustancia Acetato de plomo, básico

Fórmula molecular $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$

Masa molar 807,7 ^g/mol

Propiedades Físicas y Químicas**Información sobre propiedades físicas y químicas básicas**

Estado físico	sólido
Forma	polvo
Color	blanco
Olor	inodoro
Punto de fusión/punto de congelación	75 °C
Punto de ebullición o punto inicial de ebullición e intervalo de ebullición	no determinado

Anexo N°3 Ensayo metalúrgico para las Prueba 1 y 2

Cori Puno S.A.C.
Sistema de Control de Operaciones Minero Metalúrgico

10/08/2022
11:37 p.m.
Pag. 1 de 1



INFORME DE ENSAYO N°: LQ-017-LM-2022

Cori Puno S.A.C.

CLIENTE : LABORATORIO METALURGICO
PRODUCTO : SOLUCIONES CIANURADAS
RESPONSABLE DE ENTREG: ARMANDO JIHUALLANCA BUSTAMANTE

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Ver Códigos de las Muestras
CANTIDAD : 16
PRESENTACIÓN : Tubos de Vidrio de 25 ml
PROCEDENCIA : Muestras de Laboratorio Metalúrgico
FECHA Y HORA DE RECEPC: 10/08/2022 02:30 p.m.
FECHA DE ANALISIS : 10/08/2022
FECHA Y HORA DE REPOR : 10/08/2022 11:45 p.m.

ORDEN	CODIGO DE MUESTRA	RESULTADOS										
		pH	Cobre (mg/L)	Hierro (mg/L)	Plomo (mg/L)	Zinc (mg/L)	Arsenic (mg/L)	Manganes (mg/L)	Cobalto (mg/L)	Au (mg/L)	STS (mg/L)	
1	LMS-22-0237	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08	-
2	LMS-22-0238	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	-
3	LMS-22-0239	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.12	-
4	LMS-22-0240	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.13	-
5	LMS-22-0241	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.13	-
6	LMS-22-0242	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.13	-
7	LMS-22-0243	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.13	-
8	LMS-22-0244	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.13	-
9	LMS-22-0245	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08	-
10	LMS-22-0246	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.11	-
11	LMS-22-0247	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.12	-
12	LMS-22-0248	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.16	-
13	LMS-22-0249	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.16	-
14	LMS-22-0250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.16	-
15	LMS-22-0251	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.15	-
16	LMS-22-0252	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.15	-
METODO DE ENSAYO		CP-06-LQ - DETERMINACION DE METALES EN SOLUCIONES CIANURADAS POR AAS										
TIEMPO DE CUSTODIA DE CONTRAMUESTRA											
OBSERVACIONES		Muestra "LMS-22-0238" insuficiente cantidad de volumen para su lectura										

UNTUCA miércoles, 10 de agosto de 2022


PLASENCIA BECERRA, ALVARO DANIEL
JEFE DE LABORATORIO QUÍMICO

CORI PUNO S.A.C.
LABORATORIO QUÍMICO - Untuca

Anexo N°4 Ensayo metalúrgico para las Prueba 3 y 4

Cori Puno S.A.C.
Sistema de Control de Operaciones Minero Metalúrgico

13/08/2022
06:34 a.m.
Pag. 1 de 1



INFORME DE ENSAYO N°: LQ-018-LM-2022

CLIENTE : LABORATORIO METALURGICO
PRODUCTO : SOLUCIONES CIANURADAS
RESPONSABLE DE ENTREG: ARMANDO JIHUALLANCA BUSTAMANTE

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Ver Códigos de las Muestras
CANTIDAD : 16
PRESENTACIÓN : Tubos de Vidrio de 25 ml
PROCEDENCIA : Muestras de Laboratorio Metalurgico
FECHA Y HORA DE RECEPC: 12/08/2022 02:12 p.m.
FECHA DE ANALISIS : 13/08/2022
FECHA Y HORA DE REPOR : 13/08/2022 06:40 a.m.

ORDEN	CODIGO DE MUESTRA	RESULTADOS										
		pH	Cobre (mg/L)	Hierro (mg/L)	Plomo (mg/L)	Zinc (mg/L)	Arsenic (mg/L)	Manganeso (mg/L)	Cobalto (mg/L)	Au (mg/L)	STS (mg/L)	
1	LMS-22-0253	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08	-
2	LMS-22-0254	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.09	-
3	LMS-22-0255	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.11	-
4	LMS-22-0256	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.13	-
5	LMS-22-0257	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.13	-
6	LMS-22-0258	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.12	-
7	LMS-22-0259	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.13	-
8	LMS-22-0260	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.13	-
9	LMS-22-0261	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.06	-
10	LMS-22-0262	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.06	-
11	LMS-22-0263	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08	-
12	LMS-22-0264	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.14	-
13	LMS-22-0265	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.12	-
14	LMS-22-0266	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.13	-
15	LMS-22-0267	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.11	-
16	LMS-22-0268	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.11	-
METODO DE ENSAYO		CP-06-LQ - DETERMINACION DE METALES EN SOLUCIONES CIANURADAS POR AAS										
TIEMPO DE CUSTODIA DE CONTRAMUESTRA											
OBSERVACIONES											

UNTUCA sábado, 13 de agosto de 2022


PLASENCIA BECERRA, ALVARO DANIEL
JEFE DE LABORATORIO QUÍMICO

Anexo N°5 Ensayo metalúrgico para las Prueba 5 y 6

Cori Puno S.A.C.
Sistema de Control de Operaciones Minero Metalúrgico

15/08/2022
07:57 a.m.
Pag. 1 de 1



INFORME DE ENSAYO N°: LQ-019-LM-2022

Cori Puno S.A.C.

CLIENTE : LABORATORIO METALURGICO
PRODUCTO : SOLUCIONES CIANURADAS
RESPONSABLE DE ENTREGA: ARMANDO JIHUALLANCA BUSTAMANTE

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Ver Códigos de las Muestras
CANTIDAD : 16
PRESENTACIÓN : Tubos de Vidrio de 25 ml
PROCEDENCIA : Muestras de Laboratorio Metalurgico
FECHA Y HORA DE RECEPC: 14/08/2022 03:00 p.m.
FECHA DE ANALISIS : 15/08/2022
FECHA Y HORA DE REPOR : 15/08/2022 08:00 a.m.

ORDEN	CODIGO DE MUESTRA	RESULTADOS									
		pH	Cobre (mg/L)	Hierro (mg/L)	Plomo (mg/L)	Zinc (mg/L)	Arsenic (mg/L)	Manganeso (mg/L)	Cobalto (mg/L)	Au (mg/L)	STS (mg/L)
1	LMS-22-0269	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08	-
2	LMS-22-0270	-	-	-	-	-	-	-	-	0.11	-
3	LMS-22-0271	-	-	-	-	-	-	-	-	0.12	-
4	LMS-22-0272	-	-	-	-	-	-	-	-	0.15	-
5	LMS-22-0273	-	-	-	-	-	-	-	-	0.16	-
6	LMS-22-0274	-	-	-	-	-	-	-	-	0.17	-
7	LMS-22-0275	-	-	-	-	-	-	-	-	0.18	-
8	LMS-22-0276	-	-	-	-	-	-	-	-	0.17	-
9	LMS-22-0277	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	-
10	LMS-22-0278	-	-	-	-	-	-	-	-	0.12	-
11	LMS-22-0279	-	-	-	-	-	-	-	-	0.13	-
12	LMS-22-0280	-	-	-	-	-	-	-	-	0.16	-
13	LMS-22-0281	-	-	-	-	-	-	-	-	0.16	-
14	LMS-22-0282	-	-	-	-	-	-	-	-	0.17	-
15	LMS-22-0283	-	-	-	-	-	-	-	-	0.18	-
16	LMS-22-0284	-	-	-	-	-	-	-	-	0.17	-
METODO DE ENSAYO		CP-06-LQ - DETERMINACION DE METALES EN SOLUCIONES CIANURADAS POR AAS									
TIEMPO DE CUSTODIA DE CONTRAMUESTRA											
OBSERVACIONES											

UNTUCA lunes, 15 de agosto de 2022

PLASENCIA BECERRA, ALVARO DANIEL
JEFE DE LABORATORIO QUÍMICO

Anexo N°6 Ensayo metalúrgico para las Prueba 7, 8 y 9

Cori Puno S.A.C.
Sistema de Control de Operaciones Minero Metalúrgico

22/08/2022
08:34 a.m.
Pag. 1 de 1



INFORME DE ENSAYO N°: LQ-020-LM-2022

CLIENTE : LABORATORIO METALURGICO
PRODUCTO : SOLUCIONES CIANURADAS
RESPONSABLE DE ENTREG: ARMANDO JIHUALLANCA BUSTAMANTE

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Ver Códigos de las Muestras
CANTIDAD : 24
PRESENTACIÓN : Tubos de Vidrio de 25 ml
PROCEDENCIA : Muestras de Laboratorio Metalurgico
FECHA Y HORA DE RECEPC: 21/08/2022 03:10 p.m.
FECHA DE ANALISIS : 21/08/2022
FECHA Y HORA DE REPOR : 22/08/2022 08:40 a.m.

ORDEN	CODIGO DE MUESTRA	RESULTADOS										
		pH	Cobre (mg/L)	Hierro (mg/L)	Plomo (mg/L)	Zinc (mg/L)	Arsenic (mg/L)	Manganes (mg/L)	Cobalt (mg/L)	Au (mg/L)	STS (mg/L)	
1	LMS-22-0285	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08	-
2	LMS-22-0286	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.11	-
3	LMS-22-0287	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.12	-
4	LMS-22-0288	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.16	-
5	LMS-22-0289	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.16	-
6	LMS-22-0290	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.16	-
7	LMS-22-0291	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.15	-
8	LMS-22-0292	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.15	-
9	LMS-22-0293	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08	-
10	LMS-22-0294	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.11	-
11	LMS-22-0295	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.12	-
12	LMS-22-0296	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.16	-
13	LMS-22-0297	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.16	-
14	LMS-22-0298	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.16	-
15	LMS-22-0299	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.15	-
16	LMS-22-0300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.15	-
17	LMS-22-0301	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.09	-
18	LMS-22-0302	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.11	-
19	LMS-22-0303	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.12	-
20	LMS-22-0304	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.13	-
21	LMS-22-0305	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.15	-
22	LMS-22-0306	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.16	-
23	LMS-22-0307	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.15	-
24	LMS-22-0308	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.15	-
METODO DE ENSAYO		CP-06-LQ - DETERMINACION DE METALES EN SOLUCIONES CIANURADAS POR AAS										
TIEMPO DE CUSTODIA DE CONTRAMUESTRA											
OBSERVACIONES											

UNTUCA lunes, 22 de agosto de 2022

PLACENCIA BECERRA, ALVARO DANIEL
JEFE DE LABORATORIO QUÍMICO

CORI PUNO S.A.C.
LABORATORIO QUÍMICO - Untuca

Anexo N°7 Ensayo metalúrgico para las Prueba 10 y 11

Cori Puno S.A.C.
Sistema de Control de Operaciones Minero Metalúrgico

25/08/2022
11:37 p.m.
Pag. 1 de 1



INFORME DE ENSAYO N°: LQ-021-LM-2022

CLIENTE : LABORATORIO METALURGICO
PRODUCTO : SOLUCIONES CIANURADAS
RESPONSABLE DE ENTREG: ARMANDO JIHUALLANCA BUSTAMANTE

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

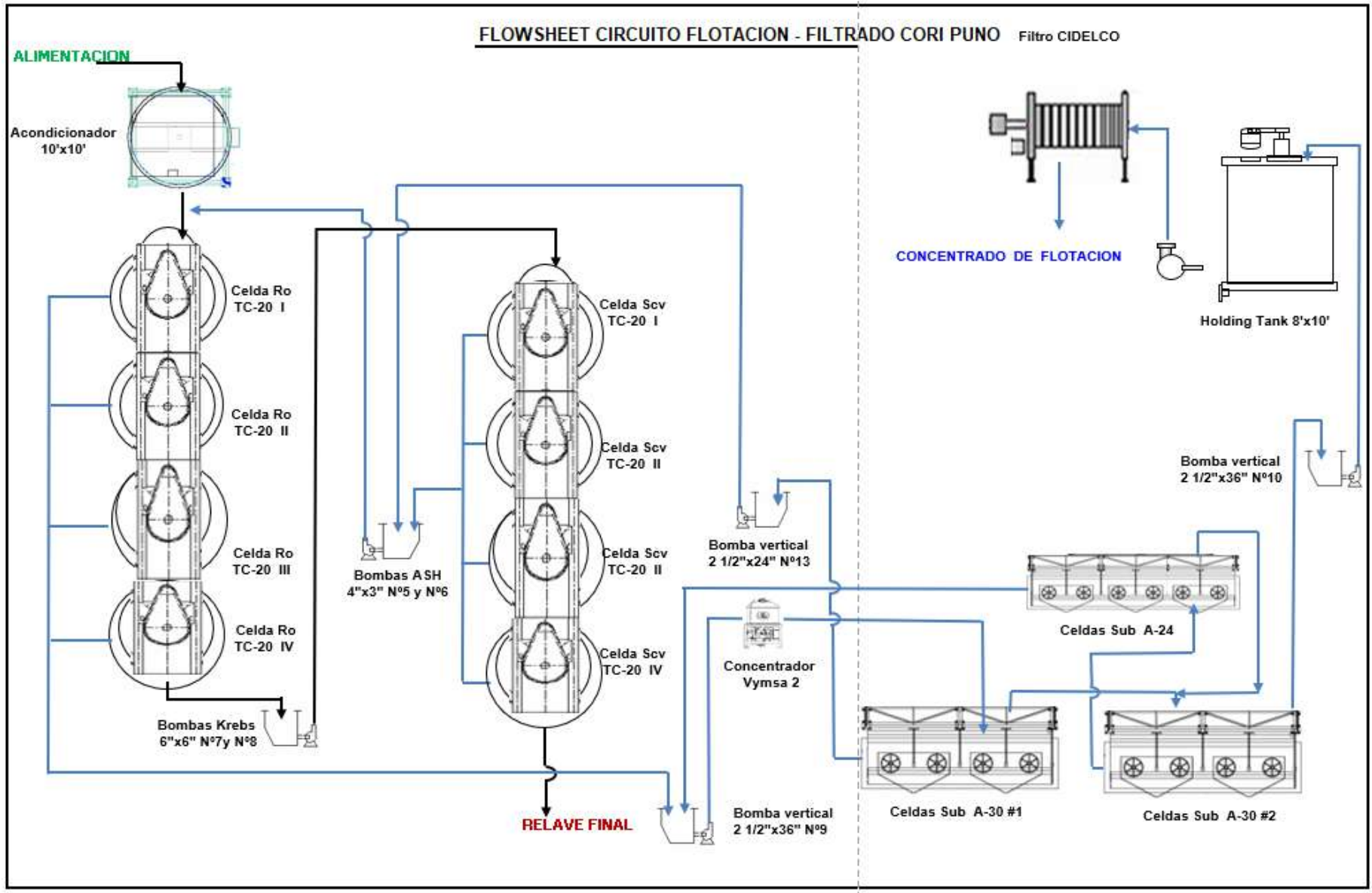
IDENTIFICACIÓN : Ver Códigos de las Muestras
CANTIDAD : 16
PRESENTACIÓN : Tubos de Vidrio de 25 ml
PROCEDENCIA : Muestras de Laboratorio Metalurgico
FECHA Y HORA DE RECEPC: 25/08/2022 02:30 p.m.
FECHA DE ANALISIS : 25/08/2022
FECHA Y HORA DE REPOR : 25/08/2022 11:45 p.m.

ORDEN	CODIGO DE MUESTRA	RESULTADOS										
		pH	Cobre (mg/L)	Hierro (mg/L)	Plomo (mg/L)	Zinc (mg/L)	Arsenico (mg/L)	Manganeso (mg/L)	Cobalto (mg/L)	Au (mg/L)	STS (mg/L)	
1	LMS-22-0309	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08	-
2	LMS-22-0310	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	-
3	LMS-22-0311	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.12	-
4	LMS-22-0312	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.13	-
5	LMS-22-0313	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.14	-
6	LMS-22-0314	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.16	-
7	LMS-22-0315	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.15	-
8	LMS-22-0316	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.15	-
9	LMS-22-0317	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.09	-
10	LMS-22-0318	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	-
11	LMS-22-0319	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.12	-
12	LMS-22-0320	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.13	-
13	LMS-22-0321	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.14	-
14	LMS-22-0322	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.16	-
15	LMS-22-0323	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.15	-
16	LMS-22-0324	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.15	-
METODO DE ENSAYO		CP-06-LQ - DETERMINACION DE METALES EN SOLUCIONES CIANURADAS POR AAS										
TIEMPO DE CUSTODIA DE CONTRAMUESTRA											
OBSERVACIONES		Muestra "LMS-22-0238" insuficiente cantidad de volumen para su lectura										

UNTUCA jueves, 25 de agosto de 2022


PLASENCIA BECERRA, ALVARO DANIEL
JEFE DE LABORATORIO QUÍMICO

Anexo N° 8 Flow sheet Cori Puno – Área Flotación


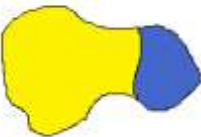
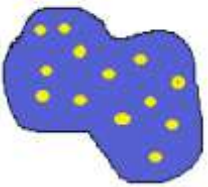




Anexo N°9 Servicios de análisis mineralógico

ITEM		CANT.	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO DOLARES	PRECIO TOTAL DOLARES
01	7		ANÁLISIS MINERALÓGICOS POR DRX	101.00	707.00
02	7		ANÁLISIS MINERALÓGICO POR MICROSCOPIA ÓPTICA-Énfasis oro	150.00	1,050.00
03	7		ESTUDIO POR MICROSCOPIA ELECTRONICA	339.00	2,373.00
NOTA: - Las muestras deben enviarse menor a 1 kilo - Enviar muestra seca y sin restos organicos.				Sub - Total	4,130.00
				IGV (18)%	743.40
				TOTAL	4,873.40
ELABORADO POR:		REVISADO POR		APROBADO POR	
Área Comercial		Dpto. de Mineralogía / Dpto. de Metalurgia		Gerencia General	

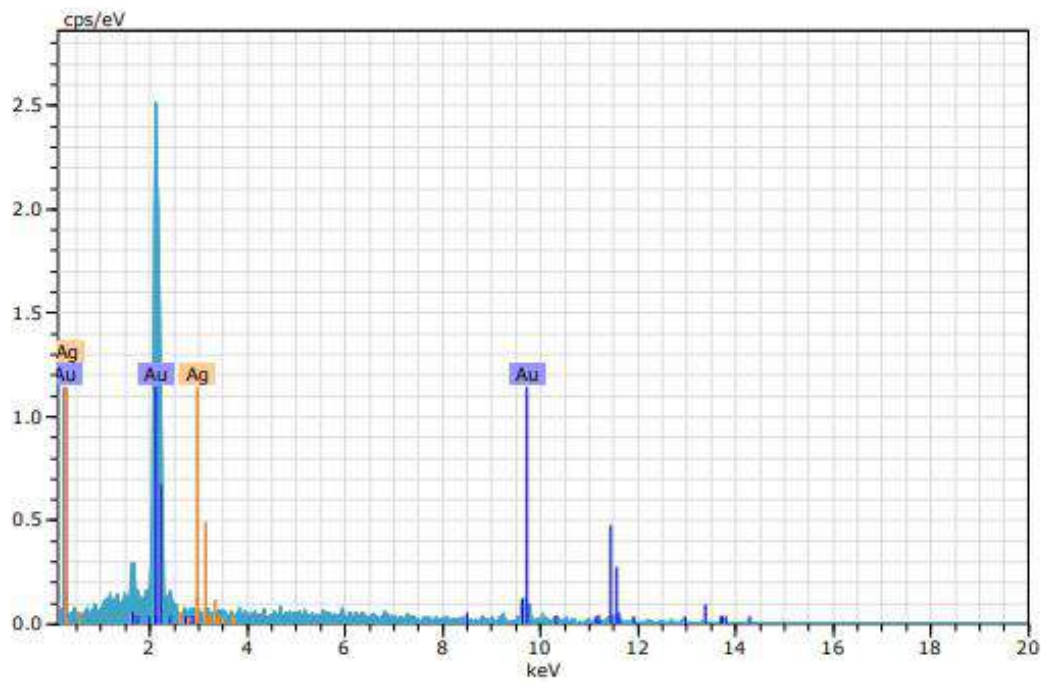
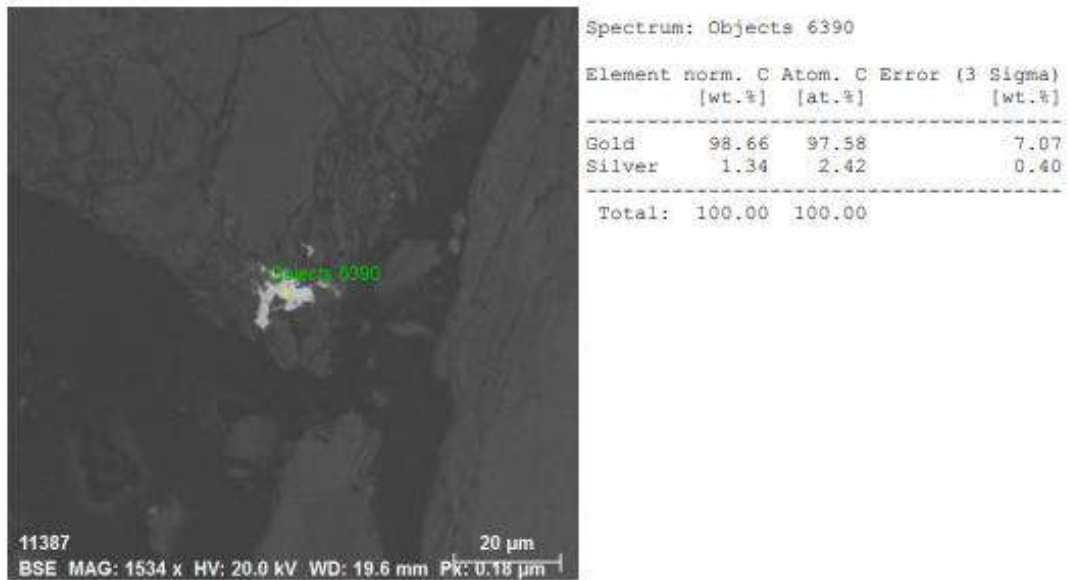
* Ver las condiciones generales

Anexo N°10 Arreglos texturales y liberación de partículas e interpretación de tabla de asociación y liberación.

ARREGLOS TEXTURALES Y LIBERACIÓN DE PARTÍCULAS		
DESCRIPCIÓN	DIAGRAMA	LIBERACIÓN
Ocluido/Incluido		Cuando un mineral aparece contenido en otro. A diferencia del tipo diseminado, se observan pocas partículas en el interior del mineral de mayor área.
Asociación lateral		Asociación en donde los minerales aparecen de forma adyacente. Desde un punto de vista metalúrgico, su liberación por vía conminución de ambos minerales es mucho más factible.
Diseminado		Cuando un mineral aparece en forma de varias y pequeñas inclusiones dentro de otro de mayor fase. La liberación de estas partículas es mucho más compleja, lo cual hace de su recuperación prácticamente inviable por procesos de molienda y flotación.
Corona		Es una asociación en donde un mineral recubre de manera total a parcial la fase que se encuentra en su interior. La recuperación está supeditada a la naturaleza fisicoquímica del mineral que realiza el "coating" ya que puede pasivar o activar dicho intercrecimiento.
Vetilla		Asociación en donde un mineral aparece "cortado" por una o varias vetillas de otro mineral (posterior). La liberación del mineral interior es difícil.

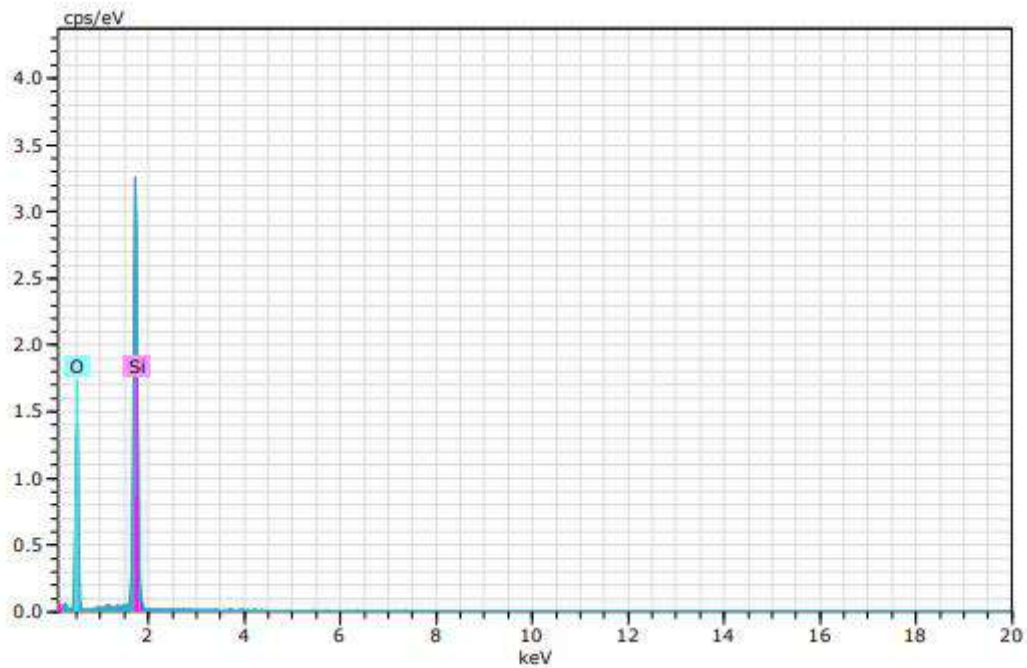
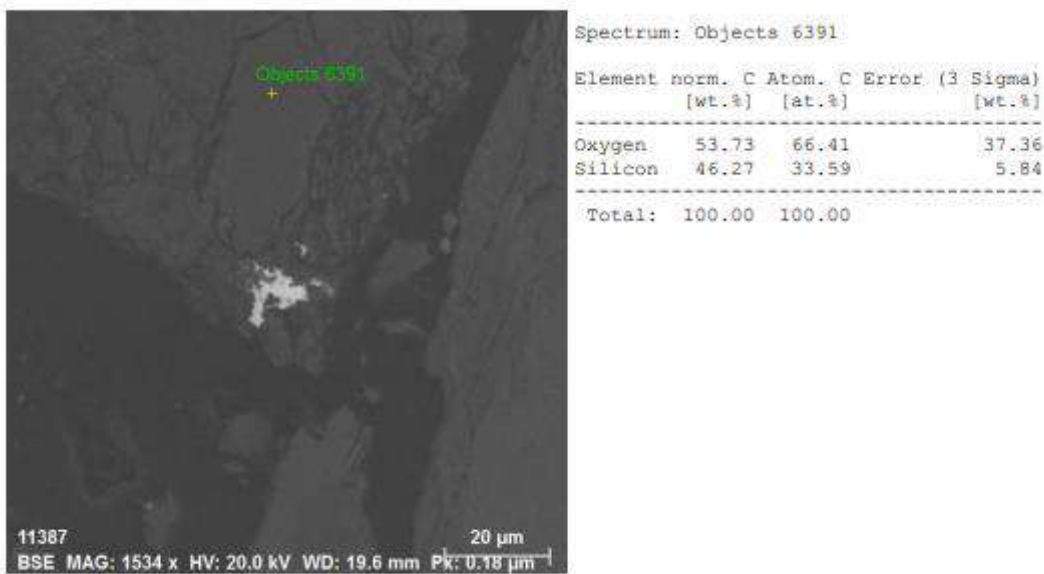
Fuente: © Bizalab.SAC

Anexo 11 Microscopia electrónica para la muestra Relave Final. Imagen, composición y espectro de oro nativo.



Anexo N° 12 Microscopia electrónica para la muestra Relave Final. Imagen, composición y espectro de cuarzo.

(LABORATORIO DE INVESTIGACION Y SERVICIOS PARA LA ACTIVIDAD
MINERA E INDUSTRIAL, 2022)



Anexo N° 13 Difractograma de la muestra Relave Final con los respectivos minerales identificados.

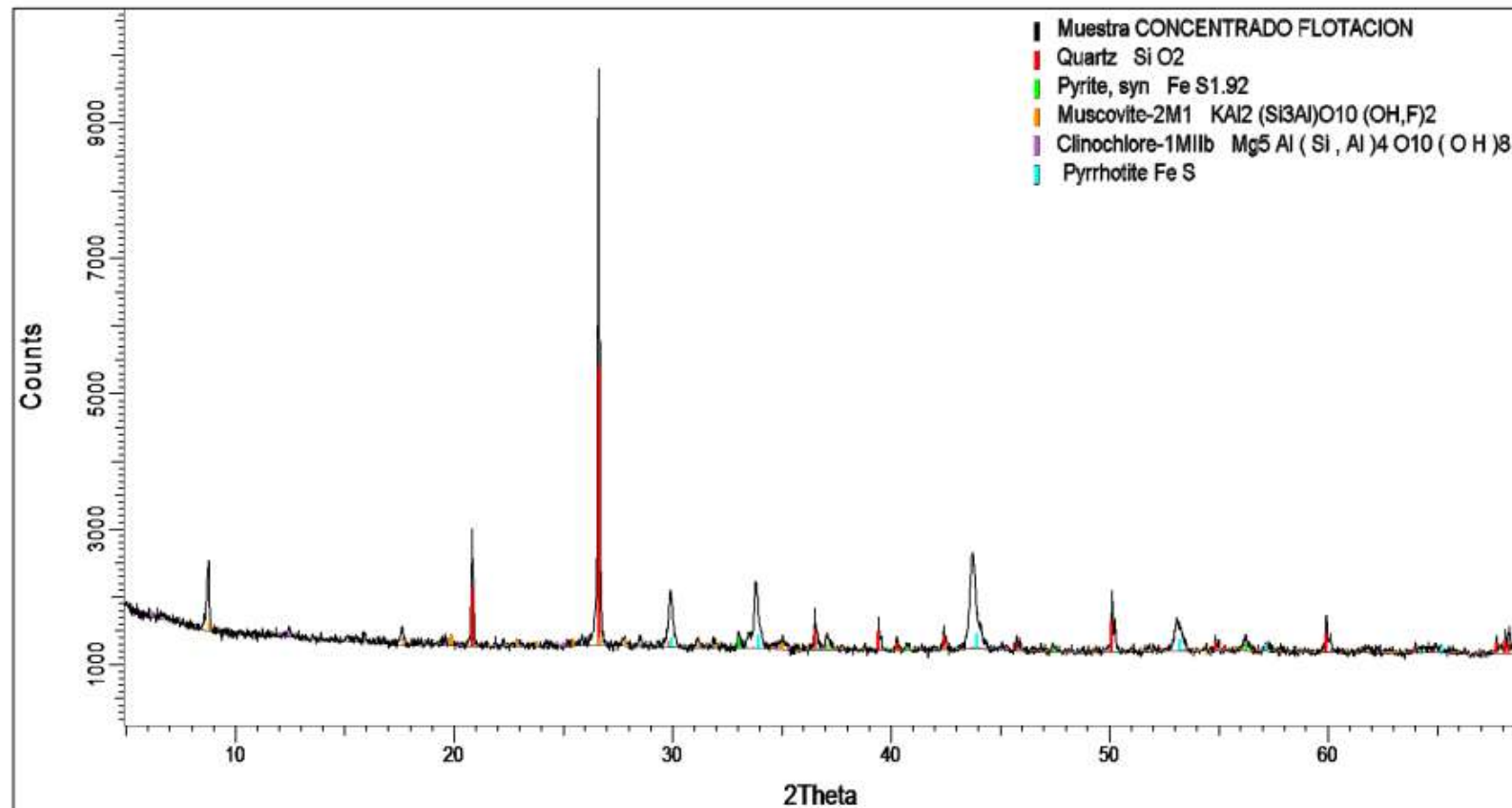


Figura 1. Difractograma de la muestra Relave Final con los respectivos minerales identificados