



VICERRECTORADO ACADÉMICO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

TESIS

**"ESTUDIO DEL PROCEDIMIENTO DE CIANURACIÓN
POR AGITACIÓN PARA LA EXTRACCIÓN DE PLATA
EN RELAVES DE VILLA DE PASCO - TINYAHUARCO
– 2017"**

Presentado por:

Bach. CHAMBI FIGUEROA, ELMER NOEL

Para optar el título profesional de:

INGENIERO DE MINAS

Pasco – Perú

2018

DEDICATORIA

A Dios

Por haberme permitido culminar la carrera y haberme dado salud para cumplir mis metas trazadas y guiarme por el buen camino.

A mis padres Nemesio y Ricardina.

Por darme siempre su apoyo incondicional y estar en los momentos más difíciles; así mismo a mis hermanos por confiar en mí persona.

A mis hijas Anyela y Araceli

Por ser mi motor y motivo para cumplir con mis metas y objetivos.

AGRADECIMIENTO

Con mucho cariño a mis queridos padres quienes fueron mis principales guías, en apoyarme y brindarme las fuerzas necesarias para salir adelante a lograr y alcanzar mi objetivo trazado y a mis hijos que son la fuerza que me impulsa a seguir adelante.

RESUMEN

La tecnología de beneficio en patio desarrollado por Bartolomé Herrera desarrollada en 1557 llega al Perú en 1571. En Pasco importante productor de plata desde la época colonial se puede encontrar varias zonas con pasivos ambientales entre ellos relaves coloniales, desechos del beneficio en patio que poseen grandes cantidades de mercurio, que se encuentran esparcidos en localidades como Villa de Pasco, anexo del distrito de Tinyahuarco. Sobre estos relaves han crecidos pastos naturales los cuales son consumidos por ganado de los campesinos que viven en esa jurisdicción, campesinos que consumen y comercializan esa carne, atentando contra su salud y de aquellas personas que se benefician con dicho ganado; siendo entonces trascendental el tratamiento de los desechos mineros de antaño para recuperar la plata del relave que tiene una ley promedio de 9 onzas por tonelada, con la adecuada deposición de los restos inservibles en una cancha de relaves especialmente diseñadas para tal fin.

En la presente investigación, se desarrolló una serie de pruebas para determinar el procedimiento de cianuración por agitación más adecuado para la extracción de plata presente en los mencionados relaves mineros. Para ello se realizaron pruebas en botella de cianuración. Para tal efecto se usó cianuro de sodio y cal. Los análisis realizados en lo que se refiere a consumo de estos últimos reactivos, fue el análisis volumétrico, utilizando para tal fin ácido oxálico, nitrato de plata y fenolftaleína.

Por otro lado, se hizo pruebas de molienda en tiempos de 3 y 5 minutos y la agitación en botella se desarrolló en 48 y 72 horas.

Para la prueba de hipótesis, se ha utilizado el estadístico ANOVA, mediante el cual se pudo probar estadísticamente que no existe diferencia entre las medias obtenidas en las extracciones de plata y oro en los procedimientos evaluados.

En consecuencia, de acuerdo a lo evaluado, se ha podido determinar que el tiempo de molienda adecuado es de 5 minutos y por otro lado el tiempo de cianuración adecuado es de 72 horas, los consumos promedios de NaCN para estas condiciones son de 3.7 Kg/TM y, en lo que se refiere a cal el consumo es de 4,78 Kg/TM.

Es recomendable remover esos pasivos para recuperar los valores presentes en esos desechos y los residuos, depositarlos en una cancha de relaves apropiada.

Palabras claves: Cianuración, agitación, extracción, relave.

ABSTRACT

Benefit technology developed by Bartolome Herrera courtyard industrialized in 1557 arrived in Peru, 571. Pasco is one of the most important cities in silver, subsequently colonial times you can find several areas with conservational liabilities among them colonial investigations, yard waste benefit in having large amounts of mercury, they are scattered in towns like Villa de Pasco, Tinyahuarco district. Tailings have grown over these natural grasses that are used up by farmers' cows who living in that town, peasants who eat and sell the meat, undermining their health and people who benefit from such cattle; then being transcendental of old mining waste to recover silver from tailings having an average grade of 9 ounces per ton with proper admission of the impracticable remains in a sludge field, particularly calculated for that determination.

The research developed a series of tests to determine the cyanidation process more suitable stirring for withdrawal silver present in said tailings. For these tests were performed on bottle cyanidation. For this purpose, sodium cyanide and lime were used. Analyzes were performed on the consumption of the last substances, it was the volumetric examination, oxalic acid, silver nitrate and phenolphthalein are used for this purpose.

Likewise, crushing tests were performed in times of 3 and 5 minutes and bottle stirring was industrialized in 48 to 72 hours.

In the hypothesis test we use the ANOVA statistic by means of which it was statistically proved that there is not difference between the means obtained in the silver and gold extractions in the evaluated procedures.

In use hypothesis testing statistical ANOVA by which statistically proved there is not difference between the means got in the removal of silver and gold in the measures evaluated.

As a result, thus evaluated, it was determined that suitable milling time is 5 minutes suitable time is 72 hours cyanidation, NaCN consumption averages for these conditions are 3.7 Kg / MT, and about lime consumption is 4.78 Kg / TM.

It is advisable to remove those charges to retrieve the values present in these wastes and residues, depositing on a court appropriate tailing.

Keywords: cyanidation, agitation, extraction, tails.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Resumen	iv
Abstract	vi
Índice de contenido	viii
Indice de cuadros	xi
Indice de tablas	xi
Indice de figuras	xiv
Indice de gráficos	xv
Introducción.....	xvi

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	18
1.2. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.2.1. Espacial.....	19
1.2.2. Temporal.....	19
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	19
1.3.1. Problema General	19
1.3.2. Problemas Específicos	20
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.4.1. Objetivo General.....	20
1.4.2. Objetivos Específicos	20
1.5. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	21
1.5.1. Hipótesis General	21
1.5.2. Hipótesis Específicas.....	21
1.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
1.6.1. Variable independiente	22

1.6.2. Variable dependiente.....	22
1.6.3. Operacionalización de Variables.	22
1.7. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	24
1.7.1. Tipo de Investigación.....	24
1.7.2. Nivel de Investigación.....	24
1.7.3. Métodos de Investigación	24
1.7.4. Diseño de investigación.....	24
1.8. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN	25
1.8.1. Población.....	25
1.8.2. Muestra	25
1.9. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	25
1.9.1. Técnicas.....	25
1.9.2. Muestreo	26
1.9.3. Instrumentos.....	26
1.10. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	26
1.10.1 Justificación.....	26
1.10.2. Importancia.....	27

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	28
2.1.1. Antecedentes nacionales.....	28
2.1.2. Antecedentes internacionales	28
2.2. BASES TEÓRICAS	29
2.2.1. Beneficio de patio	29
2.2.2. Proceso de amalgamación patio.....	45
2.2.3 . Cianuración de plata.....	46
2.2.4. Concentración de cianuro de sodio.....	50
2.2.5. Alcalinidad protectora	51
2.2.6. Termodinámica de la cianuración	52

2.2.7. Caracterización de las partículas	53
2.2.8. Mecanismo de la cianuración	60
2.2.9. Reducción de tamaño.....	63
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	66

CAPÍTULO III

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.1. ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LAS VARIABLES	68
3.1.1. Análisis del relave (cabeza)	68
3.1.2. Desarrollo de las pruebas metalúrgicas	73

CAPÍTULO IV

PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS

4.1. HIPÓTESIS GENERAL	90
4.1.1. Prueba de hipótesis general	90
4.1.2. Resultados obtenidos en la aplicación de los procedimientos 1 y 2	91
4.1.3. Contrastación de la hipótesis general	92
4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	93
4.2.1. HIPÓTESIS ESPECÍFICA OBTENIDA 1	93
4.2.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA OBTENIDA 2	93
4.2.3. HIPÓTESIS ESPECÍFICA OBTENIDA 3	94

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	95
CONCLUSIONES.....	97
RECOMENDACIONES	98
FUENTES DE INFORMACIÓN.....	99
ANEXOS	101

Anexo 1. Técnicas de muestreo

Anexo 2. Matriz de consistencia

Anexo 3. Reporte fotográfico

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Operacionalización de variables	23
Cuadro 2. Análisis mineragráfico de los relaves coloniales de Villa de Pasco – Tinyahuarco.	70

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diámetros nominales	57
Tabla 2. Análisis representativo de tamices.....	58
Tabla 3. Análisis químico de los relaves coloniales de Villa de Pasco – Tinyahuarco.....	69
Tabla 4. Análisis granulométrico de los relaves coloniales de Villa de Pasco – Tinyahuarco.....	70
Tabla 5 Análisis granulométrico valorado de los relaves coloniales de Villa de Pasco - Tinyahuarco.....	72
Tabla 6. Análisis granulométrico de los relaves coloniales de Villa de Pasco - Tinyahuarco, después de una molienda de 3 minutos	74
Tabla 7. Análisis granulométrico valorado de los relaves coloniales de Villa de Pasco -Tinyahuarco, después de una molienda de 3 minutos	75
Tabla 8. Análisis granulométrico de los relaves coloniales de Villa de Pasco - Tinyahuarco, después de una molienda de 5 minutos	76
Tabla 9. Análisis granulométrico valorado de los relaves coloniales de Villa de Pasco -Tinyahuarco, después de una molienda de 5 minutos.	78
Tabla 10 Cinética de lixiviación de Ag de los relaves coloniales Villa de Pasco – Tinyahuarco.....	79
Tabla 11. Cinética de lixiviación de Ag de los relaves coloniales Villa de Pasco - Tinyahuarco.....	80
Tabla 12. Cinética de lixiviación de Ag de los relaves coloniales Villa de Pasco - Tinyahuarco.....	82
Tabla 13. Cinética de lixiviación de Ag de los relaves coloniales Villa de Pasco – Tinyahuarco.....	83
Tabla 14 Cinética de lixiviación de Ag de los relaves coloniales Villa de Pasco – Tinyahuarco.....	84
Tabla 15. Cinética de lixiviación de Ag de los relaves coloniales Villa de Pasco – Tinyahuarco.....	85

Tabla 16. Cinética de lixiviación de Ag de los relaves coloniales Villa de Pasco – Tinyahuarco.....	86
Tabla 17. Cinética de lixiviación de Ag de los relaves coloniales Villa de Pasco - Tinyahuarco.....	87
Tabla 18. Cinética de lixiviación de Ag de los relaves coloniales Villa de Pasco – Tinyahuarco.....	88
Tabla 19. Cinética de lixiviación de Ag de los relaves coloniales Villa de Pasco – Tinyahuarco.....	89
Tabla 20. Parámetros utilizados en los procedimientos de cianuración por agitación	90
Tabla 21. Resultados de extracción de plata obtenidos con el Procedimiento 1 ...	91
Tabla 22. Resultados de extracción de plata obtenidos con el Procedimiento 2 ...	92
Tabla 23. Resumen del análisis de varianza de un factor	92
Tabla 24. Análisis de varianza de un factor	93

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diseño de investigación.....	24
Figura 2. Diagrama de flujo de la Producción de Plata por el método de Beneficio en Patio.....	32

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Distribución granulométrica de los relaves de Villa de Pasco - Tinyahuarco.....	71
Gráfico 2. Distribución granulométrico de Ag de los relaves coloniales de Villa de Pasco -Tinyahuarco	72
Gráfico 3. Análisis granulométrico de los relaves coloniales de Villa de Pasco - Tinyahuarco, después de una molienda de 3 minutos	74
Gráfico 4. Análisis granulométrico valorado de los relaves coloniales de Villa de Pasco -Tinyahuarco, después de una molienda de 3 minutos	76
Gráfico 5. Análisis granulométrico de los relaves coloniales de Villa de Pasco - Tinyahuarco, después de una molienda de 5 minutos	77
Gráfico 6. Análisis granulométrico valorado de los relaves coloniales de Villa de Pasco -Tinyahuarco, después de una molienda de 5 minutos.	78
Gráfico 7. Cinética de lixiviación de Ag de los relaves coloniales de Villa de Pasco -Tinyahuarco.....	80
Gráfico 8. Cinética de lixiviación de Ag de los relaves coloniales de Villa de Pasco -Tinyahuarco.....	81
Gráfico 9. Cinética de lixiviación de Ag de los relaves coloniales de Villa de Pasco -Tinyahuarco.....	82
Gráfico 10. Cinética de lixiviación de Ag de los relaves coloniales de Villa de Pasco -Tinyahuarco.....	83
Gráfico 11. Cinética de lixiviación de Ag de los relaves coloniales de Villa de Pasco -Tinyahuarco.....	84
Gráfico 12. Cinética de lixiviación de Ag de los relaves coloniales de Villa de Pasco –Tinyahuarco.....	85
Gráfico 13. Cinética de lixiviación de Ag de los relaves coloniales de Villa de Pasco -Tinyahuarco.....	86
Gráfico 14. Cinética de lixiviación de Ag de los relaves coloniales de Villa de Pasco -Tinyahuarco.....	87
Gráfico 15. Cinética de lixiviación de Ag de los relaves coloniales de Villa de Pasco -Tinyahuarco.....	88
Gráfico 16. Cinética de lixiviación de Ag de los relaves coloniales de Villa de Pasco -Tinyahuarco.....	89

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó una evaluación para determinar el procedimiento más adecuado, para extraer plata de relaves coloniales procedentes del beneficio en patio, depositados en la localidad de Villa de Pasco - Anexo del distrito de Tinyahuarco, utilizado el procedimiento de cianuración por agitación con cianuro de sodio.

En el primer capítulo desarrollamos el planteamiento del problema, donde se recalca de que no existen parámetros estandarizados para tratar los diversos tipos de minerales, por los cuales es fundamental determinar el procedimiento más apropiado.

En el segundo capítulo se considera el marco teórico, mencionamos los antecedentes, en el cual destacamos la investigación realizada en relaves coloniales procedentes de otros depósitos de la provincia de Pasco, los mismos que tienen características similares.

En el tercer capítulo realizamos la presentación de resultados de las pruebas metalúrgicas y ensayos químicos realizados en el laboratorio, debidamente sustentadas.

En el cuarto capítulo, se realiza la contrastación de hipótesis, el cual nos dio como resultado que no existe diferencia entre las medias al someter las muestras a molienda de 3 y 5 minutos, de la misma manera no existe diferencia en las extracciones de plata y oro al lixiviarlos por 48 y 72 horas.

En el quinto capítulo desarrollamos la discusión con los resultados de otra investigación de cianuración de relaves coloniales en los que se menciona que se requiere de 5 minutos de molienda y 72 horas de lixiviación similar a la obtenida en esta investigación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

La localidad de Villa de Pasco, es un anexo del Distrito de Tinyahuarco; se encuentra ubicada en la provincia de Pasco, Región Pasco, donde se encuentran ubicados los relaves coloniales.

En los relaves ubicados en el distrito de Tinyahuarco, se utilizó la tecnología del beneficio en patio desde la colonia para la recuperación de plata, el cual dejó varios pasivos ambientales como las que se hallan en la zona indicada en el párrafo anterior, el cual se encuentra a 19.47 Km de Cerro de Pasco, en el Km. 38 de la carretera central. Aquellos son relaves coloniales con alto contenido de mercurio y una ley promedio de 9 onzas por tonelada de plata. Siendo fundamental recuperar dicho metal y hacer una deposición adecuada de los desechos, de tal manera que no siga afectando la

vida animal y consecuentemente la salud de los campesinos que en esa localidad habitan. La extracción de plata y oro de los minerales; en este caso de relaves coloniales no responden todos de la misma forma, por ello la presente investigación trata de establecer cuál es el mejor procedimiento para extraer dicha plata por cianuración por agitación; el cual permitirá realizar una extracción óptima de la plata existente, en este caso los de los relaves procedentes de la localidad de Villa de Pasco, anexo del Distrito de Tinyahuarco.

1.2 DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. Espacial

La investigación se desarrolló en la localidad de Villa de Pasco de Pasco – Anexo del distrito de Tinyahuarco.

1.2.2. Temporal.

La investigación se desarrolló desde el mes de abril al mes de setiembre del 2017

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.3.1 Problema General

¿Cuál será el procedimiento de cianuración por agitación adecuado para la extracción de plata en relaves coloniales de Villa de Pasco -Tinyahuarco - 2017?

1.3.2 Problemas Específicos

- a.- ¿Cuál es el grado de molienda adecuado en el procedimiento de cianuración por agitación, para la extracción de plata en relaves coloniales de Villa de Pasco - Tinyahuarco - 2017?
- b.- ¿Cuál es el tiempo óptimo de cianuración por agitación para la extracción de plata en relaves coloniales de Villa de Pasco -Tinyahuarco – 2017?
- c.- ¿Cuál es la dosificación óptima de reactivos de cianuración por agitación para la extracción de plata en relaves coloniales de Villa de Pasco - Tinyahuarco - 2017?

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo General

Determinar el procedimiento de cianuración por agitación adecuado para la extracción de plata en relaves coloniales de Tinyahuarco - 2017.

1.4.2 Objetivos Específicos

- a.- Determinar el grado de molienda adecuado en el procedimiento de cianuración por agitación, para la extracción de plata en relaves coloniales de Villa de Pasco - Tinyahuarco - 2017.

- b.- Establecer el tiempo óptimo de cianuración por agitación para la extracción de plata en relaves coloniales de Villa de Pasco - Tinyahuarco - 2017.
- c.- Evaluar la dosificación óptima de reactivos de cianuración por agitación para la extracción de plata en relaves coloniales de Villa de Pasco - Tinyahuarco - 2017.

1.5 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 Hipótesis General

El procedimiento de cianuración por agitación adecuado permite la extracción de plata en relaves coloniales de Villa de Pasco - Tinyahuarco - 2017

1.5.6 Hipótesis Específicas

- a.- El grado de molienda adecuado en el procedimiento de cianuración por agitación, permite maximizar la extracción de plata en relaves coloniales de Villa de Pasco - Tinyahuarco - 2017.
- b.- El tiempo óptimo de cianuración por agitación permite optimizar la extracción de plata en relaves coloniales de Villa de Pasco - Tinyahuarco - 2017.
- c.- La dosificación óptima de reactivos de cianuración por agitación, permite la extracción óptima de plata en relaves coloniales de Villa de Pasco - Tinyahuarco – 2017.

1.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. Variable independiente

Procedimiento de Cianuración por agitación

1.6.2. Variable dependiente

Porcentaje de extracción de plata

1.6.3. Operacionalización de Variables.

La operacionalización de las variables consideradas en el presente estudio, se detalla en el Cuadro 1

Cuadro 1. Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
INDEPENDIENTE	Se refiere a la determinación de los parámetros más adecuados para la extracción de plata por cianuración por agitación	En este caso realizaremos una serie de pruebas en el laboratorio metalúrgico, para determinar : el grado de molienda, tiempo de cianuración y concentración de reactivos óptimos para la adecuada cianuración	Molienda	Grado de molienda
Procedimiento de Cianuración por agitación			Tiempo de cianuración	Horas
			Concentración de reactivos	Gramos/tonelada
DEPENDIENTE	Se refiere a el porcentaje de plata presente en la solución con relación a la cantidad de plata presente en la muestra antes de la prueba	Después de la cianuración el tiempo determinado, se efectuará la toma de muestra de la solución para su respectivo análisis químico.	Extracción de plata	Onzas / tonelada
Porcentaje de extracción de plata				

Fuente : Elaboración propia

1.7 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1. Tipo de Investigación

En lo que se refiere al tipo de investigación, según la naturaleza en cuanto al nivel de conocimiento que se desea alcanzar en el presente trabajo, es una investigación aplicada.

1.7.2. Nivel de Investigación

En cuanto a los niveles de investigación es experimental.

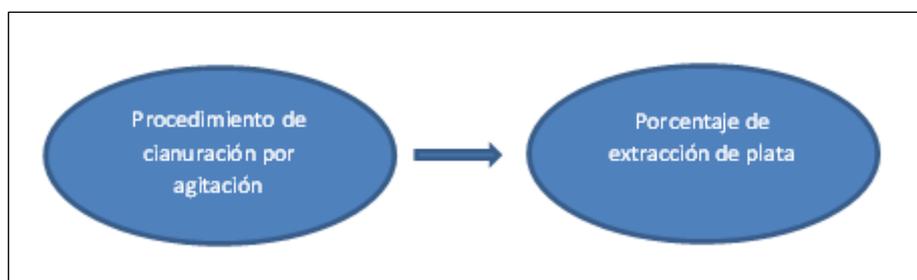
1.7.3 Métodos de Investigación

El método de investigación utilizado es el método cuantitativo, siendo estadístico y experimental.

1.7.4 Diseño de investigación

El diseño es experimental, tenemos, el manejo de la variable independiente ya que la podemos manipular de manera intencional, así mismo es experimental.

Figura 1 Diseño de investigación



Fuente : Elaboración propia

1.8 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

1.8.1 Población.

La población está constituida por las 32,880 TMH ubicadas en la localidad de Villa de Pasco - Tinyahuarco, situadas en concesión adquirida por la Compañía Minera Aurex S.A.

1.8.2 Muestra

El relave extraído de los puntos diseñados bajo el sistema de redes cavados en formada de pozos de 0.7m de profundidad por 1 m de diámetro, en un total de 20 pozas.

1.9 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

1.9.1 Técnicas

En la presente investigación se ha hecho uso de las siguientes técnicas

- Documental; para la recopilación de información,, los mismos que sustentan la teoría.
- De campo; la técnica utilizada fue la del experimento, con el objetivo de comprobar las hipótesis planteadas en el presente estudio, utilizándose las hojas de reporte de pruebas.

1.9.2 Muestreo

La técnica de muestreo está basada en la Guía de Hidrometalurgia de la Universidad Daniel Alcides Carrión, la misma que es el sistema de redes y coneo y que se incluye como Anexo 01.

1.9.3 Instrumentos

Los instrumentos que se utilizaron en el presente estudio, son las hojas de reporte.

1.10 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

1.10.1 Justificación

La extracción de plata y oro, en este caso de relaves coloniales no responden todos de la misma forma, por ello la presente investigación tratará de establecer cuál es el mejor procedimiento para extraer plata por cianuración por agitación. El mismo que permitirá realizar pruebas más elaboradas para la extracción de plata a partir de los relaves en mención de manera industrial, para ello contamos con información de relaves de otros depósitos. En los casos que nuestras pruebas den resultados similares a la información de pruebas de otros depósitos que se tratan ya en la planta industrial de AUREX S.A. nos permitirá una idea clara del comportamiento en escala industrial del mineral en investigación.

1.10.2 Importancia

Desde el punto de vista ambiental es imperativo extraer estos relaves coloniales, ya que los mismos contienen metales pesados y principalmente mercurio, siendo pasivos ambientales que atentan contra la salud de las personas que viven en estas comunidades y sus animales. Por otro lado, los restos de minerales después de la cianuración se deberán depositar convenientemente en una cancha de relaves convenientemente. Por otro lado, se generará empleo, divisas, y utilidades para la empresa que extraiga plata a partir de relave colonial.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 Antecedentes nacionales

Malvaceda (2012) en las conclusiones de su tesis “Optimización de operaciones metalúrgicas para el tratamiento de relaves de amalgamación de la planta de lixiviación de la Compañía Minera AUREX S.A. menciona: La molienda optima es la de 80% - 200 mallas (5 minutos de molienda) donde el contenido de plata se encuentra distribuido en 86.86 y oro 90.72 debajo de la malla 200 (p. 145)

2.1.2 Antecedentes internacionales

Andrews (2012) en tesis *Diseño De Procesos Para Recuperar Oro Y Plata Desde El Depósito De Relaves De Minera Meridian*, menciona:

Es así como, para una reducción de tamaño del mineral a 100% bajo 75 μm (- #200 Ty), 53 μm (- #270 Ty) y 38 μm (- #400 Ty) se observó que el aumento en las recuperaciones de oro y plata fue menor a 5 puntos porcentuales entre las 2 y 48 horas de lixiviación. (p. 46).

Figueredo (2015) en el artículo *Estudio De La Cinética De Lixiviación de Oro y Plata por Cianuración de una Mena Cuarzosa de Origen Epitermal*, menciona:

Se demostró la compatibilidad de las menas con el proceso de lixiviación con cianuro de sodio, alcanzándose una alta eficiencia de extracción para el oro de hasta un 95% y un tiempo de lixiviación óptimo de 12 horas. Un aumento del grado de molienda hasta un 90%-0,074mm, incrementó en un 2% la extracción de oro con respecto a moler a un 80%-0,074mm. Los consumos obtenidos para el cianuro (1,64kg/t) y la cal (2,2kg/t) son aceptables para el procesamiento industrial de las menas. (p. 9)

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Beneficio de patio

El beneficio de patio, es un procedimiento minero que fue descubierto por Bartolomé de Medina en 1557, para la recuperación de plata; técnica que para esa época fue muy importante. Hasta antes de su invención la recuperación del mencionado metal se realizaba siguiendo la técnica indígena

que utiliza procedimientos pirometalúrgicos para la recuperación la plata de la mena; dicho procedimiento consistía en: frotar los minerales con sal marina y luego someterlos a la fundición.

La innovación de Medina consiste en la no utilización de fuego, siendo su procedimiento el siguiente: se reducía el mineral a polvo luego se humedecía, enseguida se le agregaba sal marina, acto seguido se le extiende en los patios enlozados de la hacienda, así dispuestas se les agrega, piritas y carbonato de sosa para elevar la temperatura en la masa que luego de algunos días se le adiciona azogue y se hace caminar sobre la masa a hombres y mulas.

Esta técnica desperdiciaba grandes cantidades de mercurio, por otro lado, la exposición directa con el mercurio causaba serios daños a la salud de los que laboraban en esta industria. Por otro lado, esta técnica se extendió al resto de América y Europa extrayéndose grandes cantidades de plata en todo el mundo con la mencionada técnica.

La mencionada tecnología llega al Perú a inicios de la década de 1570. En Pasco se puede encontrar varios restos de esta en forma de ingenios donde otrora se recuperaba plata entre ellos podemos mencionar: Carmen Chico, Carmen Alto, Yanacocha entre otros estando en Villa de Pasco Tinyahuarco. Así mismo es necesario mencionar que en esta

comunidad hubo más ingenios que fueron destruidos pero los relaves del tratamiento en esos ingenios yacen en la zona los cuales son motivo de esta investigación.

De Rivero (2010), en su libro *Memoria del Rico Mineral de Pasco 1828*, menciona:

La metalurgia en el Perú no ha hecho grandes progresos que debían esperarse de un país exclusivamente minero que encierra en su majestuosa cordillera diferentes especies de metales que requieren métodos particulares para ser beneficiados” prosigue diciendo: “La amalgamación, único ramo de la metalurgia usado hasta el día, se ha perfeccionado desde que la invento el minero Medina sin embargo falta todavía mucho para que podamos mirarla con alguna perfección y sacar resultados tan ventajosos como los que se obtienen en la oficina de Hasbrücke cerca de Freyberg, donde diariamente se extrae la plata de 200 quintales, en 24 horas, perdiendo $\frac{3}{4}$ de onza por quintal; cuando con nuestro proceder se desperdicia como una libra de azogue por cada marco de Plata. (p. 29)

El procedimiento del beneficio de patio, se realizaba de acuerdo al diagrama presentado en la Figura 2.

Figura 2. Diagrama de flujo de la Producción de Plata por el método de Beneficio en Patio.



Fuente : Elaboración propia

A continuación, se describe detalladamente el beneficio de patio:

Hermosa (1857), en su libro *Manual del laboreo de minas*, describe:

Patios:

El patio es una extensión superficial más o menos grande en la cual se disponen y permanecen los metales molidos durante la operación de su beneficio. El piso se forma de un enlosado con grandes losas tersas y bien unidas entre sí, para impedir que el azogue se vaya por las juntas. También se forma el piso de un patio de vigas o gruesas tablas de madera flexible y bien seca, perfectamente ensambladas y descansando sobre un suelo igual y bien apisonado. Se le da al piso una ligera inclinación para que corran las aguas de lluvia sin arrastrar gran cantidad de lamas; y en la parte más baja se donen unas canoas o canales escamadas para recoger la lama acarreada por el agua; o, también, se dispone el cárcamo de los lavaderos de modo que a él vayan a dar.

En algunos lugares en que las lluvias son muy copiosas y continuas, se cubren los patios con tejabanos, y entonces se llaman galeras.

Materiales y procedimientos del beneficio.

Los agentes empleados para beneficiar los metales de plata por patio, son: la sal marina, el sulfato de cobre o magistral, la cal apagada, el cobre extremadamente dividido y el azogue. De esas sustancias tres son las principales, y faltando alguna de ellas, no hay beneficio; tales son: la sal, el magistral y el azogue. El cobre precipitado, la cal y las cenizas, se emplean de una manera accidental para corregir los defectos que pueden sobrevenir en el curso de la manipulación, aunque al presente se va generalizando para ciertos metales el uso del cobre, precipitado de su sulfato, como parte esencial, al mismo tiempo que se desecha del todo la cal.

Sal:

Hay varias clases de sal que, según las localidades, se emplean en el beneficio; atendiendo a la cantidad real de cloruro de sodio que contiene cada una, para suministrarla en más o menos proporción. La sal de la mar purificada y cristalizada que proviene de Colima en su mayor parte, es la mejor; sigue la que se extrae del agua de los pozos salados en diferentes partes, que no se obtiene cristalizada, y está mezclada de otras sales y de alguna tierra; la última clase es la de la sal-tierra, que, como lo indica su nombre, está mezclada con mucha tierra y tiene, por consiguiente, muy corta cantidad de cloruro de sodio.

Magistral

Esta sustancia está compuesta comúnmente de una mezcla de sulfatos de cobre y de hierro con los óxidos de los mismos metales, la cual resulta de quemar en hornos de reverbero las piritas de cobre y de hierro. Se prepara moliendo las piritas (comúnmente bronce) hasta dejarlas en estado de arena gruesa; si la piritita de cobre no está en la piedra mezclada con la de hierro, se le agrega la mitad de su volumen de esta, y se pone a reverberar durante tres o cuatro horas, al fin de las cuales se quita el fuego y se tapa la boca del horno, dejando dentro el magistral 20 o 24 horas. También se acostumbra agregar sal a las piritas, sin duda con objeto de clorurar al cobre; pero, según la teoría admitida de las reacciones, ni esto, ni el mezclar la piritita de hierro a la de cobre, es necesario. La parte del magistral que obra en el beneficio de una manera más pronunciada, es el sulfato de cobre; de aquí es que, será mejor un magistral hecho solo de piritas de cobre que el que contenga las de hierro.

El mejor magistral se prepara en el real de Angangueo, departamento de Michoacan, donde abunda mucho la piritita cobriza: este magistral solo contiene la cuarta parte de su peso de sulfato de cobre.

Ensalmorar:

Dejamos las lamas en el patio bien revueltas y de una consistencia uniforme y poco aguada. Entonces se ensalmora agregando de un dos a un cinco por ciento del peso del metal, de sal, según la clase de esta; siendo la menor proporción si se emplea la más purificada y cristalizada, y la mayor para la que no lo está, conteniendo alguna tierra. Se reparte la sal con igualdad por toda la masa (extendida formando una torta), y en seguida se mezcla, sea por hombres que lo hacen con los pies, sea con mulas o caballos, que lo hacen de la misma manera.

Aunque las dosis que se han mencionado son las que se acostumbra echar comúnmente, hay algunos metales que necesitan de más sal y son aquellos de los negros que están en pinta gruesa, o pastosa, formados de cobre gris platoso. De todos modos, es mejor que haya un exceso de sal y no falta de ella, para no tener que agregarla después durante el beneficio, cuando este ya se haya torcido.

Incorporar:

Así se llama el acto de agregar a una torta o montón ensalmorado, el azogue y magistral. Antes de incorporar, ya se debe saber qué clase de metal es el que se va a beneficiar, y cómo se porta en el curso del beneficio. Según esto, se

distinguen los metales en calientes., templados y fríos. Calientes, son generalmente los colorados, que por la descomposición de las piritas contienen alguna caparrosa o sulfato de hierro; fríos, son los negros que no tienen ninguna sustancia metálica descompuesta, y son, como se ha dicho, los piritosos y plomosos, pudiéndose contar entre ellos también los rosiclereos que, cuando no se queman previamente, necesitan mucho magistral para beneficiarse. Los templados son los de pinta delgada, que no suelen contener más mineral metálico que el de plata.

La cantidad de azogue que se necesita para recoger toda la plata que por este beneficio pueden dar los metales, es de cinco veces el peso, que, según ensayo, contiene de plata la torta. Generalmente se calcula en seis veces el peso de la plata; pero nunca llega a secar, es decir, a amalgamarse del todo, esa cantidad, y además, se aumenta la pérdida de azogue. Si, los que se tratan, son metales dóciles, colorados y templados de pinta delgada, y si se dispone de un buen medio de repaso, se incorpora desde luego toda la cantidad de azogue; pero a los rebeldes, que son comúnmente los llamados fríos, solo se incorpora una parte del azogue, que puede ser la mitad o tercera de lo que se ha de emplear en todo el beneficio; pues, siendo lentas las reacciones que se obran para desmineralizar la plata de esos metales, el azogue

en exceso se subdivide y parece que se detiene el beneficio, a cuyo efecto se llama tenderse o empanturrarse, no dejando de obrar sobre él la sal y el magistral, convirtiéndolo en cloruro, que es lo que forma el tendido en lis.

Para incorporar se necesita que la masa metálica esté de consistencia conveniente, ni muy aguada ni muy espesa, por lo que esta operación se hace al día siguiente de haber ensalmoreado, y dos o tres días después, si la masa se ha aguado con la sal. Ante todo, se revuelve bien para que quede uniforme; después se agregan el magistral y el cobre, mezclándolos a la torta imperfectamente, y por último se incorpora, regando el azogue, pasado a través de un lienzo, por toda la superficie de la torta.

Repasar:

Inmediatamente después de incorporar, se comienza a repasar, cuya operación tiene por objeto mezclar con la masa mineral los materiales que se le han agregado, para que las partículas de una y otros se pongan en contacto. El repaso se hace por hombres o por caballos o mulas; se acostumbra el primero para cortas cantidades que no pasan de 50 a 60 cargas, empleándose para esa cantidad 6 u 8 repasadores. Estos se forman en línea después del incorporo, de modo que, a cada uno, toca repasar en una extensión de dos pies o tres

cuartas de ancho, y del largo de la torta; comienzan a pisar regularmente la masa, con los pies volteados hacia afuera, apoyándose cada uno en un palo que llama mula, para poder hacer que resbalen los pies sobre el lodo y lo restriegen. Después pisan en sentido contrario y dando pisadas más menudas; y así continúan hasta que hacen desaparecer el azogue en la masa metálica. Concluido el repaso del primer día al siguiente lo hacen, o todos juntos en la misma torta, o separándose cada uno su tarea, que repasa solo hasta rendirla: cada tarea puede tener de 10 a 12 cargas de metal.

Tentadura:

Los efectos de las reacciones químicas que pasan en el beneficio, y por consiguiente la marcha de este, se observan todos los días en las tentaduras, cuyos caracteres sirven de norma al azoguero durante todo el curso del beneficio indicándole la marcha que sigue, los medios de que ha de echar mano para remediar los accidentes que le pueden sobrevenir, y el término de la operación.

Para hacer una tentadora, se saca un poco de lodo de distintos puntos de la torta en cantidad suficiente para que se puedan observar todos los caracteres después de lavada. Esto se hace en una jícara de fondo oscuro, azul o negro, deshaciendo con suavidad el lodo en el agua que contiene; por medio de movimientos especiales, se arroja al agua de

una tina o de una pileta la parte terrosa, para que solo queden las que se necesita observar en una época de agua limpia, manejando la jícara de manera que esas partes queden separadas según sus pesos, unas á continuación de otras.

Las partes de la tentadura son: la limadura., la lis de azogue o desecho, el asiento mineral o polvillo, y el glóbulo de azogue con plata.

La limadura es una ceja blanca y brillante que frotada con el dedo se junta formando pasillas o cuerpo de pella; si la limadura es buena no suelta al frotarse nada de azogue.

Lis de azogue o desecho, es la ceja blanca y sin brillo, que está en la tentadura sobre la limadura, y frotada con el dedo se une en globulitos de azogue. Es este metal muy dividido.

El asiento metálico consta de dos partes: el asiento fino o delgado, y el grueso. El primero se coloca en la tentadura abajo de la limadura, y es el polvo sutil del mineral de plata; el grueso ocupa la parte inferior y consta de la pirita y otras sustancias que acompañan la plata, conteniendo Cambien algo de ella.

El azogue, más o menos cargado de plata, se coloca por su peso en la parte más baja de la tentadura, aunque si está muy cargado de plata, o en forma de pasillas, se queda sobre el asiento.

Curso del beneficio:

La buena marcha del beneficio depende del acierto en las dosis de los materiales que se suministran el primer día, y que no están sujetas a reglas fijas a causa de las diversas propiedades de los metales y de los accidentes imprevistos. Las cantidades que hemos fijado al magistral no son más que términos medios, y, por consiguiente, habrá metales que necesiten mayor cantidad y otros menos.

Según lo que precede, si al día siguiente al del incorporo, en metales calientes y templados, el azogue de la Untadura se muestra claro, lustroso y escarchado de pella; si, además, la limadura tiene buen carácter, y la lis es muy delgada y blanca, el beneficio está encaminado. Con repasos convenientes, que se darán dos o tres días seguidos dejando uno o dos de descanso, según que sea necesario juntar la limadura al azogue para formar la amalgama, o que se trate de romper el beneficio en nueva limadura. Antes de proceder al repaso se agrega agua a la torta con objeto de ablandarla y conservar

siempre el lodo en el mismo estado de consistencia, y se repiten las mismas operaciones del primer día.

En las tentaduras siguientes se reconoce, a más de la limadura y la lis, la cantidad de pella que se ha formado, cogiendo violentamente el azogue bajo el dedo pulgar y exprimiéndolo contra la jícara; en la pella se manifiesta también el buen estado de la operación, mostrándose más y más pesada cada día, si el beneficio camina bien a su término.

Los metales fríos y rebeldes, conviene beneficiarlos no en color natural del azogue que indica un beneficio bajo, sino en un color ceniciento claro y un poco opaco, que, como veremos después, es el primer grado de calor, y con este objeto se les echa más magistral que a los calientes y templados, el día del incorporo. Hay sin embargo algunos metales fríos que después de cierto tiempo de estar en beneficio, presentan los caracteres de mucho calor, y son los que contienen mucha pirita blanca que se descompone con facilidad, dando lugar a la formación del sulfato de hierro que produce aquel efecto de la misma manera que en los metales calientes. Por consiguiente, a estos metales no se les debe agregar mucho magistral como a los otros negros, y si añadirles algún cobre y darles fuertes repasos.

Puede suceder que las reacciones del beneficio se hagan muy lentamente con pérdida de tiempo, o, en términos prácticos, que esté flojo o bajo el beneficio. Entonces es necesario agregar una corta cantidad de magistral que se llama espuela. Ese defecto se nota en la tentadura, estando la limadura mezclada con la lis, y en corta cantidad, y el azogue de un color muy claro y lustroso con poca plata a pesar del tiempo y los repasos.

Bien encaminado el beneficio, después de pocos días el azogue incorporado se convierte todo en pella formando copos o pasillas que se quedan sobre el asiento metálico. En este estado, y encontrándose todavía la limadura buena, se procede a cebar, es decir, a agregar nueva cantidad de azogue igual a la mitad del que se incorporó. Después de secada la primera ceba, se agrega la segunda, igual a la mitad de aquella, o a la cuarta parte de lo incorporado; y secada esta segunda se ministra la tercera en igual cantidad, con la que se completa toda la porción de azogue, necesaria según el ensaye.

Cuando se echa la última ceba ya se empieza a aflojar el beneficio disminuyendo cada día la limadura hasta que se empiezan a manifestar los caracteres del rendido o fin de la manipulación. Se comienza a anunciar el rendido por la

diminución de la limadura, después desaparece y en su lugar se encuentran partículas de azogue con alguna plata, y por último se declara por el aumento violento del desecho o lis de azogue, sin nada de limadura. La pella se encuentra unida, limpia y pesada, y el asiento fino ha desaparecido, quedando solamente el grueso.

Cuando en una torta rendida se encuentra la pella muy seca, de modo que solo oprimiéndola se une, conviene agregar cierta cantidad de azogue, que se llama baño, con el cual se da un ligero repaso. El baño solo se ministra en caso de que no haya mucho desecho de azogue, y cuando no haya habido accidentes en el curso del beneficio.

Después del baño, o cuando no se necesita de él, tan luego como ha rendido la torta, se prepara esta para lavarla ablandándola con bastante agua de modo que quede un poco suelta y se pueda deshacer con facilidad en el lavadero. Esta operación se hace desde luego, o al día siguiente, para impedir que el tendido vaya en aumento, y se pierda mucho azogue.

El tiempo que dura el beneficio depende de la clase del metal y de su ley, del modo de repasar, de la temperatura ambiente, y de los accidentes que le hayan ocurrido. Una torta

o un montón de metal dócil, beneficiado sin desgracia, y repasado por bestias y al aire libre, rinde comúnmente a los quince o diez y seis días, y si es rico, a los diez o doce. Si el repaso lo hacen hombres, y en patio cubierto, al abrigo del sol, suele retardar el rendido dos o tres días más. Los metales fríos y rebeldes se tardan de veinte a veinticinco días, en las mejores circunstancias.

En los lugares muy fríos se prolonga el tiempo del beneficio, y por eso en algunos calientan el aire del patio cubierto, por medio de hornillas grandes colocadas a su rededor. (p. 207 al 224).

2.2.2 Proceso de amalgamación patio

Vetter (2007) en su tesis *El papel de los plateros indígenas en la época colonial temprana del Virreinato del Perú*, describe:

Los antiguos peruanos no necesitaron de la amalgamación para obtener plata, en cambio los españoles sí, ya que de esta manera obtenían plata de minerales de baja ley que no fueron explotados por los indígenas. Hay que tomar en cuenta que los indios sólo extraían lo necesario de cada metal, por ese motivo no les interesó buscar un mejor método para el beneficio de la plata. A los españoles les resultaba extenuante las fundiciones que se realizaban para extraer la plata, sobre

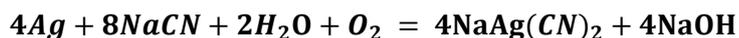
todo les preocupaba la gran cantidad de mineral de plata que se desperdiciaba en cada fundición. El proceso de amalgamación llegó justo cuando las menas de plata de alta ley o pacos se estaban acabando, produciendo una crisis minera en Potosí, siendo esta la razón más importante por la cual se buscó la implementación de este proceso. Debido a estas circunstancias se empezó a usar azogue para el proceso de amalgamación, el cual lograba un mayor rendimiento en la obtención de dicho metal, y llevaba el beneficio de la plata a un proceso industrial. (p. 85)

2.2.3 Cianuración de plata

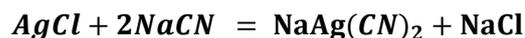
Vargas (1995) manifiesta:

La cianuración es un procedimiento que consiste en disolver la plata metálica y minerales de plata en una solución de cianuro de sodio o potasio. Para las reacciones que se anotan a continuación, se tomará como solvente el cianuro de sodio.

La plata metálica se disuelve en cianuro de sodio en presencia de aire:

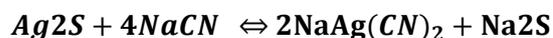


El cloruro de plata se disuelve con mucha rapidez, sin necesidad de oxígeno.



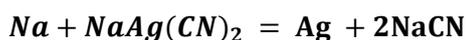
La mayoría de los minerales de plata se disuelven en la misma forma.

El sulfuro de plata se disuelve despacio y la reacción es reversible y requiere un exceso de cianuro.

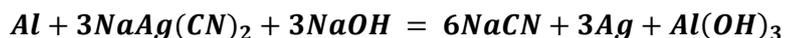


En general, los telururos de plata son poco atacados por las soluciones de cianuro.

El precipitante ideal de plata de las soluciones de cianuro, sería el sodio metálico, con regeneración total del cianuro.



En la precipitación con aluminio hay una completa regeneración del cianuro de sodio:



En el Centro de Investigación Metalúrgica de Reno, Nevada, del Bureau of Mines se ha investigado sobre la extracción de la plata de los recursos marginales, vale decir,

de los desmontes y menas refractarios de baja ley en plata. Una técnica desarrollada en dicho centro involucra la precipitación selectiva de la plata como sulfuro de plata (Ag_2S) de las soluciones provenientes de la cianuración, seguido por la recuperación del oro residual sobre carbón activado. La cianuración de la plata por el método de “carbón en pulpa” parece prometedor para el tratamiento de colas lamosas, con la plata del carbón cargado, con soluciones de etanol alcalino a la temperatura ambiente y presión.

La cianuración de una mena argentífera refractaria, previa tostación clorurante con sal común para convertir la plata en cloruro de plata, dio excelentes resultados ya que se obtuvo una recuperación del 88% comparado con el 60% alcanzado con la cianuración convencional. El material clorurado puede ser procesado por percolación en tinajas o por lixiviación en pilas, empleando una solución diluida en cianuro.

La plata se puede recuperar también de la disolución lixivadora, por depósito electrolítico.

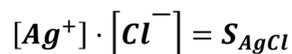
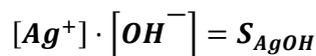
El precipitado se somete a la refinación; si es muy rico en plata se funde directamente en crisoles con bórax, pero generalmente se trata con ácido sulfúrico para eliminar el zinc y a veces se somete a la tostación con el mismo objeto. Los

fundentes que se emplean son: bórax, cenizas de soda (soda ash), sílice, etc. El litargirio (PbO) se emplea cuando la copelación es la etapa final del proceso de refinación.

La extracción de la plata por cianuración es un proceso análogo al de la disolución por tiosulfato, justificado por los valores de la constante compleja:

$$k_C = \frac{[Ag(CN)_2^-]}{[Ag^+] \cdot [CN^-]^2}$$

Y por los productos de solubilidad:



Que en este caso toman los valores:

$$k_C = 1 \cdot 10^{21} \quad ; \quad S_{AgOH} = 2 \cdot 10^{-8} \quad S_{AgCl} = 2 \cdot 10^{-12}$$

Por tanto:

$$\frac{[Ag(CN)_2^-] \cdot [OH^-]}{[CN^-]^2} = k_C \cdot S_{AgOH} = 2 \cdot 10^{13}$$

$$\frac{[Ag(CN)_2]^- \cdot [Cl^-]}{[CN^-]^2} = k_C \cdot S_{AgCl} = 2 \cdot 10^9$$

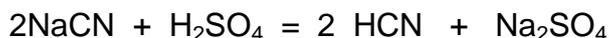
(p. 205 al 207)

2.2.4 Concentración de cianuro de sodio

Jiménez, C. (1985), en su tesis Recuperación de Ag por lixiviación cianurante de minerales del tajo Nelly en la Cía. Minera Yauli S.A., señala:

Las pérdidas mecánicas y químicas (por acción de las cianicidades) hacen que la concentración de la solución que se va a utilizar sea variable.

Las pérdidas mecánicas de cianuro dependen del tipo de operación que se le dé, mientras que las pérdidas químicas están relacionadas aproximadamente con las siguientes reacciones:



Existen numerosos trabajos sobre las concentraciones de cianuro libre que deben ser empleados en la cianuración, así Maclaurin señala 0.25% de NaCN, Smart 0.10%, White

0.020% de NaCN en una solución saturada de O₂, Bursky señala 0.10%, viendo los resultados de los experimentos anteriores y adecuándolos a nuestro mineral mantenemos una solución entre 0.1 a 0.4% de NaCN libre para nuestras pruebas.

Otro factor que debe contemplarse, es el exceso de O₂ para evitar la precipitación de la plata como sulfuro y la formación de tiocianatos y sulfocianatos que finalmente significan consumo de cianuro.

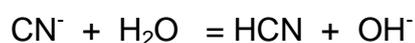
Otra forma de evitar la formación de sulfuros de plata es añadir sales de plomo o mercurio a la solución con los que forman sulfuros de plomo o mercurio. (p. 22 al 23).

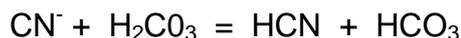
2.2.5 Alcalinidad protectora

Jiménez, C. (1985), en su tesis Recuperación de Ag por lixiviación cianurante de minerales del tajo Nelly en la Cía. Minera Yauli S.A., considera:

Los principales factores por lo que es importante esta variable en la cianuración fundamentalmente; cuando se emplea el óxido de calcio son los siguientes:

- Evitar la pérdida de cianuro por hidrólisis y por acción del CO₂ del medio ambiente:





- Descompone los bicarbonatos presentes en el agua a emplearse en la lixiviación.
- Neutraliza los compuestos ácidos tales como las sales férricas, sulfato de magnesio, etc. que acompañan al agua a emplearse en la operación; los compuestos nacidos de la mena, los compuestos ácidos resultantes de la cianuración.
- Ayuda en la sedimentación de partículas finas para la separación sólido-líquido.
- Mejora la extracción cuando se benefician telururos de plata, etc., los que se descomponen con gran facilidad a mayor alcalinidad.
- Pero es importante señalar que ésta alcalinidad protectora, no protege al cianuro de la acción cianocida del cobre.
- La alcalinidad adecuada para estos efectos es de 10.5 a 11.0. (p. 23 al 24).

2.2.6 Termodinámica de la cianuración

Jiménez, C. (1985), en su tesis Recuperación de Ag por lixiviación cianurante de minerales del tajo Nelly en la Cía. Minera Yauli S.A., considera:

Los principios termodinámicos son importantes en explicación de los procesos de mineralización geológica, corrosión y disolución de minerales.

Los dos parámetros más importantes son el voltaje o energía libre y el Ph.

Las relaciones entre la hidrosfera, litosfera y atmósfera, generan reacciones homogéneas o heterogéneas dependiendo que ocurra en una sola fase o haya interacción de fases. La hidrosfera está referida a la porción líquida de la tierra, la litosfera es la corteza terrestre, y la atmósfera comprende a los gases que están en la tierra y fuera de ella rodeándola. Cada tipo de reacción tiene especial implicancia para el metalurgista. De igual forma el agua, solvente universal tiene propiedades únicas que hace posible no sólo la mineralización sino también una rápida disolución, transporte, separación y precipitación que son procesos vitales para la aplicación comercial de la hidrometalurgia. (p. 33 al 34)

2.2.7 Caracterización de las partículas

Kelly (1990), en su libro *Introducción al procesamiento de minerales*, menciona sobre este tema:

La evaluación de las características de las partículas es un aspecto vital del procesamiento de minerales. EN algunos casos, puede ser simplemente porque el producto tiene que

satisfacer una especificación de tamaño. Mucho más importante es el uso del tamaño de partícula como medida de control para los procesos de reducción de tamaño (fragmentación). En ocasiones, el material puede reducirse de tamaño para incrementar el área de superficie y acelerar así un proceso químico tal como el de lixiviación. Generalmente, la reducción de tamaño se realiza para liberar los diferentes minerales presentes en un mineral metalífero o mena, y así poder llevar a cabo la separación (concentración). Debido al costo relativamente alto de la reducción de tamaño y a las dificultades relacionadas con la separación de minerales cuando se tiene una sobre liberación o una subliberación, es esencial lograr la reducción de tamaño en su magnitud correcta. El tamaño de partícula se emplea comúnmente para medir el grado de liberación por la relativa facilidad con que se toma la medida, y en este capítulo se analizan algunos de los métodos que se aplican para este fin. Sin embargo, antes de que pueda medirse el tamaño de partícula, es muy necesario comprender lo que realmente significa la expresión de uso ambiguo "tamaño de partícula"; este tema se analiza al principio del capítulo.

En realidad, el tamaño no es una medida adecuada de la liberación, Normalmente las partículas procedentes de cualquier operación de reducción de tamaño tienen una gama

de características, haciéndose imposible lograr una descripción precisa de tal producto. En vista que es necesario tener en cuenta:

- * El “tamaño” de la partícula.
- * El tamaño “promedio” de todas las partículas.
- * La “forma” de las partículas.
- * La gama de tamaños de partícula.
- * Lo minerales que ocurren en las partículas.
- * La asociación de los minerales en las partículas.

En este capítulo también se analizan estos aspectos, junto con algunos de los métodos que se emplean para su determinación.

Tamaño de partícula

Sólo las figuras geométricas regulares pueden ser descritas en forma conveniente en cuanto a su tamaño. Por ejemplo, el tamaño de una esfera se define claramente por su diámetro, y el de un cubo por la longitud de su borde. Un mineral fracturado, en cambio, aun cuando originalmente haya sido regular, está formado por partículas distintas de forma irregular que no pueden ser definidas con exactitud, Como con frecuencia es conveniente usar un solo número para describir una partícula, es necesario adoptar una descripción aproximada como si la partícula tuviera una forma definida. A

este número se le conoce como el diámetro nominal d_n pero en general, y en esta obra, se le abrevia como “diámetro”.

Se pueden concebir diversos diámetros. Estos se definen ya sea en función de alguna propiedad real de la partícula como su volumen o el área de su superficie, o en función del comportamiento de la partícula en algunas circunstancias específicas, como por ejemplo, la sedimentación en agua bajo condiciones definidas. En la tabla 1, se definen algunos de los diámetros nominales más útiles. Es de comprenderse que el diámetro que se obtenga para una partícula irregular dependerá de la técnica de medición que se aplique, y ésta debe ser relevante para el aprovechamiento final de los datos. Por ejemplo, un diámetro de Stokes, d_{st} , que se determina en condiciones de flujo turbulento, porque en esta última situación la partícula se orienta por sí misma para dar el máximo arrastre, mientras que en la primera situación tiene una orientación aleatoria. Por lo tanto, es de vital importancia definir el diámetro nominal utilizado siempre que se mencione el tamaño de la partícula.

En general, la relación de cualquier par de diámetros nominales (Tabla 1) es constante en una gama de tamaños razonablemente amplia para cualquier material en particular. Si bien, la magnitud de las relaciones dependerá de la forma

de la partícula, es posible correlacionar los análisis de tamaño grueso y fino obtenidos por métodos diferentes.

Tabla 1. *Diámetros nominales*

Símbolo	Nombre adecuado	Base
d_o		<i>Diámetro de una esfera</i>
d_A	Diámetro del tamiz	El ancho de la abertura cuadrada mínima por la que pasa la partícula
d_s	Diámetro de superficie	$(S/\pi)^{1/2}$ El diámetro de una esfera que tiene la misma área de superficie que la partícula ($\sim 1.28 d_A$)*
d_v	Diámetro de volumen	$(6V/\pi)^{1/3}$ El diámetro de una esfera que tiene el mismo volumen que la partícula ($\sim 1.10 d_A$)*
d_a	Diámetro del área proyectada	$(4A_p/\pi)^{1/2}$ El diámetro de una esfera que tiene la misma área proyectada que la partícula, vista en dirección perpendicular a un plano de estabilidad ($\sim 1.41 d_A$)*
d_d	Diámetro de arrastre	El diámetro de una esfera que tiene la misma resistencia al movimiento que la partícula, en un fluido de la misma viscosidad y a la misma velocidad ($\sim d_s$ cuando Re_p es pequeño).xxxx
d_t	Diámetro de caída libre	El diámetro de una esfera que tiene la misma densidad y la misma velocidad en caída libre que la partícula, en un fluido de la misma densidad y velocidad
d_{st}	Diámetro de Stokes	$= \frac{18V\infty}{(p_s - p_t)g}$ $= (d_v^3 / d_a^2)^{1/2} (Re_p < 0.2) (\sim 0.97 d_A)^*$ El diámetro de caída libre en la región de flujo laminar
d_{vs}	Diámetro de superficie específica	d_v^3 / d_s^2 El diámetro de una esfera que tiene la misma relación de área de superficie a volumen que la partícula.
d_F	Diámetro de Feret	El valor de la distancia comprendida entre pares de tangentes paralelas al contorno proyectado de la partícula.
d_M	Diámetro de Martín	La longitud de la cuerda media del contorno proyectado de la partícula

*Valores típicos solamente: el valor real depende de la forma de la partícula

Fuente : Recuperado de Kelly (1990) Introducción al procesamiento de minerales. (p.46)

Presentación de los datos de distribución de tamaños

Debido a que normalmente es impráctico medir cada partícula en forma individual, el análisis de tamaños se efectúa dividiendo las partículas en un número de intervalos de tamaño adecuadamente estrecho. Los datos se presentan comúnmente en forma tabular.

También puede usarse ecuaciones matemáticas para describir las distribuciones de tamaños. Aunque han hecho intentos para relacionar éstas con la mecánica real de la

fractura, la mayoría de ellas son relaciones empíricas que constituyen simplemente una descripción conveniente de los datos, pero frecuentemente esto necesita del uso de una computadora, y bajo tales condiciones, una representación de matrices de los datos reales es igualmente conveniente y más confiable.

a. Fracciones de los tamaños

La selección de los intervalos de tamaños es importante para recabar datos, y una progresión geométrica de los intervalos es mucho más realista que una serie aritmética.

Lo antes señalado, se puede observar en la Tabla 2.

Tabla 2. Análisis representativo de tamices

<i>Abertura *</i>		<i>Abertura promedio **</i>	<i>Porcentaje retenido</i>	<i>Porcentaje acumulativo que pasa</i>
mm	μm			
(mm)	+ 9.50	11.55 mm	0.03	
-9.5	+ 6.80	8.15	0.43	99.97
6.8	+ 4.75	5.78	2.03	99.54
-4.75	+ 3.40	4.08	4.17	97.51
-3.4	+ 2.36	2.88	6.97	93.34
-2.36	+ 1.70	2.03	9.59	86.37
-1.70	+ 1.18	1.44	10.94	76.78
-1.18	+ 850	1.02	10.80	65.84
-850	+ 600	725 μm	9.91	55.04
-600	+ 425	512	8.42	45.13
-425	+ 300	362	7.12	36.71
-300	+ 212	257	6.1	29.59
-212	+ 150	181	5.23	23.49
-150	+ 106	128	4.38	18.26
-106	+ 75	90	3.85	13.88
-75	+ 53	64	2.91	10.03
-53	+ 38	45	2.14	7.12
-38 μm		19	4.98	4.98

* Escala de diámetros : Figura 2.1c, d, e, f

** Escala de diámetros : Figura 2.1a, b

Fuente : Recuperado de Kelly (1990) Introducción al procesamiento de minerales. (p. 47)

Sí el intervalo de tamaño es pequeño en comparación con la distribución total de tamaños, puede suponerse que las partículas de cualquier intervalo tienen un tamaño promedio dado por la media aritmética de los dos límites del intervalo. En el caso de la serie geométrica, por tanto, el tamaño promedio de la partícula de cada intervalo, guarda siempre una relación constante respecto a la del intervalo adyacente (2:1 en este ejemplo). En el caso de la serie aritmética, los promedios de los dos primeros intervalos tienen una relación de 3:1 (15:5), pero la relación se aproxima a 1:1 (55:45) en los últimos dos intervalos. Esta desventaja notable de la serie aritmética se acentúa aún más cuando se consideran las distribuciones de tamaño que se encuentran en el procesamiento de minerales, en donde la gama de tamaños de partículas que interesa puede implicar un factor de 103 o mayor.

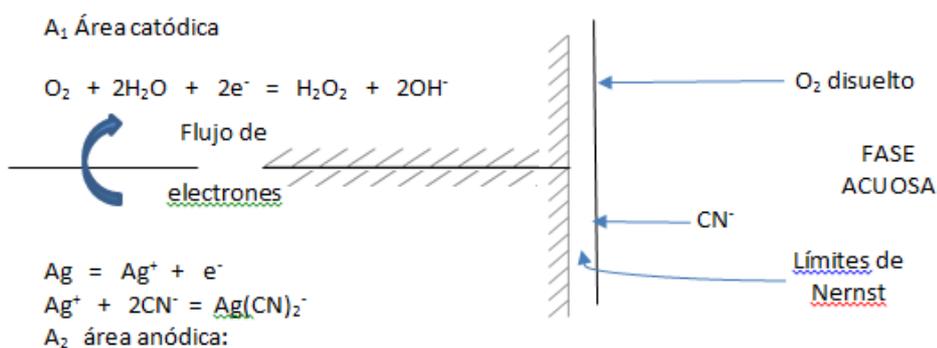
La propiedad, o base que se utiliza para determinar la cantidad de partículas que hay en cada intervalo de tamaños es también significativa. Las propiedades usadas comúnmente son la masa (o el volumen), el área superficial, la longitud o el número. Por razones de facilidad de medida, la primera es más práctica para las partículas pequeñas, y la última puede ser adecuada para partículas muy grandes. El área superficial y la longitud,

siendo experimentalmente más difíciles de medir, están restringidas para situaciones especiales. (p. 45 al 47).

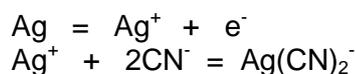
2.2.8 Mecanismo de la cianuración

Jiménez, C. (1985), en su tesis Recuperación de Ag por lixiviación cianurante de minerales del tajo Nelly en la Cía. Minera Yauli S.A., nos indica:

Si consideramos que se tiene una disolución electroquímica tal como:



Reacción anódica:



Reacción catódica:



De acuerdo a la Ley de Fick tendremos:

$$\frac{d(O_2)}{dt} = -\frac{DO_2 \cdot A_1}{\delta} ([O_2] - [O_2]_i)$$

$$\frac{d(CN^-)}{dt} = -\frac{D_{CN^-} \cdot A_2}{\delta} ([CN^-] - [CN^-]_i)$$

Donde:

$d(O_2)/dt$ y $d(CN^-)/dt$; son las velocidades de difusión del ion O_2 y del CN^- en mol/seg.

D_{O_2} y D_{CN^-} ; son los coeficientes de difusión del cianuro y del oxígeno disuelto, en cm^2/seg .

$[CN^-]$ y $[O_2]$; la concentración del CN^- y del oxígeno en mol/ml.

A_1 y A_2 ; son las áreas superficiales en que se tiene las reacciones anódicas y catódicas en cm^2

δ ; es el espesor del límite de difusión en cm^2

Si asumimos que las reacciones químicas en la interface del metal son muy rápidas y comparadas con la difusión del ion cianuro y del oxígeno a través del límite, luego éstos serán consumidos tan pronto como ellos alcancen a la superficie del metal, luego:

$$[O_2]_i = 0 \quad \text{y} \quad [CN^-]_i = 0$$

Por esto tendremos:

$$d(O_2)/dt = D_{O_2} \cdot A_1 [O_2] / \delta$$

$$d(CN^-)/dt = D_{CN^-} \cdot A_2 [CN^-] / \delta$$

Ya que la proporción de disolución del metal es el doble del consumo de O_2 y la mitad del CN^- . La velocidad de disolución será:

$$2d(O_2)/dt = 2D_{O_2} \cdot A_1 [O_2]/\delta$$

$$d(CN^-)/2dt = D_{CN^-} \cdot A_2 [CN^-]/\delta$$

Pero si A es igual a $A_1 + A_2$; tendremos:

$$\text{Velocidad} = \frac{2A D_{O_2} [O_2] + D_{CN^-} [CN^-] A}{\delta \{D_{CN^-} [CN^-] + 4D_{O_2} [O_2]\}}$$

De la ecuación anterior a bajas concentraciones de cianuro podemos eliminar $D_{CN^-} [CN^-]$ y tendremos:

$$\text{Velocidad} = A D_{O_2} [O_2] / \delta = K_1 [O_2]$$

De igual forma altas concentraciones de cianuro podemos tener:

$$\text{Velocidad} = 2 A D_{CN^-} [CN^-] / \delta = K_2 [CN^-]$$

Ya que el espesor del límite de difusión es igual en ambos casos tendremos:

$$D_{CN^-} [CN^-] = 4 D_{O_2} [O_2]$$

O también:

$$[CN^-] / [O_2] = 4 D_{O_2} / D_{CN^-}$$

Sabiendo que los coeficientes de difusión, tanto del oxígeno como del cianuro de sodio son:

$$D_{O_2} = 2.76 \times 10^{-5} \text{ cm}^2 / \text{seg}$$

$$D_{NaCN} = 1.83 \times 10^{-5} \text{ cm}^2 / \text{seg}$$

Por ésto la velocidad límite es cuando:

$$\frac{[CN^-]}{[O_2]} = \frac{4 \times 2.76 \times 10^{-5}}{1.83 \times 10^{-5}}$$

$$\frac{[CN^-]}{[O_2]} = 6.033$$

(p. 31 al 33)

2.2.9 Reducción de tamaño

Kelly (1990), en su libro *Introducción al procesamiento de minerales*, menciona:

La reducción de tamaño, conminución, es una etapa importante en el procesamiento de la mayoría de los minerales, en cuanto que puede usarse;

- * Para reducir partículas del tamaño y la forma requeridas
- * Para liberar minerales valiosos de la ganga para que puedan concentrarse
- * Para incrementar el área de superficie disponible para exhibirse a la reacción química.

Existe una variedad de equipo disponible, pero individualmente cada uno está restringido en cuanto a su aplicación. En la industria minera, la mayor parte de la reducción de tamaño inicial (trituración) se realiza con trituradoras de compresión, empleando molinos de tambor giratorio para la subsecuente reducción a tamaños más finos (molienda).

Recientemente, el desarrollo más notable ha sido el creciente tamaño del equipo, al haber disminuido las leyes de los minerales y aumentado la capacidad de las minas. En efecto, ahora es normal encontrar quebradoras giratorias muy grandes procesando mineral de extracción directa de la mina, mientras que anteriormente las quebradoras de quijada tenían capacidad más que suficiente.

Los molinos convencionales de barras y de bolas han experimentado también incrementos substanciales de tamaño. Gran parte del incentivo para este desarrollo se encuentra en el conocimiento de que los molinos más grandes son más eficientes en cuanto a consumo de energía. Aun cuando se determinó que los molinos de bolas de diámetros mayores de 4 m no generan ya mayores ahorros de energía, el ahorro en la inversión inicial todavía justifica el aumento de tamaño. Empero, por el momento para ser que los molinos se limitan

alrededor de 5 m, debido a que a este diámetro comienza a deteriorarse la acción de la molienda.

Durante un tiempo, los molinos de molienda autógena de gran capacidad, con su menor costo de inversión inicial, parecieron ser los molinos del futuro. Si bien su uso es todavía extenso, particularmente como molinos semiautógenos, su desarrollo se ha visto limitado por dos razones. Primero, porque el conocimiento de los principios de diseño era inadecuado, y varios molinos no dieron el rendimiento que se esperaba. Fue, sin embargo, el rápido incremento de los costos de la energía que tuvo lugar durante la década de 1970 lo que afectó en gran medida. En una operación de por sí ineficiente en cuanto a consumo de energía como lo es la reducción de tamaño, los molinos autógenos no son tan atractivos.

Los mayores costos de la energía han motivado que se concentre la atención en equipo alternativo. Los molinos de rodillos de anillo se han utilizado en Europa durante mucho tiempo para molienda en seco, y junto con los molinos vibratorios ahora son motivo de atención en los Estados Unidos. Se han propuesto también métodos químicos y eléctricos para efectuar la reducción de tamaño.

En años recientes se ha logrado un avance considerable en el desarrollo de métodos para el análisis teórico de la reducción de tamaño. Desafortunadamente, el uso extendido de estos métodos está restringido por la escasez de información en aumento progresivo, y aunque ya se dispone de algunos datos en algunas compañías manufactureras, todo indica que habrá de pasar algún tiempo para que dicha información se dé a conocer en la literatura. (P. 151 al 152).

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

1. **Hidrometalurgia:** es la rama de la metalurgia que cubre la extracción y recuperación de metales usando soluciones líquidas, acuosas y orgánicas.
2. **Cianuración:** Se basa en que el oro nativo, plata o distintas aleaciones entre estos, son solubles en soluciones cianuradas alcalinas diluidas,
3. **Análisis volumétrico:** Connors (1981) define valoración a la operación experimental básica realizada en el análisis volumétrico. En una valoración, una disolución de un reactivo de concentración conocida, denominado valorante, se añade a un segundo reactivo, la disolución de la muestra cuya cantidad o concentración se va a determinar, hasta que se ha completado la reacción, es decir, hasta que la cantidad de valorante añadido

equivale químicamente a la cantidad de muestra. A este estado de equivalencia se conoce como punto de equivalencia de la valoración y su estimación experimental, como punto final de la valoración.

4. **Solución valorada:** también llamadas soluciones estándar son aquellas en las que las medidas de concentración de sus componentes son conocidas y seguidas con precisión.
5. **Titulación:** es un procedimiento utilizado en **química** con el fin de determinar la molaridad de un ácido o una base . Una reacción **química** se establece entre un volumen conocido de una solución de concentración desconocida y un volumen conocido de una solución con una concentración conocida.

CAPÍTULO III

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.1. ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LAS VARIABLES

Para elaborar un análisis cuantitativo de las variables, ha sido necesario realizar análisis químicos, mineragráficos y metalúrgicos de las muestras, en dos fases: antes y después de las pruebas metalúrgicas; los que se detallan a continuación:

3.1.1 Análisis del relave (cabeza)

3.1.1.1. Análisis químico de las muestras

El desarrollo del análisis químico, se ha efectuado con el objetivo de determinar los porcentajes de presencia de metales como la plata, el mercurio y otros. En los resultados de los análisis efectuados, se observa que los porcentajes de plata son considerables, teniéndose en

promedio 406 gr/TM y, por otro lado se tiene un promedio alto de mercurio de 910 g/TM. Los valores se muestran la Tabla 3:

Tabla 3. *Análisis químico de los relaves coloniales de Villa de Pasco – Tinyahuarco*

MUESTRA	Au ppm	Ag ppm	Hg Ppm	Sb ppm	Cl Ppm	Cu (%)	As (%)	Pb (%)	Zn (%)	Fe (%)	S (%)
SECTOR N° 1	1,15	434	851	881	5.1	0,20	0,19	1,14	0,18	7,96	0,61
SECTOR N° 2	1,17	378	969	764	3.2	0,28	0,19	1,13	0,18	8,34	0,75

Fuente: Elaboración propia

3.1.1.2. Análisis minerográfico

El análisis minerográfico se desarrolló para observar que especies mineralógicas se encuentran en las muestras del Sector N° 1 y del Sector N° 2, información necesaria para determinar los minerales que contienen el metal materia de nuestra investigación, el mismo que es la plata, para su extracción; así como los minerales de ganga, perjudiciales para la cianuración. El detalle de los mismos se establece en el Cuadro 2.

Cuadro 2. *Análisis minerográfico de los relaves coloniales de Villa de Pasco – Tinyahuarco.*

MUESTRA	Minerales de plata y oro	Minerales de cobre	Otros minerales
Sector N°1	Plata nativa	Covelina	
	Oro nativo Argentojarosita (1)	Calcopirita Calcosina Enargita gris (sulfosal de cobre, arsénico, antimonio y azufre)	Pirita Jarosita Plumbojarosita (1) Hematita Magnetita Limonita Carbón Cinabrio
Sector N°2	Plata nativa	Covelina	Pirita Jarosita
	Oro nativo Argentojarosita (1)	Calcopirita Calcosina Cobre gris (sulfosal de cobre, arsénico, antimonio y azufre) Óxido de cobre verde (brochantita)	Plumbojarosita (1) Hematita Magnetita Limonita Carbón Cinabrio

Fuente: Elaboración propia

3.1.1.3. Análisis granulométrico

El análisis granulométrico se desarrolló utilizando mallas de Tyler, para determinar la distribución granulométrica de las muestras, cuyos valores se describen en la Tabla 4.

Tabla 4. *Análisis granulométrico de los relaves coloniales de Villa de Pasco – Tinyahuarco.*

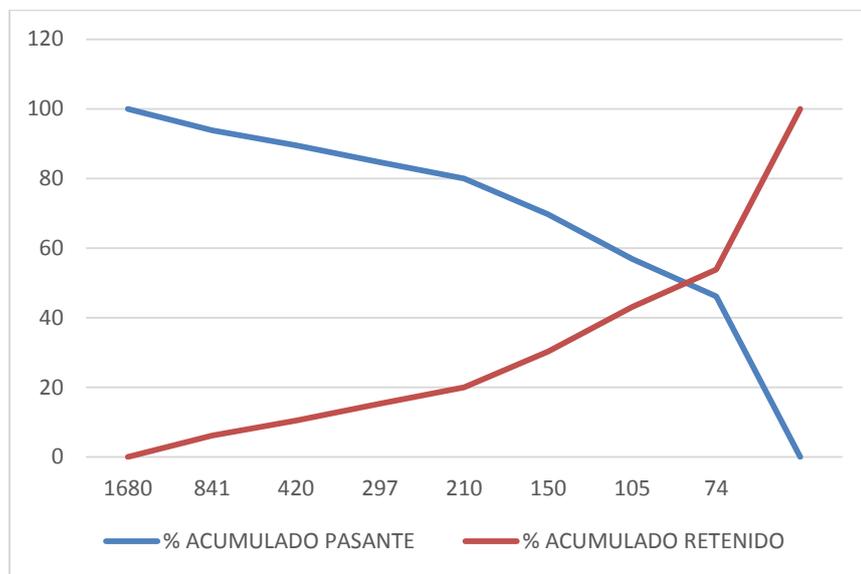
MALLA	TAMAÑO PESO (micrones)	(gr)	% RETENIDO	% ACUMULADO PASANTE	% ACUMULADO RETENIDO
+10m	1680			100	
+20m	841	61.2	6.148899829	93.85110017	6.148899829
+40m	420	43.2	4.340399879	89.51070029	10.48929971
+50m	297	48.1	4.832713755	84.67798654	15.32201346
+70	210	46.6	4.682005425	79.99598111	20.00401889
+100m	150	102	10.24816638	69.74781473	30.25218527
+140m	105	128.2	12.88053853	56.8672762	43.1327238
+200m	74	107	10.75052748	46.11674872	53.88325128
-200m		459	46.11674872		100
		995.3	100		

Fuente: Elaboración propia.

Con los datos obtenidos en la tabla 4, se puede observar las tendencias del porcentaje acumulado y

retenido de la muestra, las mismas que se visualizan en el Gráfico 1.

Gráfico 1. *Distribución granulométrica de los relaves de Villa de Pasco – Tinyahuarco*



Fuente: Elaboración propia

3.1.1.4. Análisis granulométrico valorado

En el análisis granulométrico valorado realizado en la muestra, se ha determinado la distribución de leyes en función al tamaño de partículas, específicamente de plata y oro, cuyos valores se exponen en la Tabla 5.

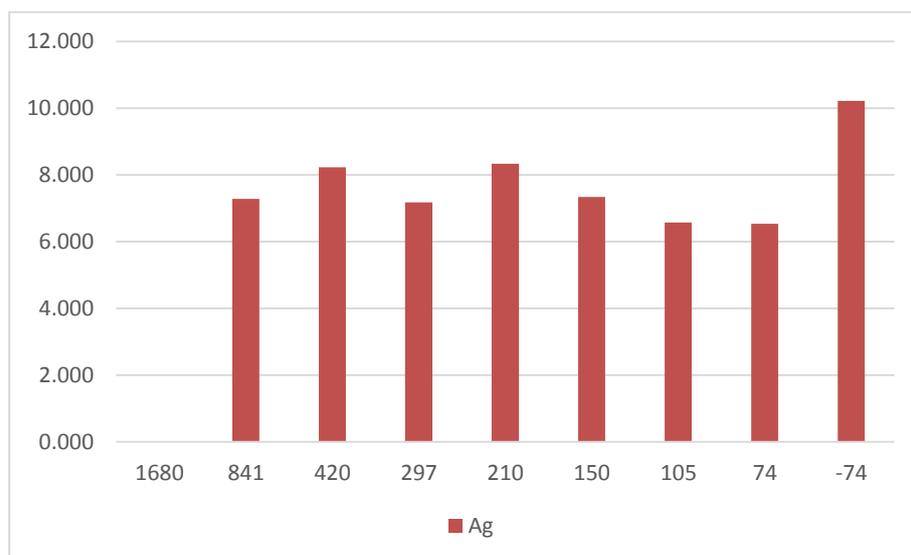
Tabla 5 Análisis granulométrico valorado de los relaves coloniales de Villa de Pasco - Tinyahuarco

MALLA	TAMAÑO	PESO (gr)	Au.	Ag
+10m	1680			0.000
+20m	841	61.2	0.078	7.281
+40m	420	43.2	0.032	8.229
+50m	297	48.1	0.024	7.171
+70	210	46.6	0.028	8.329
+ 100m	150	102	0.015	7.332
+140m	105	128.2	0.019	6.569
+200m	74	107	0.025	6.532
-200m	-74	459	0.035	10.220

Fuente: Elaboración propia

Del análisis granulométrico valorado de la muestra, gráficamente se demuestra que la cantidad de plata en partículas menores a 74 micras, el contenido de plata es de 10.220 gr, siendo éste un valor considerable que sugiere que se debe seguir liberando las partículas; lo antes citado se puede apreciar en el Gráfico 2.

Gráfico 2. Distribución granulométrico de Ag de los relaves coloniales de Villa de Pasco –Tinyahuarco



Fuente: Elaboración propia

3.1.2 Desarrollo de las pruebas metalúrgicas

Las pruebas metalúrgicas se desarrollaron para determinar el grado de molienda, tiempo de cianuración y el consumo de reactivos óptimos para la adecuada extracción de plata de los relaves coloniales de Villa de Pasco - Tinyahuarco.

Las pruebas metalúrgicas efectuadas son:

3.1.2.1 Pruebas de molienda

Las pruebas de molienda se realizaron utilizando tiempos de molienda de tres minutos y cinco minutos, cuyos resultados se muestran a continuación:

MOLIENDA DE TRES MINUTOS

*** Análisis granulométrico**

Para mejorar la liberación de las partículas, se procedió a realizar una molienda de tres minutos, obteniéndose que el 69.92% de las partículas, pasaron la malla 200. Tal como se puede apreciar en la Tabla 6.

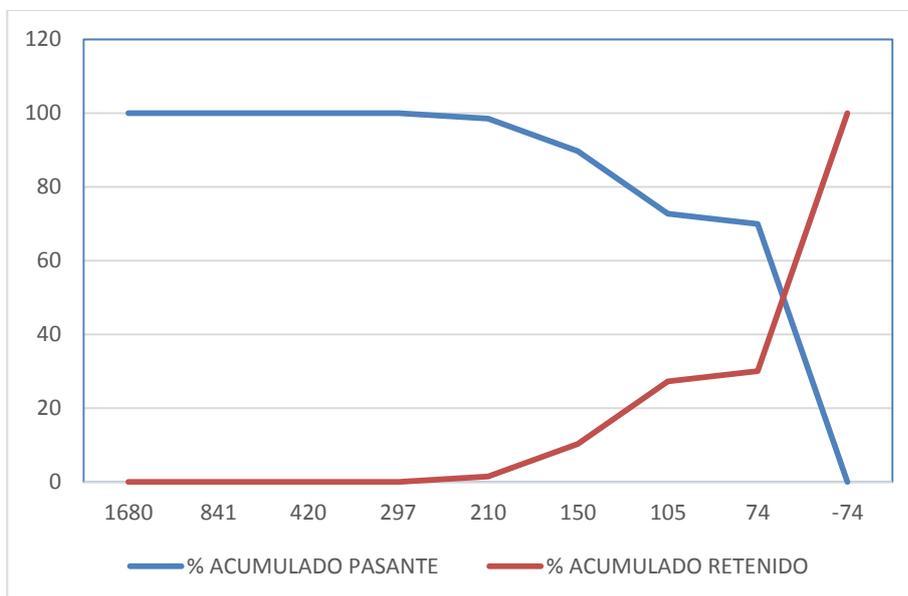
Tabla 6. *Análisis granulométrico de los relaves coloniales de Villa de Pasco -Tinyahuarco, después de una molienda de 3 minutos*

MALLA	MICRONES	PESO gr	% RETENIDO	% ACUMULADO PASANTE	% ACUMULADO RETENIDO
+ 10m	1680	0	0	100	0
+20m	841	0	0	100	0
+40m	420	0	0	100	0
+50m	297	0	0	100	0
+70	210	14.72	1.476725522	98.52327448	1.476725522
+ 100m	150	88.29	8.857343499	89.66593098	10.33406902
+140m	105	169.3	16.98434992	72.68158106	27.31841894
+200m	74	27.52	2.760834671	69.92074639	30.07925361
-200m	-74	696.97	69.92074639	0	100
Cab.		996.8	100		

Fuente: Elaboración propia

Para una mejor apreciación de lo antes indicado, se muestra el Gráfico 3.

Gráfico 3. *Análisis granulométrico de los relaves coloniales de Villa de Pasco -Tinyahuarco, después de una molienda de 3 minutos*



Fuente: Elaboración propia

* Análisis granulométrico valorado

En el análisis granulométrico valorado realizado en la muestra con una molienda de tres minutos, se observa que la distribución, en función al tamaño de las partículas, específicamente de plata es del 82.16% y en el oro de 84.02%, valores obtenidos en tamaños de partículas inferiores a 74 micras, los valores se exponen en la Tabla 7.

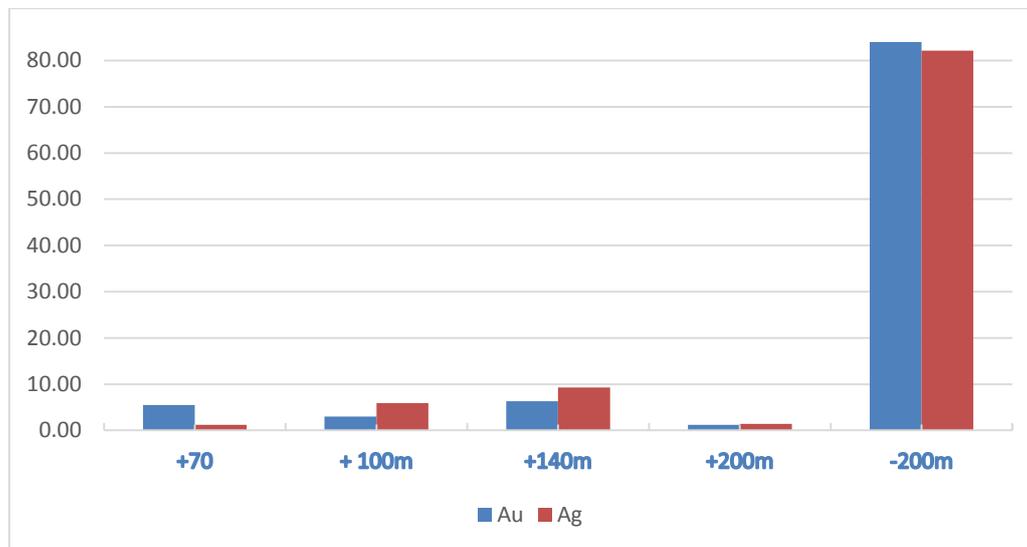
Tabla 7. Análisis granulométrico valorado de los relaves coloniales de Villa de Pasco -Tinyahuarco, después de una molienda de 3 minutos

PESO gr	% RETENIDO	% ACUMULADO PASANTE	% ACUMULADO RETENIDO	Au	Ag	FINOS		DISTRIBUCIÓN	
						Au	Ag	Au	Ag
0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14.72	1.48	98.52	1.48	0.12	7.50	1.78	110.41	5.51	1.21
88.29	8.86	89.67	10.33	0.01	6.10	0.97	538.48	3.00	5.89
169.30	16.98	72.68	27.32	0.01	5.03	2.03	851.41	6.28	9.31
27.52	2.76	69.92	30.08	0.01	4.77	0.39	131.30	1.19	1.44
696.97	69.92	0.00	100.00	0.04	10.78	27.18	7,513.34	84.02	82.16
996.80	100.00					32.35	9,144.94	100.00	100.00

Fuente: Elaboración propia

Los datos presentados en la Tabla 8, mostradas gráficamente, nos hace visualizar como se distribuye la plata y el oro, en mallas menores a 74 micras, existiendo un alto porcentaje en partículas menores a la malla 200. Ver gráfico 4.

Gráfico 4. *Análisis granulométrico valorado de los relaves coloniales de Villa de Pasco -Tinyahuarco, después de una molienda de 3 minutos*



Fuente: Elaboración propia

MOLIENDA DE CINCO MINUTOS

Análisis granulométrico

Para mejorar la liberación de las partículas, se procedió a realizar una molienda de cinco minutos, obteniéndose que el 82.94% de las partículas, pasaron la malla 200. Tal como se puede apreciar en la Tabla 8.

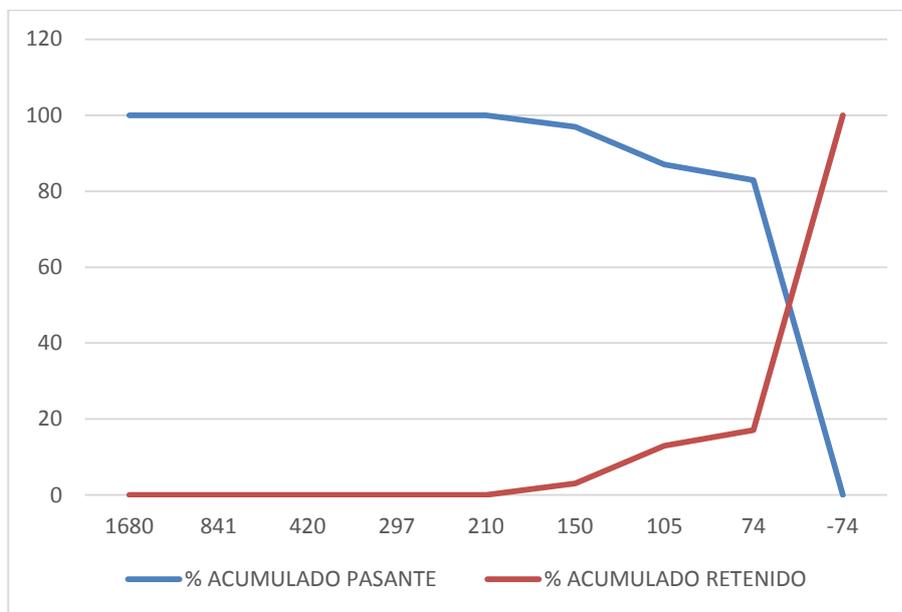
Tabla 8. *Análisis granulométrico de los relaves coloniales de Villa de Pasco -Tinyahuarco, después de una molienda de 5 minutos*

MALLA	MICRONES	PESO gr	% RETENIDO	% ACUMULADO PASANTE	% ACUMULADO RETENIDO
+ 10m	1680	0	0	100	0
+20m	841	0	0	100	0
+40m	420	0	0	100	0
+50m	297	0	0	100	0
+70	210	0	0	100	0
+ 100m	150	30.43	3.062538999	96.937461	3.062538999
+140m	105	98.78	9.9414263	86.9960347	13.0039653
+200m	74	40.3	4.055876492	82.94015821	17.05984179
-200m	-74	824.11	82.94015821	0	100
Cab.		993.62	100		

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, para una mejor apreciación de lo antes indicado, se muestra el Gráfico 5.

Gráfico 5 Análisis granulométrico de los relaves coloniales de Villa de Pasco -Tinyahuarco, después de una molienda de 5 minutos



Fuente: Elaboración propia

- **Análisis granulométrico valorado**

En el análisis granulométrico valorado realizado en la muestra con una molienda de cinco minutos, se observa que la distribución, en función al tamaño de las partículas, específicamente de plata es del 88.69% y en el oro de 92.37%, valores obtenidos en tamaños de partículas inferiores a 74 micras, los valores se exponen en la Tabla 9.

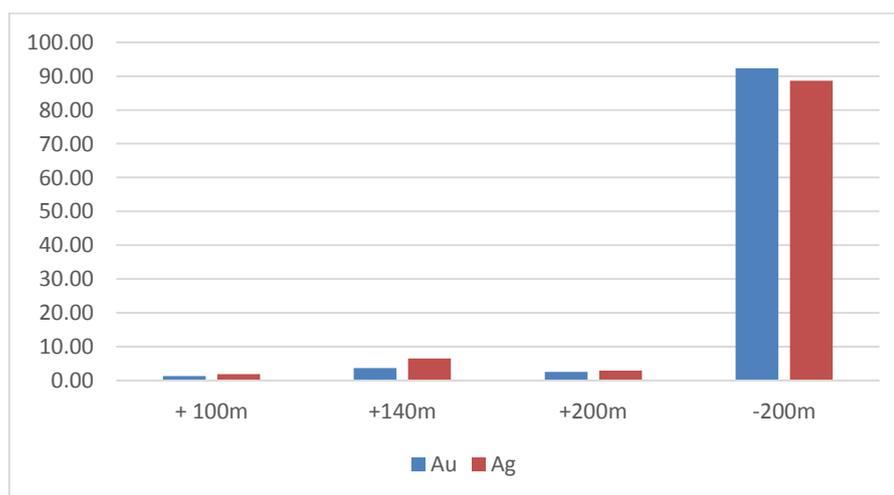
Tabla 9. *Análisis granulométrico valorado de los relaves coloniales de Villa de Pasco -Tinyahuarco, después de una molienda de 5 minutos.*

PESO gr	% RETENIDO	% ACUMULADO PASANTE	% ACUMULADO RETENIDO	Au	Ag	FINOS		DISTRIBUCIÓN	
						Au	Ag	Au	Ag
0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30.43	3.06	96.94	3.06	0.01	5.83	0.40	177.44	1.34	1.87
98.78	9.94	87.00	13.00	0.01	6.25	1.09	617.28	3.69	6.51
40.30	4.06	82.94	17.06	0.02	6.91	0.77	278.47	2.60	2.94
824.11	82.94	0.00	100.00	0.03	10.21	27.20	8,414.16	92.37	88.69
993.62	100.00					29.44	9,487.35	100.00	100.00

Fuente: Elaboración propia

Los datos presentados en la Tabla 9, mostradas gráficamente, nos hace visualizar como se distribuye la plata y el oro, en mallas menores a 74 micras, existiendo un alto porcentaje en partículas menores a la malla 200. Ver gráfico 6.

Gráfico 6. *Análisis granulométrico valorado de los relaves coloniales de Villa de Pasco -Tinyahuarco, después de una molienda de 5 minutos.*



Fuente: Elaboración propia

3.2.2.2. Pruebas de cianuración en botella

Las pruebas de cianuración, se desarrollaron realizando cinco réplicas de cianuración, por un tiempo de 48 horas y cinco réplicas con un tiempo de cianuración de 72 horas.

CIANURACIÓN DE 48 HORAS

- **Cinética de lixiviación – prueba N° 1**

En la Tabla 10, se muestra los resultados obtenidos en la prueba N° 1, donde se puede observar que se obtiene una extracción de 59.25% de plata y del 77.14% de oro.

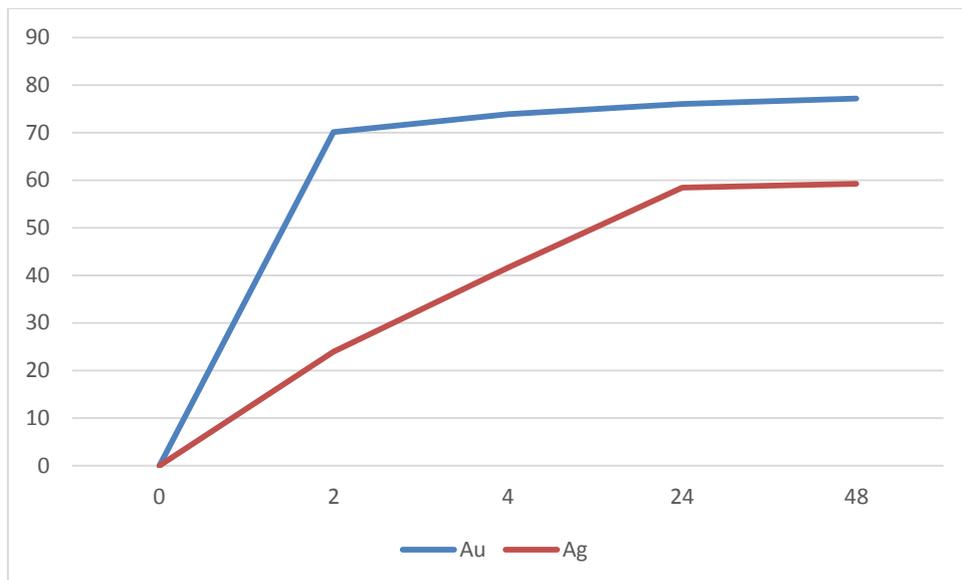
Tabla 10 Cinética de lixiviación de Ag de los relaves coloniales Villa de Pasco – Tinyahuarco

TIEMPO DE CIANURACIÓN (HR)	EXTRACCIONES (%)		pH	Oxígeno disuelto (mg/l)
	Au	Ag		
0	0,00	0,00		
2	70.08	23.91	11.45	3.8
4	73.84	41.62	11.45	3.61
24	76.05	58.45	11.37	4.55
48	77.14	59.25	11.45	4.44

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 7, se muestra la tendencia de la extracción del oro y plata en la primera prueba.

Gráfico 7. Cinética de lixiviación de Ag de los relaves coloniales de Villa de Pasco –Tinyahuarco



Fuente: Elaboración propia

- **Cinética de lixiviación – prueba N° 2**

En la Tabla 11, se muestra los resultados obtenidos en la prueba N° 2, donde se puede observar que se obtiene una extracción de 59.96% de plata y del 74.52% de oro.

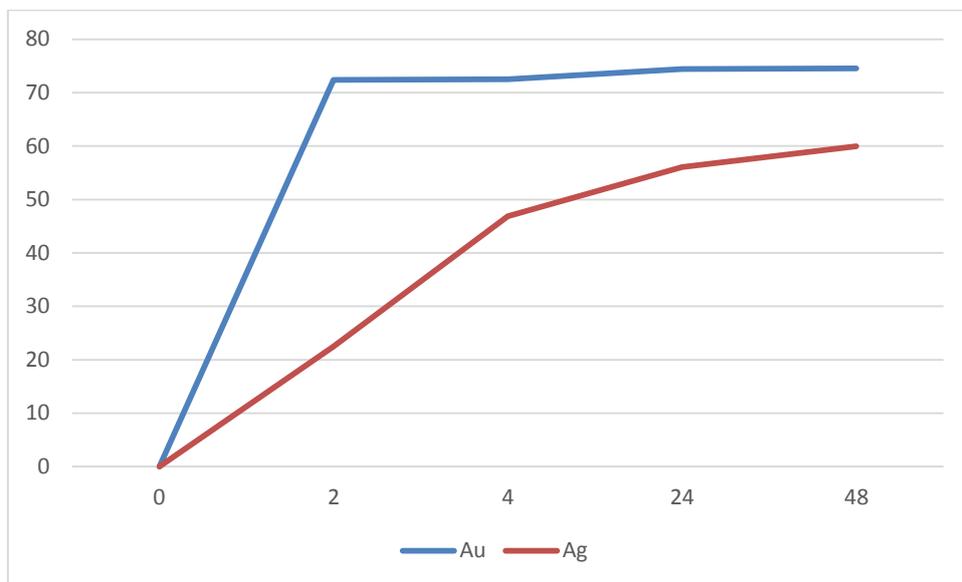
Tabla 11. Cinética de lixiviación de Ag de los relaves coloniales Villa de Pasco - Tinyahuarco

TIEMPO DE CIANURACIÓN (HR)	EXTRACCIONES (%)		pH	Oxígeno disuelto (mg/l)
	Au	Ag		
0	0,00	0,00		
2	72.4	22.46	11.45	2.20
4	72.51	46.87	11.45	4.50
24	74.45	56.09	11.45	4.30
48	74.52	59.96	11.46	3.88

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 8, se muestra la tendencia de la extracción del oro y plata en la segunda prueba

Gráfico 8. Cinética de lixiviación de Ag de los relaves coloniales de Villa de Pasco -Tinyahuarco



Fuente: Elaboración propia

- **Cinética de lixiviación – prueba N° 3**

En la Tabla 12, se muestra los resultados obtenidos en la prueba N° 3, donde se puede observar que se obtiene una extracción de 59.68% de plata y del 74.91% de oro.

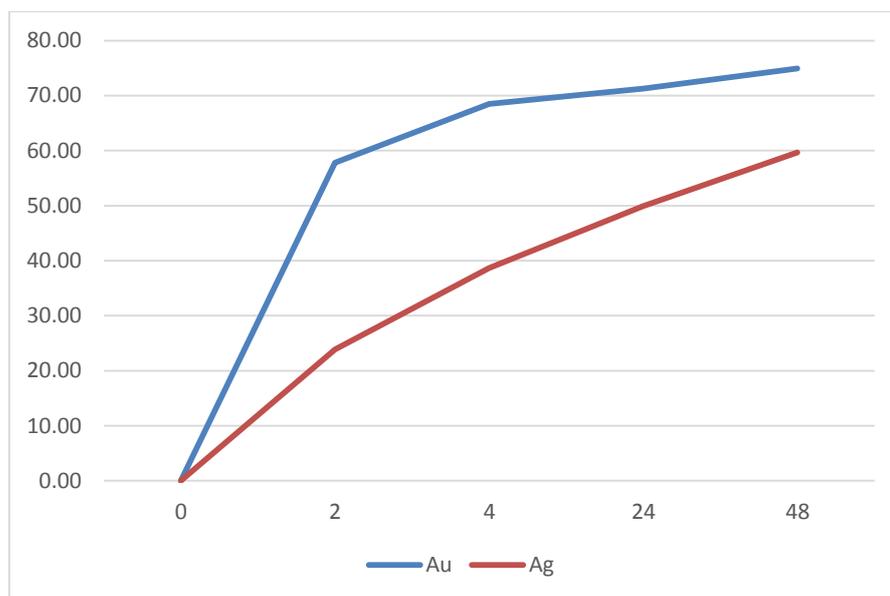
Tabla 12. *Cinética de lixiviación de Ag de los relaves coloniales Villa de Pasco - Tinyahuarco*

TIEMPO DE CIANURACIÓN (HR)	EXTRACCIONES (%)		pH	Oxígeno disuelto (mg/l)
	Au	Ag		
0	0.00	0.00	0	
2	57.81	23.88	11.40	4.00
4	68.49	38.68	11.40	4.50
24	71.28	49.91	11.40	4.49
48	74.91	59.68	11.45	4.00

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 9, se muestra la tendencia de la extracción del oro y plata en la tercera prueba

Gráfico 9 *Cinética de lixiviación de Ag de los relaves coloniales de Villa de Pasco -Tinyahuarco*



Fuente: Elaboración propia

- **Cinética de lixiviación – prueba N° 4**

En la Tabla 13, se muestra los resultados obtenidos en la prueba N° 4, donde se puede observar que se

obtiene una extracción de 60.21% de plata y del 77.74% de oro.

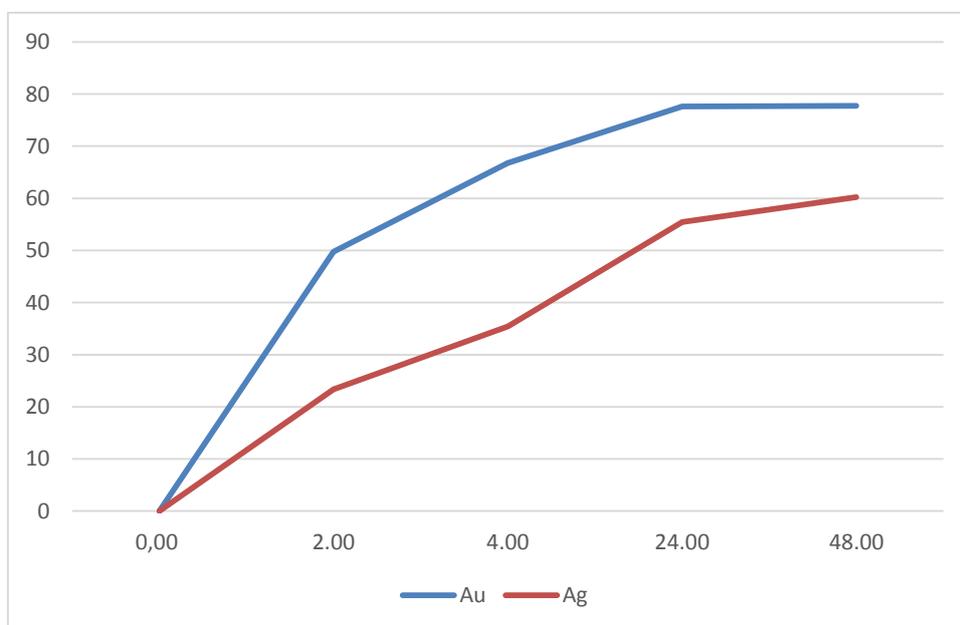
Tabla 13. *Cinética de lixiviación de Ag de los relaves coloniales Villa de Pasco – Tinyahuarco*

TIEMPO DE CIANURACIÓN (HR)	EXTRACCIONES (%)		pH	Oxígeno disuelto (mg/lt)
	Au	Ag		
0,00	0	0		
2.00	49.73	23.38	11.40	4.39
4.00	66.79	35.41	11.4	4.51
24.00	77.61	55.46	11.40	4.84
48.00	77.74	60.21	11.40	4.41

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 10, se muestra la tendencia de la extracción del oro y plata en la cuarta prueba

Gráfico 10. *Cinética de lixiviación de Ag de los relaves coloniales de Villa de Pasco -Tinyahuarco*



Fuente: Elaboración propia

- **Cinética de lixiviación – prueba N° 5**

En la Tabla 14, se muestra los resultados obtenidos en la prueba N° 5, donde se puede observar que se obtiene una extracción de 60.01% de plata y del 76.94% de oro.

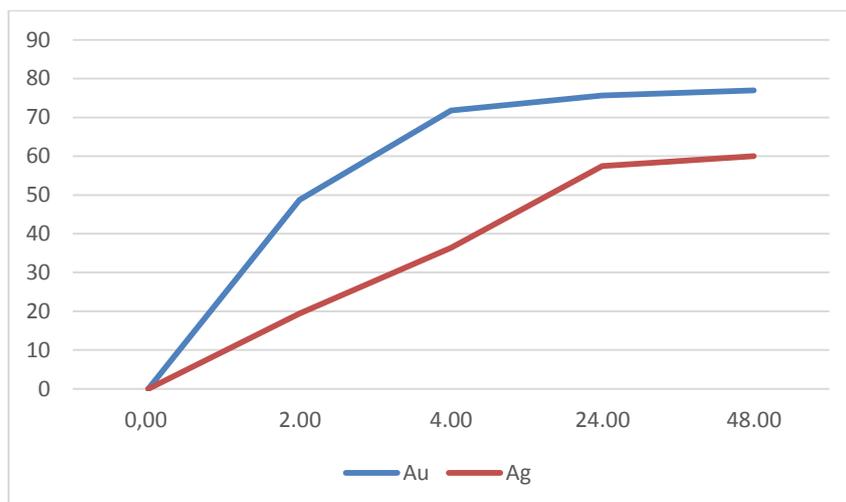
Tabla 14 Cinética de lixiviación de Ag de los relaves coloniales Villa de Pasco – Tinyahuarco

TIEMPO DE CIANURACIÓN (HR)	EXTRACCIONES (%)		pH	Oxígeno disuelto (mg/l)
	Au	Ag		
0,00	0	0		
2.00	48.73	19.38	11.40	4.39
4.00	71.79	36.41	11.45	4.51
24.00	75.61	57.46	11.43	4.80
48.00	76.94	60.01	11.61	5.41

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 11, se muestra la tendencia de la extracción del oro y plata en la quinta prueba

Gráfico 11. Cinética de lixiviación de Ag de los relaves coloniales de Villa de Pasco –Tinyahuarco



Fuente: Elaboración propia

CIANURACION DE 72 HORAS

- **Cinética de lixiviación – prueba N° 1**

En la Tabla 15, se muestra los resultados obtenidos en la prueba N° 1, donde se puede observar que se obtiene una extracción de 63.3% de plata y del 76.9% de oro.

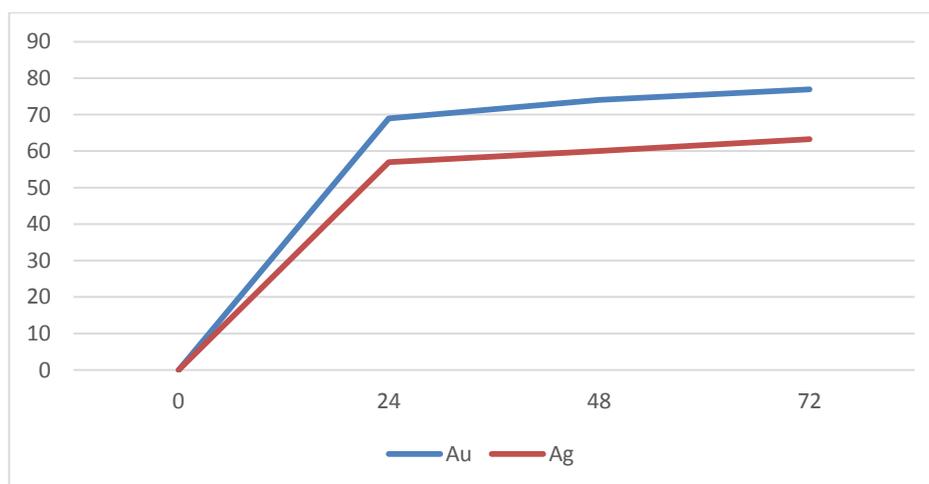
Tabla 15. Cinética de lixiviación de Ag de los relaves coloniales Villa de Pasco – Tinyahuarco.

TIEMPO DE CIANURACIÓN (HR)	EXTRACCIONES (%)		pH	Oxígeno disuelto (mg/lt)
	Au	Ag		
0	0	0		
24	69	57	11.37	3.8
48	74	60	11.37	3.61
72	76.9	63.3	11.37	4

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 12, se muestra la tendencia de la extracción del oro y plata en la primera prueba.

Gráfico 12. Cinética de lixiviación de Ag de los relaves coloniales de Villa de Pasco –Tinyahuarco



Fuente: Elaboración propia

- **Cinética de lixiviación – prueba N° 2**

En la Tabla 16, se muestra los resultados obtenidos en la prueba N° 2, donde se puede observar que se obtiene una extracción de 64.90% de plata y del 85.90% de oro.

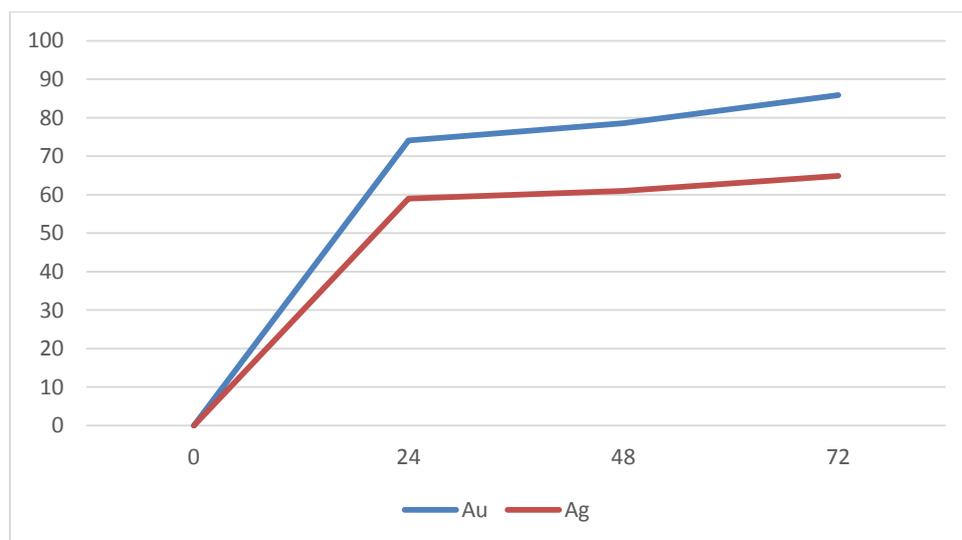
Tabla 16. Cinética de lixiviación de Ag de los relaves coloniales Villa de Pasco – Tinyahuarco

TIEMPO DE CIANURACIÓN (HR)	EXTRACCIONES (%)		pH	Oxígeno disuelto (mg/l)
	Au	Ag		
0	0,00	0,00		
24	74.10	59.00	11.45	4.20
48	78.55	61.00	11.44	3.50
72	85.90	64.90	11.43	3.9

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 13, se muestra la tendencia de la extracción del oro y plata en la segunda prueba

Gráfico 13 Cinética de lixiviación de Ag de los relaves coloniales de Villa de Pasco -Tinyahuarco



Fuente: Elaboración propia

- **Cinética de lixiviación – prueba N° 3**

En la Tabla 17, se muestra los resultados obtenidos en la prueba N° 3, donde se puede observar que se obtiene una extracción de 63.90% de plata y del 83.10% de oro.

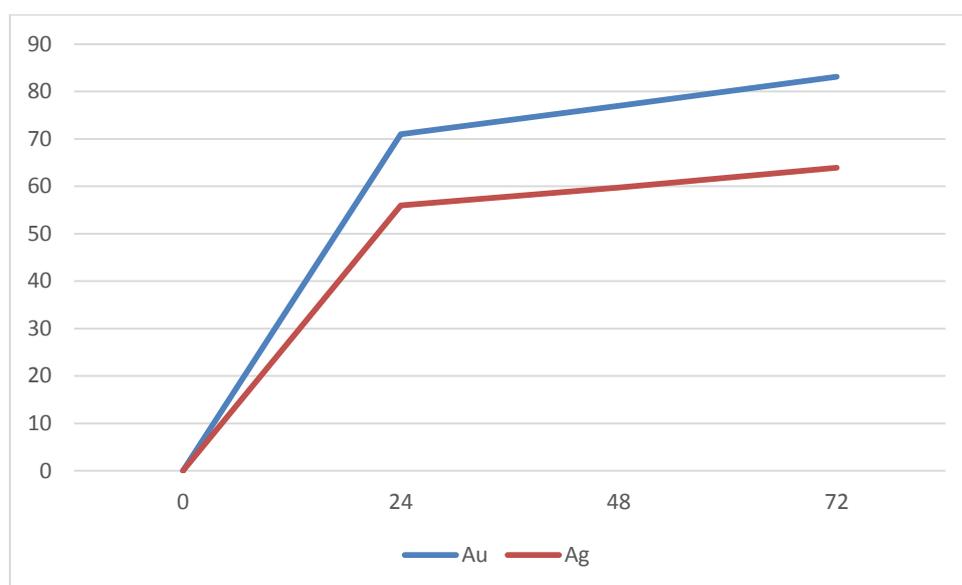
Tabla 17. Cinética de lixiviación de Ag de los relaves coloniales Villa de Pasco - Tinyahuarco

TIEMPO DE CIANURACIÓN (HR)	EXTRACCIONES (%)		pH	Oxígeno disuelto (mg/l)
	Au	Ag		
0	0,00	0,00	0	
24	71.00	56.00	11.30	4.00
48	77.00	59.77	11.40	4.51
72	83.10	63.90	11.40	4.10

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 14, se muestra la tendencia de la extracción del oro y plata en la tercera prueba

Gráfico 14. Cinética de lixiviación de Ag de los relaves coloniales de Villa de Pasco -Tinyahuarco



Fuente: Elaboración propia

- **Cinética de lixiviación – prueba N° 4**

En la Tabla 18, se muestra los resultados obtenidos en la prueba N° 4, donde se puede observar que se obtiene una extracción de 63.92% de plata y del 85.13% de oro.

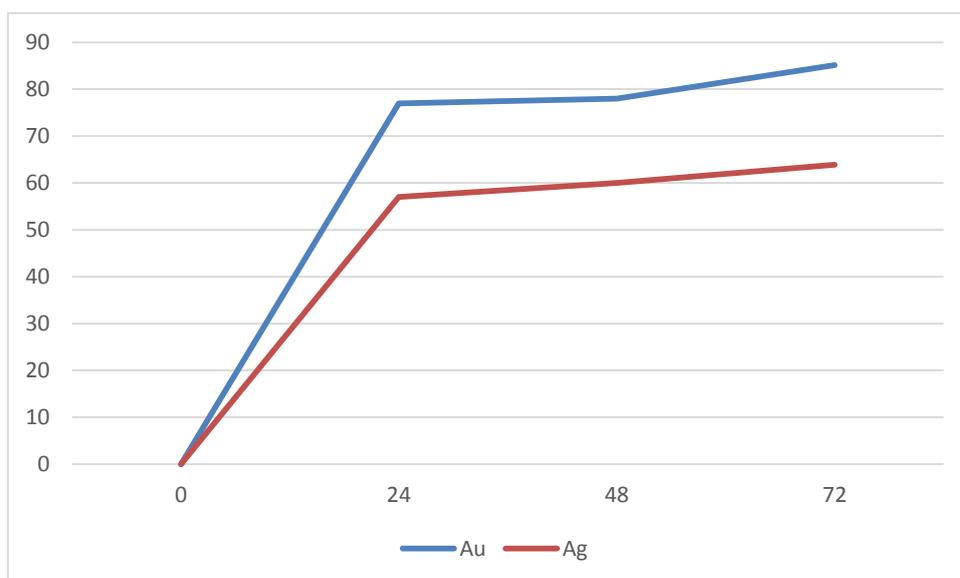
Tabla 18. Cinética de lixiviación de Ag de los relaves coloniales Villa de Pasco – Tinyahuarco

TIEMPO DE CIANURACIÓN (HR)	EXTRACCIONES (%)		pH	Oxígeno disuelto (mg/l)
	Au	Ag		
0	0,00	0,00		
24	77.00	57.00	11.40	4.39
48	78.00	60.00	11.22	5.51
72	85.13	63.92	11.44	4.80

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 15, se muestra la tendencia de la extracción del oro y plata en la cuarta prueba

Gráfico 15. Cinética de lixiviación de Ag de los relaves coloniales de Villa de Pasco -Tinyahuarco



Fuente: Elaboración propia

- **Cinética de lixiviación – prueba N° 5**

En la Tabla 19, se muestra los resultados obtenidos en la prueba N° 5, donde se puede observar que se obtiene una extracción de 63.12% de plata y del 84.10% de oro.

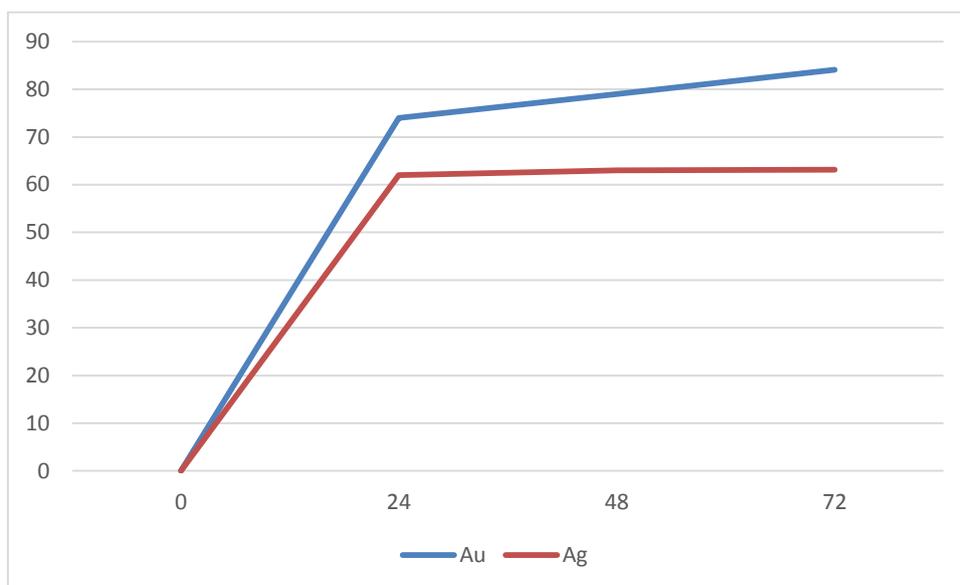
Tabla 19. *Cinética de lixiviación de Ag de los relaves coloniales Villa de Pasco – Tinyahuarco*

TIEMPO DE CIANURACIÓN (HR)	EXTRACCIONES (%)		pH	Oxígeno disuelto (mg/lt)
	Au	Ag		
0	0,00	0,00		
24	74.00	62.00	11.40	5.39
48	79.00	63.00	11,05	5.12
72	84.10	63.12	11.45	5.30

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 16, se muestra la tendencia de la extracción del oro y plata en la quinta prueba

Gráfico 16. *Cinética de lixiviación de Ag de los relaves coloniales de Villa de Pasco -Tinyahuarco*



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS

4.1. HIPÓTESIS GENERAL

4.1.1 Prueba de hipótesis general

Existe suficiente evidencia estadística para determinar que no hay diferencia de medias, en la extracción de plata, obtenida en los dos procedimientos efectuados, cuyos parámetros, se muestran en la Tabla 20.

Tabla 20. *Parámetros utilizados en los procedimientos de cianuración por agitación*

PROCEDIMIENTO 1		PROCEDIMIENTO 2	
TIEMPO DE LIXIVIACION	48 horas	TIEMPO DE LIXIVIACION	72 horas
TIEMPO DE MOLIENDA	3 MINUTOS	TIEMPO DE MOLIENDA	5 MINUTOS
NaCN CONSUMIDO	4.7 Kg/TM	NaCN CONSUMIDO	3.7 Kg/TM
CaI CONSUMIDO	4,95 Kg/TM	CaI CONSUMIDO	4,78 Kg/TM

Fuente: Elaboración propia

Para la contrastación de la hipótesis general, se ha utilizado el método de análisis de varianza (ANOVA) de un factor, siendo en nuestro trabajo de investigación, la extracción de plata; realizándose un comparativo con el valor p , para un error del 5%.

4.1.2 Resultados obtenidos en la aplicación de los procedimientos 1 y 2

Procedimiento 1

En el procedimiento 1, se ha considerado un tiempo de molienda de tres minutos, 48 horas de lixiviación, con un consumo de reactivos de NaCN: 4.7 Kg/TM y; de Cal: 4,95 Kg/TM; cuyos resultados se detalla en la Tabla 21

Tabla 21. *Resultados de extracción de plata obtenidos con el Procedimiento 1*

PRUEBAS	EXTRACCIÓN DE Ag
PRUEBA 1	59.25
PRUEBA 2	59.96
PRUEBA 3	59.68
PRUEBA 4	60.21
PRUEBA 5	60.01
PROMEDIO	59.822

Fuente: Elaboración propia

Procedimiento 2

En el procedimiento 2, se ha considerado un tiempo de molienda de cinco minutos, 72 horas de lixiviación, con un

consumo de reactivos de NaCN: 3.7 Kg/TM y; de Cal: 4,78 Kg/TM; cuyos resultados se detalla en la Tabla 22.

Tabla 22. *Resultados de extracción de plata obtenidos con el Procedimiento 2*

PRUEBAS	EXTRACCIÓN DE Ag
PRUEBA 1	63.3
PRUEBA 2	64.90
PRUEBA 3	63.90
PRUEBA 4	63.92
PRUEBA 5	63.12
PROMEDIO	63.828

Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Contrastación de la hipótesis general

En base a los parámetros fijados en los procedimientos 1 y 2, se tiene el siguiente resumen del análisis ANOVA de un factor – Tabla 23

Tabla 23. *Resumen del análisis de varianza de un factor*

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Procedimiento 1	5	299.11	59.822	0.13807
Procedimiento 2	5	319.14	63.828	0.48572

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de varianza de los procedimientos 1 y 2, se detalla a continuación, en la Tabla 24, donde se puede observar que el F de tabla (5.32), es menor que el F obtenido (128.63), concluyéndose que existe diferencia entre los procedimientos utilizados. En tal sentido se establece que el

procedimiento 2, es el más adecuado para la extracción de plata, en los relaves coloniales de Villa de Pasco – Tinyahuarco.

Tabla 24. *Análisis de varianza de un factor*

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	40.12009	1	40.12009	128.633322	3.29174E-06	5.31765507
Dentro de los grupos	2.49516	8	0.311895			
Total	42.61525	9				

Fuente: Elaboración propia.

4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

Tal como se ha afirmado que no existe diferencia de medias, en la extracción de plata, obtenida en los dos procedimientos realizados, determinamos en las hipótesis específicas, lo siguiente:

4.2.1 HIPÓTESIS ESPECÍFICA OBTENIDA 1

El grado de molienda adecuado en el procedimiento de cianuración por agitación, para maximizar la extracción de plata en relaves coloniales de Villa de Pasco - Tinyahuarco - 2017, es una molienda de cinco minutos, con el cual se obtiene 82.94%, en malla -200.

4.2.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICA OBTENIDA 2

El tiempo óptimo de cianuración por agitación, para optimizar la extracción de plata en relaves coloniales de Villa de Pasco - Tinyahuarco - 2017, es de 72 horas.

4.2.3 HIPÓTESIS ESPECÍFICA OBTENIDA 3

La dosificación óptima de reactivos de cianuración por agitación, para la extracción óptima de plata en relaves coloniales de Villa de Pasco - Tinyahuarco - 2017, es de NaCN: 3.7 Kg/TM y; de Cal: 4,78 Kg/TM

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la investigación desarrollada existe evidencia estadística que existe diferencias de medias en la extracción de plata, entre los dos procedimientos utilizados: Procedimiento 1 (48 horas de lixiviación y tres minutos de molienda), Procedimiento 2 (72 horas de lixiviación y cinco minutos de molienda) y considerando que la velocidad de reacción para la disolución de la plata depende del tamaño de la partícula se ha optado por el procedimiento 2; en el cual se ha obtenido un 63.83% de extracción de plata, superior a los 59.82% del primer procedimiento.

Lo antes expuesto, es también sustentada por MALVACEDA (2012), quien señala que: La molienda óptima es la de 80% - 200 mallas (5 minutos de molienda) donde el contenido de plata se encuentra distribuido en 86.86 y oro 90.72 debajo de la malla 200 (p. 145), siendo el obtenido en la presente investigación una molienda de 82.94%, en malla -200.

La dosificación óptima de reactivos para la cianuración por agitación, es de NaCN: 3.7 Kg/TM y; de Cal: 4,78 Kg/TM., en la extracción de plata en los relaves coloniales de Villa de Pasco – Tinyahuarco.

CONCLUSIONES

- En el desarrollo de la investigación, se encontró que existe diferencia de medias en las extracciones de plata en el procedimiento 1 y procedimiento 2.
- El procedimiento adecuado de cianuración por agitación, que permite una extracción óptima de plata, en los relaves coloniales de Villa de Pasco, es el procedimiento 2, el cual considera los siguientes parámetros 72 horas de lixiviación y cinco minutos de molienda.
- El grado de molienda adecuado para la extracción óptima de plata, en los relaves coloniales de Villa de Pasco – Tinyahuarco, es 82.94% - malla -200; a un tiempo de molienda de cinco minutos.
- El tiempo de cianuración determinado en el presente trabajo, es de 72 horas; lo cual nos permite obtener una mejor disolución de plata.
- La dosificación fijada de reactivos de cianuración por agitación para la extracción de plata en relaves coloniales de Villa de Pasco – Tinyahuarco, es de NaCN: 3.7 Kg/TM y; de Cal: 4,78 Kg/TM.

RECOMENDACIONES

- Es indispensable que el pasivo ambiental constituido por los relaves coloniales de Villa de Pasco – Tinyahuarco, sean tratados para la recuperación de plata y consecuentemente los relaves de la misma, sean depositados en una cancha de relave de acuerdo a la normatividad vigente.
- Dado que la recuperación de plata en los relaves coloniales de Villa de Pasco – Tinyahuarco, es rentable la Comunidad debería comercializarlos a empresas mineras interesadas.
- Ejecutar la remediación de las zonas disturbadas posterior a la extracción de los relaves coloniales de Villa de Pasco – Tinyahuarco, mediante el sembrío de pastos, para mejorar la actividad ganadera de la comunidad beneficiaria..

FUENTES DE INFORMACIÓN

- De Rivero, M. (2010). *Memoria del Rico Mineral de Pasco - 1828*. Pasco: Municipalidad Distrital de Yanacancha.
- Hermoza, F. (1857). *Manual de laboreo de Minas y beneficios de metales, dispuesto para uso de los mineros y azogeros de la República Mejicana*. París: Besanzon.
- Kelly, S. (1990). *Introucción al procesamiento de Minerales*. México: LIMUSA S.A. de C.V.
- Vargas, J. (1995). *Metalurgia del oro y la plata*. Lima - Perú: San Marcos.
- Vásquez, S. (2017). *Pruebas de Aglomeración a los depósitos oxidados para la Recuperación de Oro y Plata en la Concesión Minera Shahuindo S.A.C. - Cajabamba, Cajamarca - 2016*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.
- Vetter, L. (2007). *El papel de los plateros indígenas en la época colonial temprana del Virreinato del Perú*. Lima - Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú .

Páginas web:

https://www.google.com.pe/search?q=definicion+de+hidrometalurgia&rlz=1C1SQJL_esPE778PE779&oq=definicion+de+hidrometalurgia&aqs=chrome..69i57.24398j1j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8

<https://www.textoscientificos.com/mineria/lixiviacion-oro/cianuracion>

https://www.google.com.pe/search?rlz=1C1SQJL_esPE778PE779&ei=3Y--W5bTN8nZ5gKB7o-

https://www.google.com.pe/search?q=definicion+de+cianuro+de+sodio&oq=definicion+de+cianuro+de+sodio&gs_l=psy-

https://www.google.com.pe/search?q=definicion+de+cianuro+de+sodio&oq=definicion+de+cianuro+de+sodio&gs_l=psy-ab.3..0i22i30k1.3271.10179.0.11538.26.19.1.0.0.0.357.2774.0j3j8j1.12.0....0...1.1.64.psy-ab..17.9.1759...0j35i302i39k1j35i39k1.0.4IZ0augy3Ss

https://www.google.com.pe/search?rlz=1C1SQJL_esPE778PE779&ei=cJC-W7ioHrCA5wLgmY6YDQ&q=definicion+de+hidroxido+de+calcio&oq=definicion+de+hidroxido+de+calcio&gs_l=psy-

https://www.google.com.pe/search?rlz=1C1SQJL_esPE778PE779&ei=cJC-W7ioHrCA5wLgmY6YDQ&q=definicion+de+hidroxido+de+calcio&oq=definicion+de+hidroxido+de+calcio&gs_l=psy-ab.1.2.0j0i20i263k1j0l6.83496.98152.0.102873.24.18.0.0.0.0.472.3138.0j9j3

j1j1.14.0....0...1.1.64.psy-
ab..11.13.2938...0i22i30k1j35i39k1j0i67k1j0i131k1.0.MqiOZoM3qdE
https://www.google.com.pe/search?rlz=1C1SQJL_esPE778PE779&ei=NI--W9_sIKrn5gKy3q3ACg&q=definicion+de+titulacion+en+quimica&oq=definicion+de+titula&gs_l=psy-
ab.1.3.0i10.185416.198921.0.202932.21.19.0.0.0.0.417.3327.0j8j3j2j1.14.0.
...0...1.1.64.psy-
ab..11.10.2352...35i39k1j0i67k1j0i20i263k1.0.zDZyMVnnhng
https://www.google.com.pe/search?rlz=1C1SQJL_esPE778PE779&ei=c5WW8rmJenR5gKjxoTwCQ&q=definicion+de+fenoftaleina&oq=definicion+de+fenoftaleina&gs_l=psy-
ab.1.0.0i22i10i30k1j0i22i30k1.174235.189263.0.192938.26.22.0.0.0.0.349.4
014.0j9j7j2.18.0....0...1.1.64.psy-
ab..16.10.1919...0j35i39k1j0i67k1j0i20i263k1.0.OTJNAd4POTo
https://www.google.com.pe/search?rlz=1C1SQJL_esPE778PE779&ei=T5a-W_38Pljy5gK7pLDwBg&q=definicion+de+nitrato+de+plata&oq=definicion+de+nitrato&gs_l=psy-
ab.1.2.0i2j0i20i263k1j0j0i22i30k1i4j0i22i10i30k1j0i22i30k1.140557.147264.
0.152717.20.19.0.0.0.0.635.3182.0j2j8j1j0j1.12.0....0...1.1.64.psy-
ab..12.8.1749...35i39k1j0i67k1j0i10k1.0.5xtCHahzrNA

ANEXOS

Anexo 1

TÉCNICAS DE MUESTREO

1.1 OBJETIVOS:

Aplicar las técnicas adecuadas en el muestreo de minerales auríferos a fin de obtener porciones representativas en lotes de minerales.

1.2 FUNDAMENTO TEÓRICO:

Existen dos métodos de muestreo comúnmente usados: el muestreo a mano y a máquina. Como su nombre lo indica, el muestreo a mano, se lleva a cabo por personal de planta y el muestreo a máquina se efectúa mediante dispositivos de corte automatizados.

El muestreo manual posee una pronunciada tendencia al error, además es costoso. Su uso solo se justifica solamente cuando el muestreo es de naturaleza ocasional o temporal y donde el material es pegajoso y difícil de manejar. En el resto de situaciones se recomienda el muestreo a máquina. El muestreo manual se lleva a cabo mediante el uso de: tenazas o pinzas, tubos ranurados o rectos, palas y, por cono y cuarteado.

El muestreo a máquina o automático, se efectúa mediante un cortador de muestra manejado mecánicamente y diseñado para captar una capa delgada del mineral o pulpa en caída, a intervalos de tiempo predeterminados, en este tipo de muestreo la reproducibilidad de resultados es más probable, así como la cantidad de muestra a captarse

1.3 MATERIALES Y EQUIPOS:

1.3.1 MATERIALES:

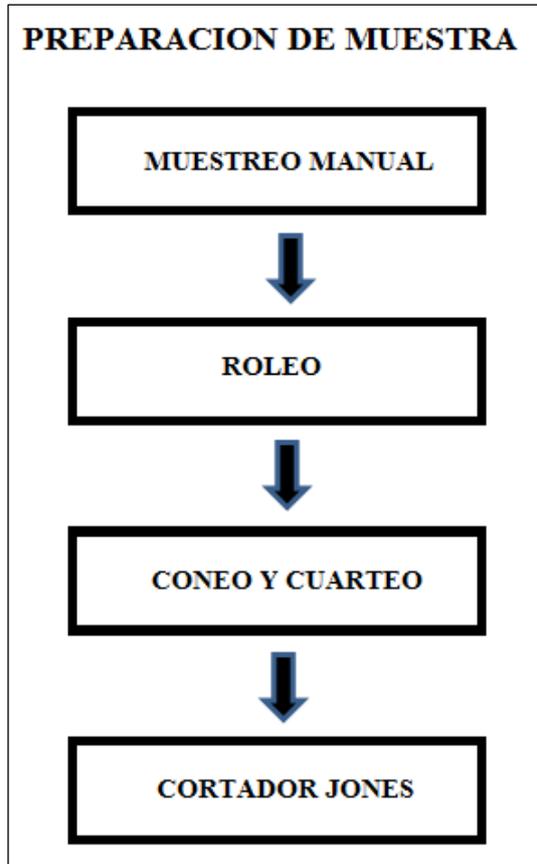
- *Mineral.*
- *Lona.*
- *Cortador jones.*
- *Palas.*

1.3.2 EQUIPOS:

- *Balanza*

1.4 PROCEDIMIENTO:

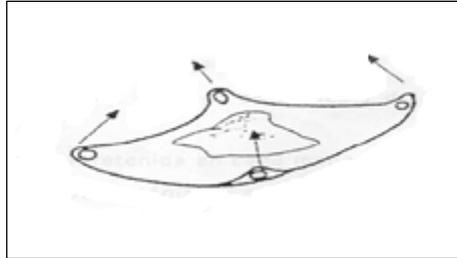
Preparación de la muestra



Fuente: Guía de Práctica de Hidrometalurgia de la Universidad Daniel Alcides Carrión

- *Cada grupo recibirá una muestra de mineral triturado a -10m. Pesar 4 Kg de muestra en la balanza correspondiente.*
- *Efectuar la homogeneización del mineral, en la lona (Figura 3).*

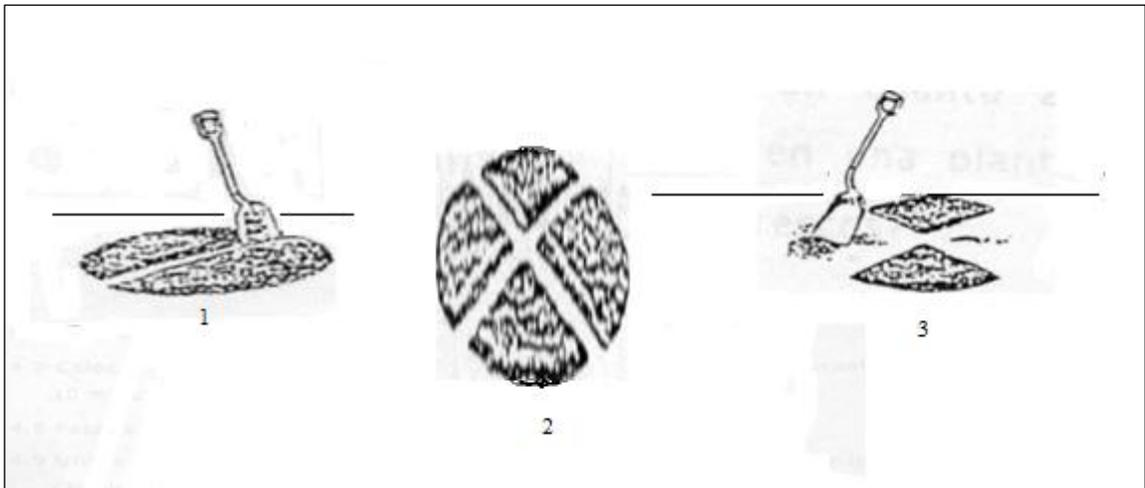
Homogeneización del mineral



Fuente: Guía de Práctica de Hidrometalurgia de la Universidad Daniel Alcides Carrión

- *Con las indicaciones del profesor, proceder a practicar las técnicas de muestreo que se indican*
- *Hacer el cono y cuarteado, según se muestra en la siguiente figura:*

Muestreo por Cono y Cuarteado de la muestra



Fuente: Guía de Práctica de Hidrometalurgia de la Universidad Daniel Alcides Carrión

- *Pasar por el cuarteador Jones*
- *Esbozar un esquema de cada sistema de muestreo, registrando los pesos de mineral obtenido en cada etapa o secuencia de trabajo.*

2. CARACTERIZACION MINERALOGICA DE LOS MINERALES DE ORO Y PLATA.

2.1 OBJETIVOS:

Mostrar algunas de las principales técnicas que se aplican para conocer las características propias de un mineral. Al finalizar esta práctica el estudiante debe ser capaz de determinar la humedad, pH natural y peso específico de los minerales.

2.2 FUNDAMENTO TEÓRICO:

Los factores que afectan la extracción de oro y plata dependen de la naturaleza mineralógica. El conocimiento de la mineralogía del mineral o producto metalúrgico a ser tratado si son apropiadamente combinadas con las pruebas metalúrgicas, proporcionaran las mejores herramientas para mejorar la recuperación.

Consecuentemente un buen entendimiento de la mineralogía de las rocas provenientes de los yacimientos se requiere para diseñar y realizar los procesos de extracción de oro y plata de manera eficiente.

2.3 MATERIALES Y EQUIPOS:

2.3.1 MATERIALES:

- *Muestras de minerales auríferos o platiníferos.*
- *Piceta*
- *Probeta*
- *Espátula*
- *Fioles.*
- *Navaja*
- *Lupa.*

2.3.2 EQUIPOS:

- *Balanza*

2.3.3 REACTIVOS REQUERIDOS PARA PRUEBAS:

- *Ácido Clorhídrico.*

2.4 PROCEDIMIENTO:

2.4.1 DETERMINACIÓN DE GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL MINERAL.

Para determinar la gravedad específica del mineral, se realizó lo siguiente:

- pesar 100 gramos de la muestra.
- Verter 50 ml de agua en una probeta de 200ml.
- Agregar la cantidad de muestra pesada a la probeta.
- Anotar la diferencia de volúmenes, y se procede a realizar el cálculo de la gravedad específica del mineral, que se obtiene de la siguiente manera:

$$G.E. = \frac{\text{Peso de muestra de mineral}}{(\text{Vol. Final} - \text{Vol. Inicial}) H_2O}$$

3. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

El presente método se aplica para minerales no ferrosos y concentrados de mineral. Consiste en someter a la muestra a la acción del calor, a la temperatura y tiempo adecuado para evaporar el agua.

- Pesar la capsula de porcelana vacía y seca (peso A).
- Tomar una muestra húmeda (aprox. 50 gr.).
- Echar la muestra húmeda en la capsula de porcelana y pesar el conjunto (peso B).
- Extender la muestra en la capsula de porcelana formando una capa de espesor constante.
- Colocar la capsula de porcelana con la muestra en una estufa de secado a 110°C por el lapso de 2 a 4 horas hasta que seque completamente (peso constante)
- Pesar el recipiente cuando este frio (peso C)

$$\% \text{ Humedad} = \frac{B - C}{(B - A)} \times 100$$

Dónde:

B - C: Peso del agua en la muestra (diferencia de peso)

B - A: Peso neto de la muestra húmeda

4. DETERMINACIÓN DEL pH NATURAL

- Pesar 25gr de mineral molido seco.
- Colocar la muestra en un mortero y moler.
- Agregar 75 cc de agua destilada.
- Medir el pH de la pulpa formada, que será el pH natural del mineral.

Para conocer el consumo de cal, proceder así:

- Pesar 100 gr de la misma muestra.
- Colocar en un frasco la muestra con 300 cc de agua.
- Adicionar 0.05 gr de cal y dejar agitando 5 minutos en los rodillos.
Repetir esta operación 3 veces.
- Registrar los puntos para construir la curva Ph-cal (gr) en Excel y determine la ecuación matemática que más se ajuste a los datos experimentales

5. PREPARACION DE INDICADORES PARA ANALISIS VOLUMETRICOS COMUNES EN LA HIDROMETALÚRGIA DEL ORO Y LA PLATA.

5.1 OBJETIVOS:

Preparar las soluciones valoradas para los análisis de contenido de NaCN y CaO en las pruebas de cianuración de minerales de oro y plata

5.2 FUNDAMENTO TEÓRICO:

Un indicador es una sustancia que varía de color de acuerdo con la concentración de iones de hidrogeno. Generalmente es un ácido, o base orgánico débil usado en soluciones muy diluidas.

Los indicadores son muy usados en el análisis volumétrico porque nos ayuda a identificar por cambios de color la cantidad de solución valorada necesaria que se vertiera a una determinada muestra o alícuota para medir de manera indirecta la cantidad de sustancia o elemento en cuestión que existe en la disolución muestra, en el caso del control de procesos en la cianuración del oro y plata comúnmente las sustancias en cuestión son el NaCN y CaO presentes en la solución cianurante.

5.3 MATERIALES Y EQUIPOS

5.3.1 MATERIALES:

- *Agua destilada*
- *Vaso de Precipitado*
- *Piceta*
- *Proveta*
- *Espátula*
- *Pipeta*
- *Embudo*
- *Fiolas.*

5.3.2 EQUIPOS:

- *Balanza*

5.3.3 REACTIVOS REQUERIDOS PARA PRUEBAS:

- *Fenolftaleína.*
- *Yoduro de Potasio*

5.4 PROCEDIMIENTOS.

PREPARACIÓN DE FENOLFTALEÍNA:

Pesar 1 gr. de fenolftaleína y diluirlo en 100 ml de solución de alcohol.

PREPARACIÓN DE YODURO DE POTASIO:

Pesar 3 gr. de KI y diluirlo en 100 ml. de agua destilada.

6. PRUEBAS DE LIXIVIACION EN BOTELLAS PARA DETERMINAR LA FUERZA DE CIANURO.

6.1 OBJETIVOS:

Determinar la fuerza de cianuro y consumo de NaCN en un proceso de lixiviación.

6.2 FUNDAMENTO TEÓRICO:

Las pruebas de cianuración en botellas son efectuadas para obtener información preliminar sobre el consumo total de reactivos que intervienen en el proceso de lixiviación tales como el NaCN, CaO; así mismo se puede predecir el porcentaje de recuperación en Au y Ag que podamos obtener

De acuerdo con J.S. Mac Laurin, la rapidez de disolución del oro en las soluciones de cianuro, alcanza un máximo pasando de soluciones concentradas a diluidas. En su investigación demostró que este máximo es alcanzado a una concentración de 0.19% NaCN.

Es por ello, por lo que la razón de disolución del oro en soluciones cianuradas aumenta linealmente con la concentración de cianuro, hasta que se alcanza o se produce un máximo, más allá del cual, un incremento adicional en la concentración de cianuro no aumenta la cantidad de oro disuelto, sino por el contrario tiene un ligero efecto retardaste.

Barsky, Swainson y Heddley, comprobaron que la concentración de la solución para una rápida disolución del oro es de 0.05% de NaCN.

Es por ello que en la práctica, la mayoría de Plantas tratan menas de oro usando soluciones que contienen menas de 0.05% de NaCN (0.5 g/l); el promedio general está probablemente del 0.02 al 0.03% de NaCN (0.2 a 0.3 g/l), tal como se muestra en la siguiente:

Cantidad del oro disuelto en una Hora

NaCN en solución (%)	Au disuelto en 1 hora (mg/cm ²)
0.5	2.943
0.25	3.007
0.1	2.986
0.05	3.251
0.025	2.513
0.01	0.338

Fuente: Guía de Práctica de Hidrometalurgia de la Universidad Daniel Alcides Carrión

En minerales que contienen cianicidas es usual mantener la concentración de cianuro, incluso superior a aquella donde se observa que la velocidad de disolución de oro empieza a disminuir, el valor de concentración de cianuro que se ha generalizado en los procesos a menor escala es de 1 g/l.

Cabe resaltar que cuando se incrementa la concentración del cianuro disminuye la recuperación del metal precioso,

probablemente por la disolución de otros elementos que generen reacciones que consumen cianuro, retardando la disolución del oro.

6.3 MATERIALES Y EQUIPOS:

6.3.1 MATERIALES:

- *Mineral.*
- *Botellas de Plástico*
- *Agua destilada*
- *Vaso de Precipitado*
- *Piceta*
- *Probeta*
- *Fiola.*
- *Bureta*
- *Mallas: +200*
- *Espátula*
- *Balde*
- *Papel de Filtro*
- *Pipeta*
- *Embudo*
- *Damajuana.*

6.3.2 EQUIPOS:

- *pH metro y Balanza*

6.3.3 REACTIVOS REQUERIDOS PARA PRUEBAS:

- *Cal*
- *Cianuro de Sodio*
- *Nitrato de Plata.*
- *Fenolftaleína.*
- *Yoduro de Potasio*

6.4 PROCEDIMIENTOS:

Lixiviar de acuerdo a indicación del docente de práctica.

Para realizar el tratamiento metalúrgico de Cianuración por Agitación en Botella se agregara en la botella 200 gr. de mineral y 400 ml. de solución de agua, en seguida se agregará cal y se colocará la botella

en el agitador de rodillos, durante 20 minutos, con la finalidad de regular y estabilizar en pH, una vez logrado ello se procederá a adicionar el cianuro, previamente preparado en el laboratorio, luego se colocara la botella en el agitador de rodillos, los cálculos para las revoluciones no se tomaran en cuenta, solo se tomara nota de las muestras cada cierto intervalo de tiempo, al principio cada hora, para luego ir aumentando a 2 , 3 , 4, 5 y 6 horas, con la finalidad de obtener diferentes muestras de los diferentes días de operación

6.4.1 PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN DE NITRATO DE PLATA:

Pesar 4.3 gr. de AgNO_3 y aforar en fiola de 1 litro con agua destilada.

6.4.2 PREPARACIÓN DE YODURO DE POTASIO:

Pesar 3 gr. de KI y diluirlo en 100 ml. de agua destilada.

6.4.3 VIRAJE.

Tomar una muestra de 25 ml las que servirá para el análisis de NaCN y el análisis de oro y plata en la solución. Luego se deberá adicionar al proceso 25 ml de solución de cianuro de tal manera que se mantenga en el sistema una concentración de cianuro de sodio que es 1gr/lit.

A la solución titulada en la determinación de cianuro libre se añade 4 ml del indicador de yoduro de potasio y se añade solución valorada hasta que aparezca una opalescencia amarillenta.

6.4.4 DETERMINACIÓN DE CONSUMO DE CIANURO DE SODIO:

$$\% \text{NaCN} = \frac{(\text{Vol. Gastado de Ag NO}_3)}{100}$$

7. PRUEBAS DE LIXIVIACION EN BOTELLAS PARA DETERMINAR LA FUERZA DE ALCALI

7.1 OBJETIVOS:

Determinar la fuerza de cianuro y consumo de CaO en un proceso de lixiviación.

7.2 FUNDAMENTO TEÓRICO:

Las pruebas de cianuración en botellas son efectuadas para obtener información preliminar sobre el consumo total de reactivos que intervienen en el proceso de lixiviación tales como el NaCN, CaO; así mismo se puede predecir el porcentaje de recuperación en Au y Ag que podamos obtener.

Para prevenir pérdidas excesivas de cianuro por hidrólisis, el proceso de cianuración se lleva a cabo a valores de pH superiores a 9.4. El efecto del pH en la disolución de oro a valores mayores a 9.5, depende de los minerales que se encuentren como constituyentes de la Mena, así como también del álcali empleado para su regulación.

En el Proceso de Cianuración, es muy importante considerar que para disolución del oro, se requiere tener en solución, el ion CN⁻. Si se opera a un valor de pH menor que 10, el cianuro libre estará en mayor proporción como HCN, que es muy volátil a temperatura ambiente, y genera problemas de salud por inhalación, ya que este es un gas venenoso.

En la práctica, se debe trabajar con valores de pH superiores a 10.5 para evitar la formación de HCN y favorecer la presencia de ion CN⁻. En algunos casos, la velocidad de disolución del oro puede disminuir con el incremento del pH, ya que se aumenta la velocidad de las reacciones que interfieren en el proceso. El valor óptimo de pH al que se debe trabajar deberá ser determinado de acuerdo a las características de cada mineral en particular.

7.3 MATERIALES Y EQUIPOS:

7.3.1 MATERIALES:

- Mineral.
- Agua destilada
- Vaso de Precipitado
- Piceta
- Provetta
- Bureta
- Mallas: +200
- Espátula
- Balde
- Papel de Filtro
- Pipeta
- Embudo
- damajuana

7.3.2 EQUIPOS:

- pH metro y Balanza

7.3.3 REACTIVOS REQUERIDOS PARA PRUEBAS:

- Cal
- Cianuro de Sodio
- Nitrato de Plata.
- Fenolftaleína.
- Yoduro de Potasio

7.4 PROCEDIMIENTOS:

Lixiviar de acuerdo a indicación del docente de práctica.

Para realizar el tratamiento metalúrgico de Cianuración por Agitación en Botella se agregara en la botella 200 gr. de mineral y 400 ml. de solución de agua, en seguida se agregará cal y se colocará la botella en el agitador de rodillos, durante 20 minutos, con la finalidad de regular y estabilizar en pH, una vez logrado ello se procederá a adicionar el cianuro, previamente preparado en el laboratorio, luego se colocara la botella en el agitador de rodillos, los cálculos para las revoluciones no se tomaran en cuenta, solo se tomara nota de las muestras cada cierto intervalo de tiempo, al principio cada hora, para

luego ir aumentando a 2 , 3 , 4, 5 y 6 horas, con la finalidad de obtener diferentes muestras de los diferentes días de operación

7.4.1 PREPARACIÓN DE FENOLFTALEÍNA:

Pesar 1 gr. de fenolftaleína y diluirlo en 100 ml de solución de alcohol.

7.4.2 PREPARACIÓN DE ÁCIDO OXÁLICO:

Pesar 5.63 gr. de Ácido Oxálico y aforar en fiola de 1 litro con agua destilada.

7.4.3 VIRAJE.

A la solución titulada en la determinación de cianuro libre se añade unas gotas del indicador de fenolftaleína si la solución toma un color salmón se añade solución valorada hasta que desaparezca el color salmón.

Si al añadir el indicador mencionado no cambia de color se adiciona solución valorada hasta que la solución se vuelva incolora

7.4.4 DETERMINACIÓN DE CONSUMO DE CAL:

$$\% CAL = \frac{(\text{Volumen Gastado de Ácido Oxálico})}{100}$$

Anexo 2. Matriz de consistencia

"ESTUDIO DEL PROCEDIMIENTO DE CIANURACION POR AGITACION PARA LA EXTRACCION DE PLATA EN RELAVES COLONIALES DE VILLA DE PASCO - TINYAHUARCO - 2018"

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGIA
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente		
¿Cuál será el procedimiento de cianuración por agitación adecuado para la extracción de plata en relaves coloniales de Villa de Pasco - Tinyahuarco - 2018?	Determinar el procedimiento de cianuración por agitación adecuado para la extracción de plata en relaves coloniales de Villa de Pasco - Tinyahuarco - 2018	El procedimiento de cianuración por agitación adecuado permite la extracción de plata en relaves coloniales de Villa de Pasco - Tinyahuarco - 2018	Procedimiento de Cianuración por agitación	Grado de molienda	Tipo de Investigación
				Horas	Aplicada
				kg/tonelada	Nivel de Investigación
					Experimental
Problema Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas			
Problema Específico 1 ¿Cuál será el grado de molienda adecuado en el procedimiento de cianuración por agitación, para la extracción de plata en relaves coloniales de Villa de Pasco - Tinyahuarco - 2018?	Objetivo específico 1 Determinar el grado de molienda adecuado en el procedimiento de cianuración por agitación, para la extracción de plata en relaves coloniales de Villa de Pasco - Tinyahuarco - 2018	Hipótesis Específica 1 El grado de molienda adecuado en el procedimiento de cianuración por agitación, permite maximizar la extracción de plata en relaves coloniales de Villa de Pasco - Tinyahuarco - 2018		Onzas / tonelada	Método de investigación
Problema Específico 2 ¿Cuál será el tiempo óptimo de cianuración por agitación para la extracción de plata en relaves coloniales de Villa de Pasco - Tinyahuarco - 2018?	Objetivo específico 2 Establecer el tiempo óptimo de cianuración por agitación para la extracción de plata en relaves coloniales de Villa de Pasco - Tinyahuarco - 2018	Hipótesis Específica 2 El tiempo óptimo de cianuración por agitación permite optimizar la extracción de plata en relaves coloniales de Villa de Pasco - Tinyahuarco - 2018	Variable Dependiente	INDICADORES	Cuantitativo (estadístico Experimental)
					Población : 32,880 TMH
Problema Específico 3 ¿Cuál será la dosificación óptima de reactivos de cianuración por agitación para la extracción de plata en relaves coloniales de Villa de Pasco - Tinyahuarco - 2018?	Objetivo específico 3 Evaluar la dosificación óptima de reactivos de cianuración por agitación para la extracción de plata en relaves coloniales de Villa de Pasco - Tinyahuarco - 2018	Hipótesis Específica 3 La dosificación óptima de reactivos de cianuración por agitación, permitira la extracción óptima de plata en relaves coloniales de Villa de Pasco - Tinyahuarco - 2018	Porcentaje de extracción de plata	Porcentaje	Muestra : 20 pozas

Anexo 3. Reporte fotográfico

PREPARACION DEL MOLINO DE BOLAS PARA LA PRUEBA DE MOLIENDA



Fuente : Elaboración propia

PRUEBA DE CIANURACION POR AGITACIÓN CON BOTELLA



Fuente : Elaboración propia

PREPARACION DE LOS RODILLOS PARA LA MOLIENDA DEL RELAVE



Fuente : Elaboración propia

RESTOS DE PLANTA DE BENEFICIO DE PATIO EN VILLA DE PASCO



Fuente : Elaboración propia