

Universidad Nacional
“José Faustino Sánchez Carrión”



“Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica”

Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica

**“CIANURACIÓN POR AGITACIÓN DE MINERALES OXIDOS Y
SULFUROS A NIVEL DE LABORATORIO PARA LA
EXTRACCIÓN DE ORO Y PLATA EN LA PLANTA
CONCENTRADORA CAROLINA S.A.C”**

“TESIS”

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO
METALÚRGICO**

Autor:

Bach. PARDAVE MINAYA, Beatriz Magdalena

Bach. RAMOS CALERO, Esther Ada

Asesor:

Ing. IPANAQUE ROÑA, Juan Manuel

Huacho - Perú

2017

DEDICATORIA

A nuestros padres por el apoyo y a mis hermanos por ser el motivo principal para concretar las metas trazadas y aspiraciones, en nuestra vidas profesional y familiar.

AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento a las personas que nos apoyaron y facilitaron los recursos necesarios para llevar a cabo la investigación, de la misma manera agradecemos a Dios por iluminar nuestro camino y a mis padres por el apoyo incondicional.

PENSAMIENTO

“La perseverancia es muy importante para el éxito. Y que, si uno no se cansa de llamar a la puerta con el vigor y la paciencia necesarios, alguien le abrirá al final” (Freses, s.f.).

Longfellow

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
PENSAMIENTO.....	4
ÍNDICE	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	9
ÍNDICE DE TABLA.....	10
ÍNDICE DE ANEXO.....	11
GLOSARIO DE ABREVIATURA.....	12
RESUMEN.....	13
ABSTRACT.....	14
INTRODUCCIÓN	15
CAPÍTULO I.....	16
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.1. Descripción de la Realidad Problemática.....	16
1.2. Formulación del Problema.....	17
1.2.1. Problema General.....	17
1.2.2. Problemas Específicos.....	17
1.3. Objetivos de la Investigación.....	18
1.3.1. Objetivo General.....	18
1.3.2. Objetivos Específicos.....	18
1.4. Justificación.....	18

1.5. Delimitación.....	19
1.5.1. Delimitación Territorial.....	19
1.5.2. Delimitación Tiempo y Espacio.....	19
1.5.3. Delimitación de Recursos.....	19
CAPÍTULO II.....	20
MARCO TEÓRICO.....	20
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	20
2.1.1. Investigación Relacionada con el Estudio.....	20
2.1.2. Otras Publicaciones.....	22
2.2. Bases Teóricas.....	24
2.2.1. Lixiviación.....	24
2.2.2. Lixiviación por Agitación.....	24
2.2.3. Fundamento de la Cianuración del Oro.....	24
2.2.4. Condiciones Óptimas para la Cianuración.....	25
2.2.5. Variables que Afectan la Cianuración.....	29
2.3. Definiciones Conceptuales.....	31
2.4. Formulación de la Hipótesis.....	34
2.4.1. Hipótesis General.....	34
2.4.2. Hipótesis Específicas.....	34
CAPITULO III.....	35
METODOLOGÍA.....	35

3.1. DISEÑO METODOLÓGICO	35
3.1.1. Tipo de Investigación.	35
3.1.2. Enfoque de Investigación.	35
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.	35
3.2.1. Población.	35
3.2.2. Muestra.	36
3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES E INDICADORES.	36
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	36
3.4.1. Técnicas a Emplear.	36
3.4.2. Descripción de los Instrumentos.	37
CAPITULO IV	38
RESULTADOS EXPERIMENTALES	38
4.1. Condiciones de las Pruebas de Investigación.	38
4.2. Cianuración.	39
4.3. RESULTADOS.	41
4.3.1. Cianuración de Minerales Sulfuros.	41
4.3.2. Cianuración de Minerales Óxidos.	45
CAPITULO V	47
DISCUSIÓN CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
5.1. DISCUSIÓN.	47
5.2. CONCLUSIONES.	48

5.3. RECOMENDACIONES.....	50
CAPITULO VI.....	51
FUENTES DE INFORMACIÓN	51
6.1. Fuentes bibliográficas.....	51
ANEXOS.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama del mecanismo de reacción de disolución de oro en la interfase sólido-líquido.....	25
Figura 2. Diagrama de estabilidad Eh-pH para el sistema cianuro-agua, pH mayores a 9.2 se verifica la evolución de HCN.....	26
Figura 3: Diagrama de estabilidad Eh-pH para el sistema oro-agua. El oro metálico es estable en agua para todo nivel de pH.....	27
Figura 4: Diagrama de estabilidad Eh-pH para el sistema oro-cianuro-agua.....	28

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1: Operacionalización de Variables e Indicadores	36
Tabla 2. Condiciones de Cianuración – Óxidos: 40 hrs: soda y cianuro al mismo tiempo.....	39
Tabla 3. Condiciones Cianuración Sulfuros: 24 hr: soda y cianuro al mismo tiempo.	40
Tabla 4. Resultado de la cianuración en 24 horas a pH 11 - minerales sulfurados.....	41
Tabla 5. Resultado de la cianuración en 40 horas a pH 11 - minerales sulfurados.....	42
Tabla 6. Resultado de la cianuración a un pH 11 en 40 horas – minerales oxidados	45

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo 1: Matriz Consistencia General	55
Anexo 2: Matriz Consistencia Específico	56
Anexo 3: Planta concentradora Carolina S.A.C - Sector Pampa de Chauchilla S/N – Vista Alegre - Nazca – Ica.....	57
Anexo 4: Ubicación geográfica de la Planta concentradora Carolina S.A.C	57
Anexo 5. Condiciones de cianuración de minerales sulfurados.....	58
Anexo 6.Resultado de la primera prueba 24 horas - sulfuros	58
Anexo 7. Resultado de la primera prueba 40 horas - sulfuros	59
Anexo 8. Resultado de la segunda prueba 24 horas - sulfuros.....	59
Anexo 9. Resultado de la segunda prueba 40 horas - sulfuros.....	60
Anexo 10. Resultado de la tercera prueba 24 horas - sulfuros.....	60
Anexo 11. Resultado de la cuarta prueba 24 horas - sulfuros	61
Anexo 12. Resultado de la cuarta prueba 40 horas - sulfuros	61
Anexo 13. Resumen de las 4 pruebas de cianuración en 24 horas - sulfuros.....	62
Anexo 14. Resumen de las 3 pruebas de cianuración en 40 horas - sulfuros.....	62
Anexo 15. Condiciones de cianuración de minerales oxidados	62
Anexo 15. Resultado de la primera prueba 40 horas - óxidos.....	63
Anexo 16. Resultado de la segunda prueba 40 horas - óxidos.....	63
Anexo 17. Resultado de la tercera prueba 40 horas - óxidos	64
Anexo 18. Resultado de la cuarta prueba 40 horas - óxidos	64
Anexo 18. Resultado de la quinta prueba 40 horas - óxidos	65
Anexo 20. Resultado de la sexta prueba 40 horas - óxidos.....	65
Anexo 22. Resumen de las 6 pruebas de cianuración en 40 horas - óxidos.....	66

GLOSARIO DE ABREVIATURA

#	:	Numero
%	:	Porcentaje
Ag	:	Plata
Au	:	Oro
Cu	:	Cobre
Fe	:	Hierro
g	:	Gramo
g/L	:	Gramos por litro
g/t	:	Gramos por toneladas
K	:	Quilates
Max	:	Máximo
Min	:	Mínimo
mL	:	Mililitros
N°	:	Numero
pag.	:	Pagina
págs	:	Paginas
pH	:	Potencia de hidrogeno
ppm	:	Partes por millón
SAC	:	Sociedad anónima cerrada
TMSD	:	Toneladas métricas secas por día
USD	:	Dólares americanos
Zn	:	Zinc
µm	:	Micras

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación tiene por objetivo principal evaluar la cianuración por agitación de minerales óxidos y sulfuros a nivel laboratorio, para extraer oro en la Planta Concentradora Carolina S.A.C.

A nivel experimental se realizaron pruebas de cianuración por agitación para buscar el comportamiento de los minerales sulfurados y oxidados, para la extracción de oro, para ello se trabajó con un 85% pasante a la malla 200, con una dilución de 3, a un pH de 11 y una fuerza de 0.12% para óxidos y 0.15% para sulfuros a un tiempo de 40 horas para los óxidos y 24 y 40 horas para los sulfuros.

Obteniendo como resultados para minerales sulfurados a 24 horas de una recuperación de 82.02%, con un consumo de 5.6 kg/TM de NaOH y 6.99 kg/TM de NaCN, mientras que para una proyección es de 80% de recuperación con un rango de consumo de 6.9 a 7.0 kg/TM de cianuro y 5.5 a 5.7 kg/TM de NaOH.

Para minerales sulfurados a 40 horas de una recuperación de 76.47%, con un consumo de 6.0 kg/TM de NaOH y 7.65 kg/TM de NaCN, mientras que para una proyección de 76.82% de recuperación con un rango de consumo de 7.2 a 7.6 kg/TM de cianuro y 5.7 a 6.0 kg/TM de NaOH. Mientras que para minerales oxidados a 40 horas de una recuperación de 90.73%, con un consumo de 3.3 kg/TM de NaOH y 3.9 kg/TM de NaCN, mientras que para una proyección de 90% de recuperación con un rango de consumo de 3.6 a 3.9 kg/TM de cianuro y 3.0 a 3.44 kg/TM de NaOH.

Con los resultados obtenidos, el oro es recuperable tanto de los minerales sulfurados y oxidados, para los minerales oxidados un valor esperado mientras que para los sulfuros se tendrá que mejorar los procesos.

Palabra clave: Cianuración, extracción de oro, lixiviación de oro, cianuraciones minerales.

ABSTRACT

The main objective of this research work is to evaluate the cyanidation by agitation of oxide and sulfide minerals at the laboratory level, to extract gold at the Carolina S.A.C.

At an experimental level, stirring cyanidation tests were carried out to look for the behavior of sulfur and oxidized minerals, for the extraction of gold, for this we worked with an 85% through 200 mesh, with a dilution of 3, at a pH 11 and a strength of 0.12% for oxides and 0.15% for sulfides at a time of 40 hours for oxides and 24 and 40 hours for sulfides.

Obtaining as results for sulphide minerals at 24 hours a recovery of 82.02%, with a consumption of 5.6 kg / TM of NaOH and 6.99 kg / TM of NaCN, while for a projection it is 80% recovery with a consumption range from 6.9 to 7.0 kg / MT of cyanide and 5.5 to 5.7 kg / MT of NaOH.

For sulphide minerals at 40 hours of a recovery of 76.47%, with a consumption of 6.0 kg / TM of NaOH and 7.65 kg / TM of NaCN, while for a projection of 76.82% recovery with a consumption range of 7.2 to 7.6 kg / MT of cyanide and 5.7 to 6.0 kg / MT of NaOH, while for oxidized minerals at 40 hours a recovery of 90.73%, with a consumption of 3.3 kg / MT of NaOH and 3.9 kg / MT of NaCN, while for a projection of 90% recovery with a consumption range of 3.6 to 3.9 kg / MT of cyanide and 3.0 to 3.44 kg / MT of NaOH.

With the results obtained, gold is recoverable from both sulfur and oxidized minerals, for oxidized minerals an expected value while for sulfides the processes will have to be improved.

Key Word: Cyanidation, gold mining, gold leaching, mineral cyanidation.

INTRODUCCIÓN

En el proceso de extracción de oro a partir de minerales oxidados y como sulfuros se utiliza como medio extraente el cianuro de sodio que a comparación de otros es el más extraente, específicamente en la parte sur los minerales de baja ley son tratados, mediante la cianuración por agitación, siendo el medio más económico que por su efectividad.

La extracción del oro por medios convencionales de minerales de baja ley era imposible la extracción, pero con el nacimiento de otras tecnologías el oro no era ajeno a la extracción por medio de cianuración de los minerales marginales, lo que pasaron a ser la reserva para minerales rentable económicamente.

Desde los procesos tan sencillos como la recuperación de la solución rica en una agitación, hasta algo tan complejo como el filtrado y precipitado del oro. La presente investigación es el producto de números pruebas de investigación metalúrgicos, recopiladas de datos y experiencias en el campo de la cianuración por agitación de minerales.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la Realidad Problemática.

La Planta Concentradora Carolina S.A.C. ubicada en la panamericana sur Km 464 sector pampa de Chauchilla el distrito Vista alegre, Provincia de Nazca, Departamento de Ica.

Planta Concentradora Carolina S.A.C empieza su operación el 10 de septiembre del 2007 con la construcción de una primera planta de flotación de 100TM/DIA que fue inaugurada el 15 de octubre del 2008.

Hoy en día se procesa 300TM/D en la planta concentradora Carolina opera respetando la exigencia actual con seguridad y control de medio ambiente. Además, cuentan con la infraestructura maquinaria y grupo humano calificado que garantiza un eficiente desarrollo de los trabajos en la planta concentradora (Pardave, 2013).

En la actualidad se dedica a beneficiar minerales de Plomo y Plata en su planta Concentradora Carolina S.A.C de 300 TMSD a donde llegan minerales provenientes de mina en sus distintos niveles con leyes de cabeza de 0.12 a 0.20 % de plomo, 3.0 a 3.5 Oz/TM de plata y de 0.2 a 0.5 gr/TM de oro. El concentrado Bulk que es producto de beneficio tiene un 3 a 8 % de plomo, 120 a 160 Oz/TM de plata y de 7 a 9 gr/TM de oro, con porcentaje de recuperación de 60%, 80% y 75% para plomo, plata y oro respectivamente.

El mineral de cabeza está constituido por especies mineralógicas como la Pirargirita, Proustita, Tetraedrita, Galena, Esfalerita, Argentita y en menor escala el oro, y gangas como el Cuarzo, Cuarzo amatista, Baritina, Pirita, Calcopirita, Limonita, etc.

El concentrado final con contenido metálico de plomo, plata y oro son comercializables como concentrado bulk, entonces el problema radica en que por el bajo contenido de plomo en su concentrado este no llega a ser valorizado más si el oro y la plata por lo tanto el valor del

concentrado no tiene tanto valor económico, por otra parte como la empresa se dedica al servicio, y hay requerimiento de los pequeños mineros para tratar minerales auríferos que tiene valor económico viable se proponemos hacer un estudio metalúrgico a nivel experimental para lixiviar minerales y concentrado y su posterior evaluación de los resultados obtenidos.

En este contexto la empresa y su equipo de trabajo está empeñada en incrementar el valor económico de los minerales y concentrado producido y mejorar la ley y porcentaje de recuperación, así como darle un valor agregado. En virtud a lo antecedido como prioridad es tratar minerales auríferos como sulfuros y óxidos, para ver la parte experimental de donde se extraerá y evaluará la parte metalúrgica, por ello se plantea el problema que se describe en el siguiente ítem.

1.2. Formulación del Problema.

1.2.1. Problema General.

¿En qué medida la cianuración por agitación de minerales óxidos y sulfuros a nivel laboratorio, nos permitirá extracción oro y plata en la Planta Concentradora Carolina SAC?

1.2.2. Problemas Específicos.

- ¿En qué medida el pH natural de minerales oxidados y sulfuros, consumirá hidróxido de sodio para elevar el pH a 11?
- ¿En qué medida la ley de cabeza de los minerales oxidado y sulfuros, consumirá cianuro de sodio?
- ¿Cuál será el tiempo óptimo de cianuración de minerales oxidados y sulfuros, para la extracción de oro y plata a nivel laboratorio?

1.3. Objetivos de la Investigación.

1.3.1. Objetivo General.

Evaluar la cianuración por agitación de minerales óxidos y sulfuros a nivel laboratorio, para extraer oro en la Planta Concentradora Carolina S.A.C.

1.3.2. Objetivos Específicos.

- Evaluar en qué medida el pH natural de minerales oxidados y sulfuros, consumirá hidróxido de sodio para elevar el pH a 11.
- Evaluar en qué medida la ley de cabeza de los minerales oxidado y sulfuros, consumirá cianuro de sodio.
- Evaluar el tiempo óptimo de cianuración de minerales oxidados y sulfuros, para la extracción de oro y plata a nivel laboratorio.

1.4. Justificación.

La realización del presente trabajo de investigación llevado a cabo en la Planta Concentradora Carolina S.A.C sobre encontrar los parámetros adecuados para el proceso e cianuración de minerales auríferos óxidos y sulfuros a nivel laboratorio; dicho estudio nos brindara información para realizar una evaluación técnica y económica para luego dimensionar a nivel industrial, así mismo se verificara la factibilidad de la operación en tema de costos de producción viendo si es económicamente rentable, desde otro punto de vista todo trabajo de inversión de minería planificado produce fuentes de ingresos a toda la población involucrada directa e indirectamente. Los métodos, procedimientos, técnicas e instrumentos empleados en la investigación, una vez demostrada su validez y confiabilidad podrán ser utilizadas en futuros

trabajos de investigación.

Como es sabido actualmente el precio de oro y la plata y en menor medida el plomo en el mercado mundial se encuentra en un lugar expectante, sin embargo, en estos últimos meses descendieron de manera considerable, lo cual obliga a las empresas a realizar nuevos procesos o darles un valor agregado a sus concentrados los cuales le brinden mayores ingresos económicos y la que permitan sobrellevar el tiempo de crisis que está pasando por el bajo precio de los metales la minería peruana.

Con este trabajo se desea incrementar el valor económico de los minerales oxidados y sulfuros, obteniendo un producto intermedio como un doré de Plata y Oro refinado.

El logro de este propósito beneficiará a la empresa y para los investigadores será una ocasión para incrementar sus conocimientos en estos temas.

1.5.Delimitación.

1.5.1.Delimitación Territorial.

Departamento	:	Ica
Provincia	:	Nazca
Distrito	:	Vista alegre
Lugar	:	Pampa de Chauchilla

1.5.2.Delimitación Tiempo y Espacio.

Para realizar la investigación se toman como referencia el año 2016.

1.5.3.Delimitación de Recursos.

Falta de disponibilidad de recursos económicos para llevar a cabo el trabajo de investigación de manera más profunda y detalla con acceso a mayor tecnología o escala de pilotaje.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación.

2.1.1. Investigación Relacionada con el Estudio.

En el estudio respecto a la “Evaluación de la disolución de oro del mineral de la mina San Pablo, ubicada en el municipio de Remedios Antioquia, mediante cianuración con agitación mecánica” Vesga (2010) llego a la siguiente concluye:

Con los parámetros que se establecieron en las pruebas de agitación para la primera etapa, se puede afirmar, que la concentración de cianuro que presentó el mejor porcentaje de recuperación, fue 1,7 lb/m³, con la cual se aumenta el porcentaje de recuperación en un 7% respecto al que se tiene actualmente, pero dicha concentración es más alta que la que se está manejando, aspecto que no contribuye en la disminución de reactivo, ni con el medio ambiente. La concentración de cianuro que presentó el mejor porcentaje de recuperación en la segunda etapa, fue 1,0 lb/m³, de igual forma que en la primera etapa los mejores resultados de lixiviación se obtuvieron con la concentración de cianuro más alta, pero aun esta concentración es baja comparada con la que se utiliza en la planta de beneficio de la empresa. La concentración de cal adecuada para la realización de la lixiviación, en las dos etapas, es de 0,6 lb/m³, debido a que no presenta mayor influencia en el porcentaje de recuperación, comparada con la concentración mayor; además altas concentraciones de cal pueden retardar la lixiviación del mineral, según la literatura. El menor tiempo de cianuración, para el cual se obtuvo el mejor porcentaje de recuperación, según las pruebas realizadas, fue igual a quince horas, obteniéndose de esta forma el valor más alto en la recuperación de valores. (Vesga, 2010, pág. 54).

En relación al estudio se puede determinar que la concentración de cianuro, cal y tiempo de cianuración se debe realizar un control adecuado para minimizar el consumo y el tiempo de recuperación óptimo.

En la investigación sobre el “comportamiento del mineral de skarn aurífero del yacimiento fortuna I a ensayos de lixiviación con cianuro, de la compañía minera Fortuna Gold Mining Corporation, ubicada en San Carlos de las minas, distrito minero Nambija”, Armijos (2011) concluye:

De los métodos por agitación mecánica y neumática, El que tiene mayor recuperación de oro en solución es el de cianuración del mineral con agitación neumático (...) a condiciones invariables de pH: 10.5, tamaño de grano 234um, 08 mallas obteniendo a molienda 30 minutos, dilución de pulpa S/L: 1/2, a 0,75g/L NaCN, permite una recuperación de oro de 75,88% (2,15 mg Au). (Armijos, 2011, págs. 69-70).

En el proceso de la lixiviación es fundamental determinar la liberación de los minerales para ser extraído del mineral a una malla determinada por cada mineral y el tiempo óptimo de la de la extracción de los elementos deseados de lo contrario atacará a otros elementos y por ende existe mayor consumo de los reactivos involucrados.

En el “Estudio comparativo de la lixiviación alcalina de una mena aurífera mediante el uso de cianuro de potasio contra el uso de tiosulfato de sodio”, López (2013), llega a las siguientes conclusiones:

En este trabajo se obtuvieron bajas recuperaciones de Au tanto en la cianuración como en la lixiviación con tiosulfato de sodio, debido a las siguientes posibles causas: La muestra al no estar completamente oxidada y presentar un porcentaje de sulfuros, pudo haber generado degradación tanto del cianuro como por parte del tiosulfato. La presencia de arcillas en las posibles variedades (montmorillonita sódica o cálcica, Illita, etc.), causa la adsorción irreversible del complejo cianuro de oro entre las caras de las

arcillas, no así la adsorción reversible en los cantos de la arcilla. Esto explica los marcados cambios de las pendientes en las gráficas de recuperación vs. tiempo, ya que se tiene un proceso de adsorción – desorción del complejo cianurado de oro en función del tiempo. Se utilizaron sólo cantidades un poco mayores a la estequiometrica para la disolución del Au y Ag tanto en la cianuración (0.00095 -0.00314 % KCN, 9.5 a 31.4 ppm) como también en la lixiviación con tiosulfato, con lo cual parte de los reactivos pudieron haber reaccionado con otros elementos. (...), a pesar de sus bajas concentraciones se observó que el cianuro tiene un mejor desempeño que el tiosulfato de sodio para este mineral en particular. (López, 2013, pág. 99).

En las pruebas de lixiviación realizados por los dos métodos es necesario siempre utilizar concentraciones de 2 a 3 veces por encima de lo teórico por el consumo de otros elementos que se encuentran en el mineral, o por la liberación y agentes que también pueden actuar como protector de los minerales frente a los reactivos que puedan disolver.

2.1.2. Otras Publicaciones.

En el trabajo de investigación sobre, “La influencia de la velocidad de agitación en la lixiviación dinámica de minerales alterados”, Romero & Flores (2009) llega el autor a las siguientes conclusiones:

La máxima curva de recuperación de oro del punto de relave se obtiene cuando la muestra de relave es sometida a cianuración por agitación durante dos horas, empleando una velocidad de agitación de 300 rpm, siendo el valor de la recuperación de oro máxima, el valor de 95.70%.(Romero & Flores, 2009, págs. 139-140).

En la lixiviación dinámica de los minerales en pulpa es necesario controlar la velocidad de agitación, para que el mineral con el oxígeno tenga un contacto para que pueda oxidarse y

exista una extracción del oro del mineral.

En el estudio sobre, “Optimización del proceso de cianuración de un mineral aurífero”, Marchese (2008) llega a la siguiente conclusión:

Con un 0.5 g/L de cianuro de inyección de oxígeno a la pulpa y un pH igual a 10, lo cual permite una extracción del 84,5% de oro. La correcta decisión de aplicar el proceso de cianuración a un determinado mineral aurífero debe basarse en el profundo conocimiento de la materia prima, lo que implica disponer de un Estudio mineragráfico realizado por un profesional experto que entregue la información necesaria para la interpretación del metalurgista responsable del trabajo de laboratorio. (Marchese, 2008, págs. 9-10).

El resultado de las pruebas metalúrgicas de cianuración es necesario realizar una proyección al siguiente nivel que es pilotaje, pero esto conlleva a un gasto mayor, de acuerdo los adelantos de la tecnología se usa los modelos matemáticos de simulación y esto de predetermina y proyecta su resulta para la toma de decisiones.

En el trabajo de investigación sobre, “Cianuración por agitación para la disolución de oro de las menas de Ponce Enríquez”, Morante, Santos, Guerrero, Ramos, & Montalván (2005) llegan a la siguiente conclusión:

En este estudio se determinó que las condiciones óptimas para la disolución de oro de las menas de Ponce Enríquez son: concentración de cianuro de 0,1% y de cal 0.03% por un periodo de 32 horas, para obtener la máxima recuperación de oro. Por otra parte, se determinó que el tenor promedio de oro y plata en los tamices es de 60 a 65 g/Tm para cuando el mineral que se encuentre conminuido el 80% sea menor a 225 μm . (Morante, Santos, Guerrero, Ramos, & Montalván, 2005, pág. 6).

2.2.Bases Teóricas.

2.2.1. Lixiviación.

La lixiviación “es la disolución selectiva de metales desde los sólidos que los contiene mediante una solución acuosa” (Estaban & Domic, 2001, pág. 6). La solución acuosa está constituida por agentes químicos que se encarga en la disolución de los elementos metálicos, que pueden ser sales básicas, ácidos, gases, etc. Son los encargados de producir oxidación y reducción.

El proceso de lixiviación se puede realizar por lixiviación por agitación y lixiviación por percolación (Estaban & Domic, 2001).

2.2.2. Lixiviación por Agitación.

En la lixiviación por agitación, se necesita realizar en un medio diluido y el mineral sea finamente molido, el mineral para su tratamiento es un mineral de alta ley que justifique el gasto de operación, este mineral podría ser calcinado para mejorar la recuperación en un corto tiempo, la agitación se realiza por agitación mecánica y neumática (Estaban & Domic, 2001).

La densidad de la pulpa para una agitación fractura entre 1200 g/L a 1400 g/L, dependiendo la densidad del mineral y del lavado que podría efectuar en el proceso para la interacción de mineral que contiene el oro y el agente extraente en este caso el cianuro de sodio.

El tamaño de la partícula para la liberación está entre la malla 65 para algunos minerales que se pueden liberar y el oro está libre, por otra parte, podría estar menor a la malla 150 e lo defecto esta liberación puede superar el 80% pasante a la malla 200 (Misari, 2010).

2.2.3. Fundamento de la Cianuración del Oro.

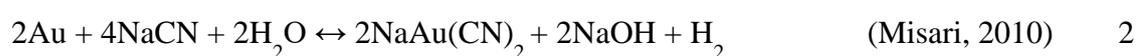
En el proceso de la cianuración se utiliza sales de cianuro de sodio, calcio y de potasio, esta sal a 9% de NaCN. El proceso de hidrólisis consiste en $\text{NaCN} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCN} + \text{NaOH}$, para

minimizar la pérdida del cianuro en forma de gas es necesario introducir la cal para elevar el pH (Varga, 1983).

Las reacciones de la disolución del oro por medio del cianuro de sodio sugerido por Elsner:



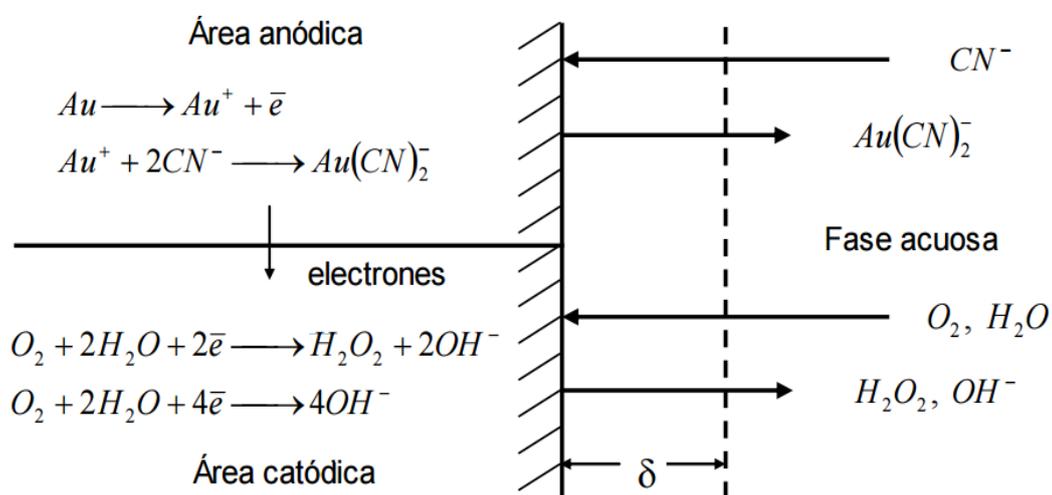
Sugerido por Janin se involucra el hidrógeno en la reacción de acuerdo la siguiente reacción:



2.2.4. Condiciones Óptimas para la Cianuración.

En la cianuración las condiciones para una velocidad de cianuración de varios factores que incluyen en el proceso como concentración de agente lixiviante, temperatura del medio, efecto de alcalino pH del medio, densidad de la pulpa para la que quede suspendido sólido-solvente.

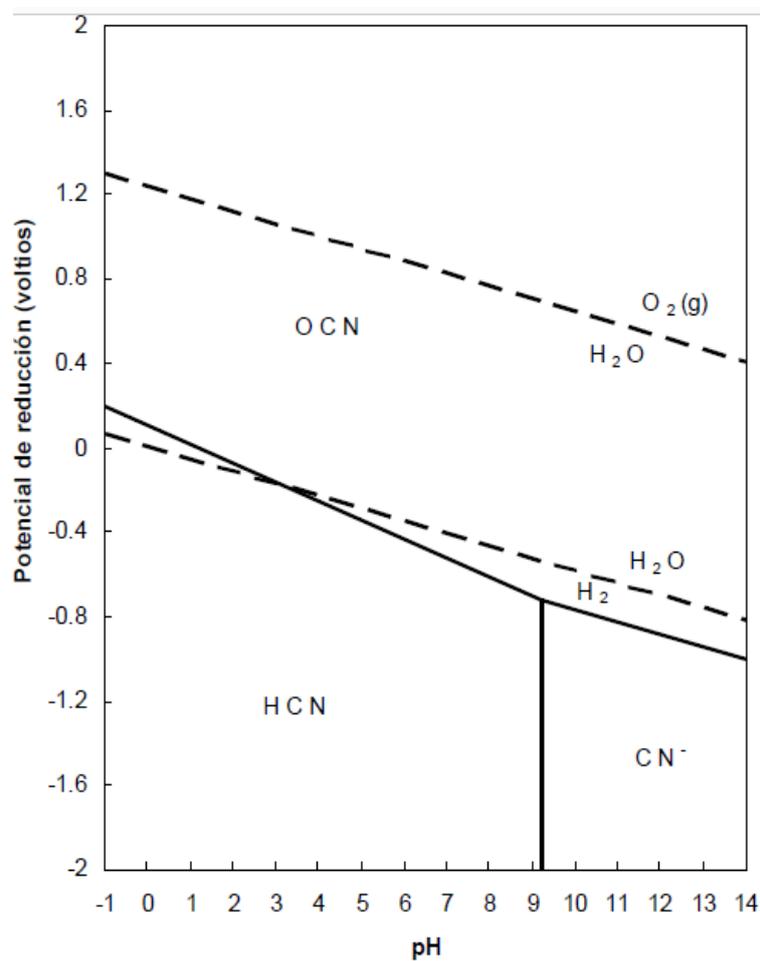
Figura 1. Diagrama del mecanismo de reacción de disolución de oro en la interfase sólido-líquido



Fuente: Representación esquemática de la disolución de oro en soluciones cianuradas por corrosión electroquímica. (Misari, 2010)

Efecto que interactúa en la zona anódica y catódica en el proceso de la disolución del oro al medio acuoso.

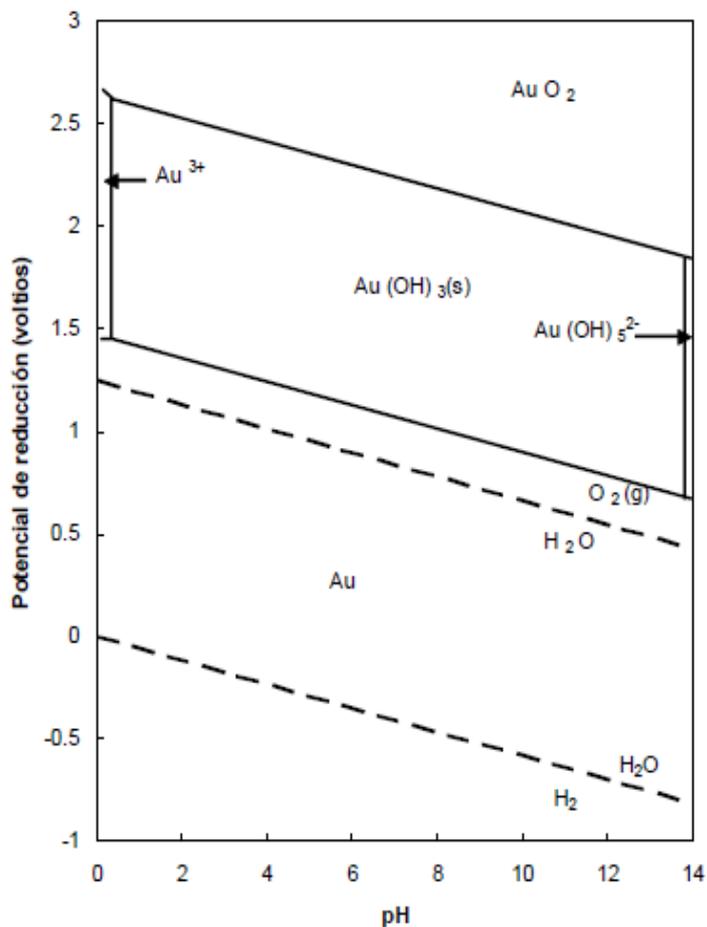
Figura 2. Diagrama de estabilidad Eh-pH para el sistema cianuro-agua, pH mayores a 9.2 se verifica la evolución de HCN.



Fuente: (Marsden & House, 2006)

La zona de estabilidad del cianuro de sodio en función del pH en un pH de mayor que cero y menor a 9 tiende a producir ácido cianhídrico mayor a 9 tiene una estabilidad y permanece en la solución diluido.

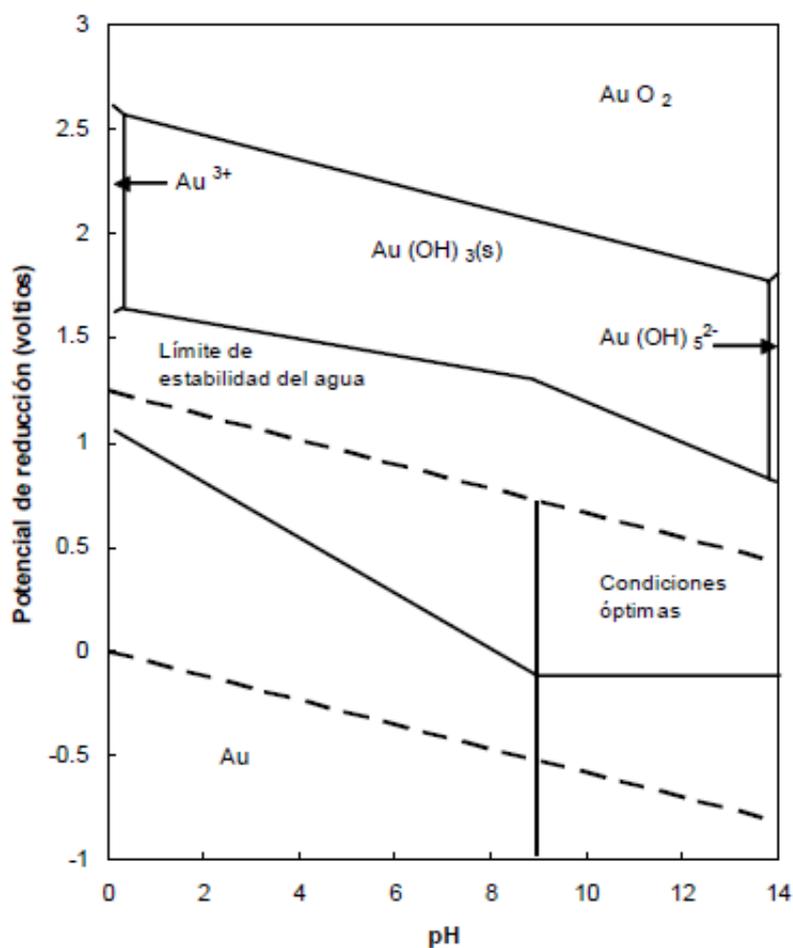
Figura 3: Diagrama de estabilidad Eh-pH para el sistema oro-agua. El oro metálico es estable en agua para todo nivel de pH



Fuente: (Marsden & House, 2006)

En el diagrama Eh-pH. En este proceso el oro se disocia, por otra parte de acuerdo al sistema se puede apreciar existe una amplia región de solubilidad del oro en todo el rango que comprende el pH.

Figura 4: Diagrama de estabilidad Eh-pH para el sistema oro-cianuro-agua.



Fuente: (Marsden & House, 2006)

En el diagrama Eh-pH en el sistema oro-cianuro-agua. En este proceso el oro se disocia con el cianuro en $\text{Au}(\text{CN})_2^-$, por otra parte de acuerdo al sistema se puede apreciar existe una amplia región de solubilidad del oro en todo el rango que comprende el pH.

2.2.5. Variables que Afectan la Cianuración.

En el proceso de cianuración existen factores que intervienen en la disociación del oro en la solución y estos factores son:

a. Descomposición de las soluciones de cianuro.

En el proceso “las soluciones de cianuro tienden a hidrolizarse” (Misari, 2010) cómo se parecía en la siguiente reacción:



Para mantener la estabilidad de estabilidad de la hidrolisis es necesario mantener un medio alcalina, para ello se debe usar un agente básico como la cal o hidróxido de sodio para mantener la pulpa en pH básica.

b. Concentración de Cianuro.

A concentraciones bajas de cianuro, la velocidad de disolución del oro depende sólo de la concentración de cianuro, una mayor presión de oxígeno no tiene efecto sobre la velocidad de disolución; en tanto que a concentraciones mayores la disolución pasa a ser dependiente de la presión parcial del oxígeno. A condiciones atmosféricas las soluciones diluidas de CN tienen el mismo efecto práctico que una solución más concentrada. En la práctica se usan soluciones de menos de 0,05% de NaCN.

c. Tamaño de Partícula.

Las partículas gruesas no pueden ser completamente disueltas en el tiempo adecuado para la cianuración. Tamaños de partícula pequeños pueden mejorar la tasa de disolución del oro debido a que se proporciona mayor área superficial de contacto entre sólido(mineral) y líquido(lixivante). En general la velocidad de disolución aumenta mientras menor es el tamaño de partícula. Sin embargo, se debe considerar que al disminuir el tamaño se incrementan las reacciones de competencia con otros elementos,

elevando el consumo de cianuro y dando lugar a recuperaciones de oro no muy satisfactorias. El tamaño de partícula óptimo es aquel en el que las partículas se encuentren liberadas y permita una recuperación de oro aceptable con consumo de reactivo razonable.

d. Cantidad de Oxígeno.

El oxígeno afecta positivamente la velocidad de disolución apenas se incrementa la cantidad de cianuro disponible es decir que hasta cierto punto la velocidad de disolución del oro en soluciones de cianuro es directamente proporcional a la presión parcial del oxígeno.

La mayor velocidad de disolución se da cuando las concentraciones de cianuro y oxígeno este en una relación molar seis aproximadamente.

e. Alcalinidad.

En la cianuración se requiere un pH alcalino, usualmente entre 9,24 y 12, que se denomina alcalinidad protectora, la razón principal para mantener el pH en este rango es porque a pH menor de 9,24 se empiezan a producir pérdidas de cianuro libre por formación de gas cianhídrico, el ácido cianhídrico en forma de gas es tóxico y puede causar asfixia.

El álcali de uso más divulgado es la cal. Además, un medio básico tiene las ventajas de descomponer el CO de medio atmosférico, neutralizar las sales ferrosas e férricas, descomponer los bicarbonatos presente en el agua y la neutralización de los ácidos presente en el agua, etc.

f. Temperatura.

En el proceso de cianuración cuando se incrementa la temperatura se tiene por un “lado, el aumenta la actividad de la solución y por ende la velocidad de disolución del oro y

por el otro la cantidad de oxígeno disminuye porque la solubilidad de los gases disminuye con el incremento en la temperatura” (Misari, 2010, pág. 29).

Por otra parte, la temperatura hasta 85°C tiene efecto favorable, mientras que “el uso de soluciones calientes es desventajoso por el costo que implica el calentamiento de la solución, la descomposición de cianuro, y el consumo de cianuro por reacciones aceleradas” (Misari, 2010) por los minerales sulfuros que puede tener el mineral.

g. **Composición de la Mena.**

Los minerales presentes en la cianuración que consumen oxígeno y cianuro son el cobre, hierro, zinc, plomo, arsénico, antimonio, etc., son conocidos como cianicidas por lo que se requieren mayor consumo y concentración para una recuperación del oro. El consumo del cianuro por parte de los minerales están relacionado también al consumo del oxígeno, lo que ocasiona mayor consumo de cianuro y elevar la concentración que permita una recuperación óptima de oro en la extracción. Por otra parte, la presencia de carbones adsorbe el oro disuelto (Misari, 2010).

2.3. Definiciones Conceptuales.

- a **Cianuración.** “Método para extraer oro o plata a partir de un mineral triturado o molido, mediante disolución en una solución de cianuro de sodio o potasio” (Ministerio de minas y energía, 2003, pág. 30).
- a **Cianuro Total (TCN):** Es la definición a la presencia de cianuro libre, cianuro que se encuentra enlazado con otros elementos o compuesto dentro de una pulpa en el proceso de cianuración.
- b **Cianuro.** Es un término que se emplea para todo compuesto químico que tiene enlaces CN⁻, es decir cianuro de sodio, cianuro, de sodio, etc.

- c **Compuestos complejos de cianuro:** Es el compuesto que al ser disociado en un medio diluyente (agua), se separa el catión y el anión. Por una parte, el anión, es un compuesto complejo, que pueden disociándose, en catión y en otros aniones cianuro ($\text{Cu}(\text{CN})_3^{2-}$).
- d **Compuestos simples de cianuro:** Es el compuesto que al ser diluido en un medio diluyente se separa el ion CN^- de la parte metálica, como en el caso de cianuro de sodio (NaCN).
- e **HCN (molecular):** Es el ácido cianhídrico que puede estar disociado en el agua de acuerdo el pH de medio en un medio básico y en medio ácido es un gas altamente letal para los seres vivos.
- f **Ión cianuro:** Es de denomina al anión CN^- que se encuentra disociado en una solución acuosa.
- g **Lixiviación.** Es el proceso por el cual se extrae elementos metálicos y no metálicos, a partir de un sólido o mineral en forma de aniones y cationes a si una solución, para luego separar los elementos deseados por intercambio iónico, absorción, electrodeposición, etc.
- h **Mineral.** Es un compuesto que está constituido por menas y gangas, donde se denomina mena a la parte de interés y ganga a la parte que no tiene interés económico para nuestro proceso.
- i **Purificación.** Es el proceso de eliminar los elementos no deseados por intercambio iónico, cambio de pH, con la finalidad de obtener un elemento deseado con alto grado de pureza para luego ser recuperado.
- j **Soluciones ricas.** Es la solución acuosa cargada de elementos metálicos provenientes del proceso de lixiviación, esta solución está cargada por iones y cationes que fueron extraídos por medio de un ácido o base.

- k **Solución estéril.** Es la solución barren o pobre proveniente de la adsorción del carbón activado.
- l **Solución madre.** Es la solución cargada de oro y plata proveniente de la cianuración o lixiviación también conocida como solución rica.
- m **Solución pobre.** Es la solución proveniente de la extracción de los iones metálicos ya sea oro, plata, cobre, etc. que retorna al proceso de lixiviación.

2.4. Formulación de la Hipótesis.

2.4.1. Hipótesis General.

Mediante el tratamiento de la cianuración por agitación de minerales óxidos y sulfuros a nivel laboratorio, se podrá extraer oro y plata en la Planta Concentradora Carolina S.A.C.

2.4.2. Hipótesis Específicas.

- Al pH natural de minerales oxidados y sulfuros con la adición de hidróxido de sodio adecuado, se encontrará el consumirá hidróxido de sodio adecuado para elevar el pH a 11.
- Evaluar en qué medida la ley de cabeza de los minerales oxidado y sulfuros, consumirá cianuro de sodio.
- Sometiendo a un tiempo óptimo de cianuración de minerales oxidados y sulfuros, se obtendrá una extracción de oro y plata a nivel laboratorio.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1.DISEÑO METODOLÓGICO

3.1.1. Tipo de Investigación.

De acuerdo a su naturaleza: Documentada y de campo

De acuerdo al propósito o utilización: Investigación experimental - aplicada.

Se realiza investigación documentada - experimental y aplicada, en este trabajo ya que se realiza búsqueda de información, aplicación de fórmulas con diferentes variables de acuerdo a los objetivos de la investigación, para posteriormente aplicar en el proceso de dimensionamiento (Naghi Namajforoosh M., 2005).

3.1.2. Enfoque de Investigación.

Es una investigación cuantitativa por que se cuantificara las informaciones y como resultado resultan las dimensiones de los equipos que están involucrado en el proceso.

De acuerdo su característica: Análisis de causa – efecto.

De acuerdo su proceso: Probatorio.

De acuerdo a sus bondades: Generalización de resultados

3.2.POBLACIÓN Y MUESTRA.

3.2.1. Población.

La población está representada por los minerales que traen los mineros artesanales de la zona que se encuentra en proceso exploración y extracción de mineral de óxidos y sulfuros con contenido de oro y plata.

3.2.2. Muestra.

La muestra para el trabajo de investigación es muestras que los mineros artesanales que traen para la investigación.

3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES E INDICADORES.

Tabla 1: Operacionalización de Variables e Indicadores

Variables	Indicadores
Independientes	
<ul style="list-style-type: none"> • Cianuración por agitación 	<ul style="list-style-type: none"> • pH natural de mineral • Ley de cabeza • Tiempo
Dependientes	
<ul style="list-style-type: none"> • Extracción de oro y plata 	<ul style="list-style-type: none"> • Consumo de NaOH • Consumo de NaCN • Recuperación

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

3.4.1. Técnicas a Emplear.

a. Observación sistemática Directa.

En función a esta técnica empleará se tuvo la oportunidad de observar durante el desarrollo de la investigación respecto a la cianuración de los minerales auríferos (Cegarra, 2004).

b. Observación Sistemática Indirecta.

Para la sustentación del marco teórico, antecedentes de la investigación y los

procedimientos para las pruebas realizados se recopiló tanto de fuentes primarios como secundarios ya sea de libros físicos y digitales, luego se procesaron para la fundamentación y las marchas de las pruebas realizadas.

c. Observación experimental.

La información de las pruebas experimentales desarrolladas se recopiló tanto los resultados obtenidos, con las que se observan durante todo el proceso de la investigación.

d. Otras Técnicas.

Con esta técnica se recopiló la información en una lista de acuerdo los resultados de la parte experimental.

3.4.2. Descripción de los Instrumentos.

Los instrumentos empleados para la investigación la ficha de observación, que permitió recopilar la información, junto con las listas de cotejo, y la escalas libreta de notas. Por otra parte, para la digitalización de las pruebas se emplearon cámaras que permitan captar figuras estáticas y dinámicas (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010).

3.5. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.

Para el procesamiento de la información se utilizó la estadística, con ello mediante tablas, gráficos se determinaron los promedios, desviaciones, límite máximo, límite mínimo, análisis de varianza programas, para los cálculos se emplearon programas como Excel, Minitab 17, etc., (Sabino, 1992). La información procesada se digitalizó mediante el programa Word y el pdf para su archivamiento de la información.

CAPITULO IV

RESULTADOS EXPERIMENTALES

4.1. Condiciones de las Pruebas de Investigación.

Condiciones generales de las pruebas de investigación realizados a las muestras oxidados durante la cianuración a nivel laboratorio.

Peso del mineral	:	500 g
Granulometría:	:	85% -m200
Relación L/S	:	3.00
Volumen de solución	:	1.5 litros
pH natural	:	7.0
pH a mantener	:	11.0
Fuerza de NaCN a mantener	:	0.12 %
Tiempo	:	40 Horas

Condiciones generales de las pruebas de investigación realizados a las muestras sulfurados durante la cianuración a nivel laboratorio.

Peso del mineral	:	500 g
Granulometría	:	85% -m200
Relación L/S	:	3.00
Volumen de solución	:	1.5 litros

pH natural	:	7.0
pH a mantener	:	11.0
Fuerza de NaCN a mantener	:	0.15 %
Tiempo	:	24, 40 Horas

4.2.Cianuración.

En las pruebas de cianuración se realizaron para ver el consumo de cianuros de sodio e hidróxido de sodio, y las extracciones del oro del mineral de minerales oxidados.

Malla + 150 onz/Tc	Malla - 150 onz/Tc	Malla – 150 onz/Tc	Ley Final onz/Tc
0.061	0.802	0.823	0.874

Tabla 2. Condiciones de Cianuración – Óxidos: 40 hrs: soda y cianuro al mismo tiempo.

Hora	NaOH				NaCN				
	Soda (g)	Consumo Kg/TMS		pH		Fuerza	Consumo Kg/TMS		
Acumulados	Adición	Parcial	Acumul.	Inicio	Final	Final (%)	Parcial	Acumul.	
0	1.65	3.30	3.30	7.0	11.0	0.120	0.000	0.000	
1	0.00	0.00	3.30		11.0	0.084	1.08	1.08	
2	0.00	0.00	3.30		11.0	0.095	0.75	1.83	
4	0.00	0.00	3.30		11.0	0.097	0.69	2.52	
6	0.00	0.00	3.30		11.0	0.105	0.45	2.97	
6	0.00	0.00	3.30		11.0	0.118	0.06	3.03	
10	0.00	0.00	3.30		11.0	0.119	0.03	3.06	
16	0.00	0.00	3.30		11.0	0.118	0.06	3.12	
24	0.00	0.00	3.30		11.0	0.116	0.12	3.24	
32	0.00	0.00	3.30		11.0	0.114	0.18	3.42	
40	0.00	0.00	3.30		11.0	0.113	0.21	3.63	
EXTRACCIONES:									
Análisis del residuo:		0.081	OzAu/TC	% Extracción:			90.73%	Au	

En las pruebas de cianuración se realizaron para ver el consumo de cianuros de sodio e hidróxido de sodio, y las extracciones del oro del mineral de minerales sulfuros.

Malla + 150 onz/Tc	Malla - 150 onz/Tc	Malla – 150 onz/Tc	Ley Final onz/Tc
0.137	0.680	0.671	0.813

Tabla 3. Condiciones Cianuración Sulfuros: 24 hr: soda y cianuro al mismo tiempo.

Hora	NaOH				NaCN			
	Soda (g)	Consumo Kg/TMS		pH		Fuerza	Consumo Kg/TMS	
Acumulados	Adición	Parcial	Acumul.	Inicio	Final	Final (%)	Parcial	Acumul.
0	2.5	5.0	5.0	7.0	11.0	0.150		
1	0.0	0.0	5.0		11.0	0.090	1.80	1.80
2	0.0	0.0	5.0		11.0	0.110	1.20	3.00
4	0.0	0.0	5.0		11.0	0.120	0.90	3.90
6	0.0	0.0	5.0		11.0	0.135	0.45	4.35
8	0.0	0.0	5.0		11.0	0.138	0.36	4.71
10	0.0	0.0	5.0		11.0	0.135	0.45	5.16
16	0.0	0.0	5.0		11.0	0.135	0.45	5.61
24	0.0	0.0	5.0		11.0	0.140	0.30	5.91
EXTRACCIONES:								
Análisis del residuo:		0.272	OzAu/TC		Extracción:		66.52%	Au

4.3. RESULTADOS.

4.3.1. Cianuración de Minerales Sulfuros.

Tabla 4. Resultado de la cianuración en 24 horas a pH 11 - minerales sulfurados

N°	Tiempo (hr)	Cab(onz/Tc)	Rel(onz/Tc)	%R	NaOH(kg/TM)	NaCN(kg/TM)
1	24	0.83	0.27	66.52	5.00	5.91
2	24	0.30	0.14	53.26	5.20	6.75
3	24	0.51	0.09	82.02	5.60	6.99
4	24	0.62	0.23	63.09	6.00	6.90

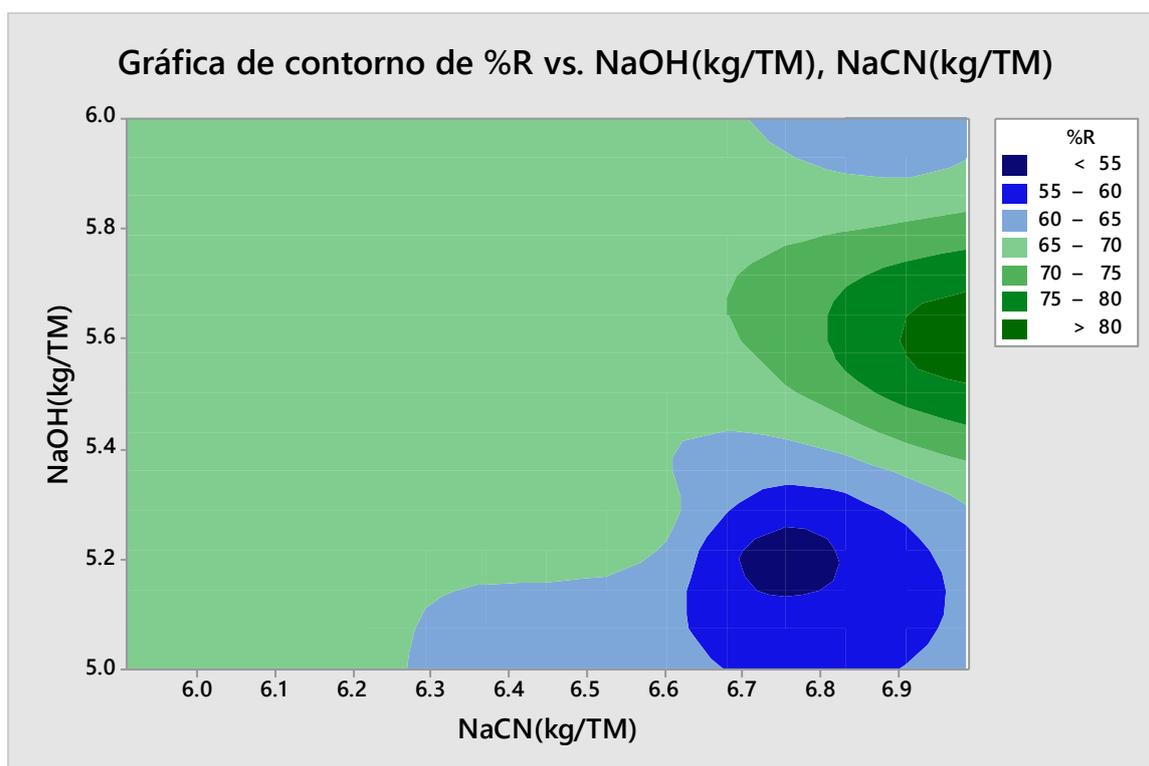
La cianuración de minerales sulfurado para para 24 horas para un pH 11, el consumo de hidróxido de sodio es para la primera corrida es 5.0 kg/TM (NaOH) mientras que el consumo de cianuro de sodio es de 5.91 kg/TM para una recuperación de 66.52%, la ley de cabeza es de 0.83 onz/Tc y en relave es de 0.27 onz/Tc.

La cianuración de minerales sulfurado para para 24 horas para un pH 11, el consumo de hidróxido de sodio es para la segunda corrida es 5.2 kg/TM (NaOH) mientras que el consumo de cianuro de sodio es de 6.75 kg/TM para una recuperación de 53.26%, la ley de cabeza es de 0.30 onz/Tc y en relave es de 0.14 onz/Tc.

La cianuración de minerales sulfurado para para 24 horas para un pH 11, el consumo de hidróxido de sodio es para la tercera corrida es 5.6 kg/TM (NaOH) mientras que el consumo de cianuro de sodio es de 6.99 kg/TM para una recuperación de 82.02%, la ley de cabeza es de 0.62 onz/Tc y en relave es de 0.23 onz/Tc.

La cianuración de minerales sulfurado para para 24 horas para un pH 11, el consumo de hidróxido de sodio es para la cuarta corrida es 6.0 kg/TM (NaOH) mientras que el consumo de cianuro de sodio es de 6.90 kg/TM para una recuperación de 63.09%, la ley de cabeza es de 0.62 onz/Tc y en relave es de 0.23 onz/Tc.

Fig. N° 1. Recuperación de oro de minerales sulfurados durante 24 horas



Nota: Información procesada de las pruebas de cianuración de minerales sulfurados durante 24 horas.

De la gráfica la recuperación de oro de minerales sulfurados durante 24 horas en un rango de 6.9 a 7.0 kg/TM de cianuro y 5.5 a 5.7 kg/TM de NaOH la recuperación es mayor que 80%, mientras que entre 6.8 a 7.0 kg/TM de NaCN y 5.45 a 5.75 kg/TM de NaOH la recuperación de 75% a 80% y en un rango de 6.7 a 7.0 kg/TM de NaCN y 5.38 a 5.82 kg/TM de NaOH es entre 70 a 75% de recuperación.

Tabla 5. Resultado de la cianuración en 40 horas a pH 11 - minerales sulfurados

N°	Tiempo (hr)	Cab(onz/Tc)	Rel(onz/Tc)	%R	NaOH(kg/TM)	NaCN(kg/TM)
1	40	0.81	0.26	68.37	5.00	6.59
2	40	0.30	0.10	67.61	5.20	7.56
3	40	0.62	0.15	76.47	6.00	7.65

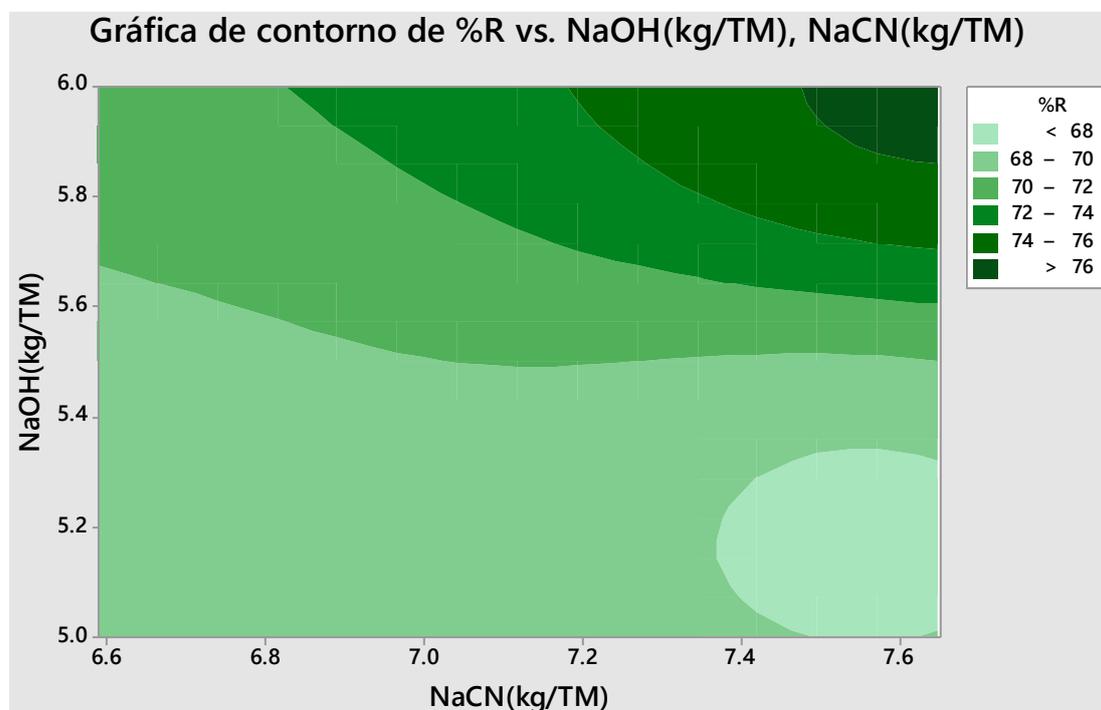
La cianuración de minerales sulfurado para para 40 horas para un pH 11, el consumo de

hidróxido de sodio es para la primera corrida es 5.0 kg/TM (NaOH) mientras que el consumo de cianuro de sodio es de 6.59 kg/TM para una recuperación de 68.37%, la ley de cabeza es de 0.81 onz/Tc y en relave es de 0.26 onz/Tc.

La cianuración de minerales sulfurado para para 40 horas para un pH 11, el consumo de hidróxido de sodio es para la segunda corrida es 5.2 kg/TM (NaOH) mientras que el consumo de cianuro de sodio es de 7.56 kg/TM para una recuperación de 67.61%, la ley de cabeza es de 0.30 onz/Tc y en relave es de 0.10 onz/Tc.

La cianuración de minerales sulfurado para para 40 horas para un pH 11, el consumo de hidróxido de sodio es para la tercera corrida es 6.0 kg/TM (NaOH) mientras que el consumo de cianuro de sodio es de 7.65 kg/TM para una recuperación de 76.47%, la ley de cabeza es de 0.62 onz/Tc y en relave es de 0.15 onz/Tc.

Fig. N° 2 Recuperación de oro de minerales sulfurados durante 40 horas



Nota: Información procesada de las pruebas de cianuración de minerales sulfurados durante 40 horas.

De la gráfica la recuperación de oro de minerales sulfurados durante 40 horas en un rango de 7.48 a 7.64 kg/TM de cianuro y 5.82 a 6.0 kg/TM de NaOH la recuperación es mayor que 76.%, mientras que entre 7.2 a 7.6 kg/TM de NaCN y 5.7 a 6.0 kg/TM de NaOH la recuperación de 74% a 76% y en un rango de 6.82 a 7.64 kg/TM de NaCN y 5.6 a 6.0 kg/TM de NaOH es entre 72 a 74% de recuperación.

4.3.2. Cianuración de Minerales Óxidos.

Tabla 6. Resultado de la cianuración a un pH 11 en 40 horas – minerales oxidados

Nº	Tiempo (hr)	Cab(onz/Tc)	Rel(onz/Tc)	NaOH(kg/TM)	NaCN(kg/TM)	%R
1	40	0.87	0.08	3.30	3.63	90.73
2	40	0.68	0.07	3.40	3.60	90.36
3	40	0.49	0.06	3.50	4.50	88.44
4	40	0.30	0.06	3.42	5.10	80.10
5	40	0.28	0.03	3.60	5.04	89.51
6	40	0.28	0.06	3.58	5.16	79.32

La cianuración de minerales oxidados para para 40 horas para un pH 11, el consumo de hidróxido de sodio es para la primera corrida es 3.3 kg/TM (NaOH) mientras que el consumo de cianuro de sodio es de 3.63 kg/TM para una recuperación de 90.73%, la ley de cabeza es de 0.87 onz/Tc y en relave es de 0.08 onz/Tc.

El consumo de hidróxido de sodio es para la segunda corrida es 3.4 kg/TM (NaOH) mientras que el consumo de cianuro de sodio es de 3.60 kg/TM para una recuperación de 90.36%, la ley de cabeza es de 0.68 onz/Tc y en relave es de 0.07 onz/Tc.

El consumo de hidróxido de sodio es para la tercera corrida es 3.5 kg/TM (NaOH) mientras que el consumo de cianuro de sodio es de 4.50 kg/TM para una recuperación de 88.44%, la ley de cabeza es de 0.49 onz/Tc y en relave es de 0.06 onz/Tc.

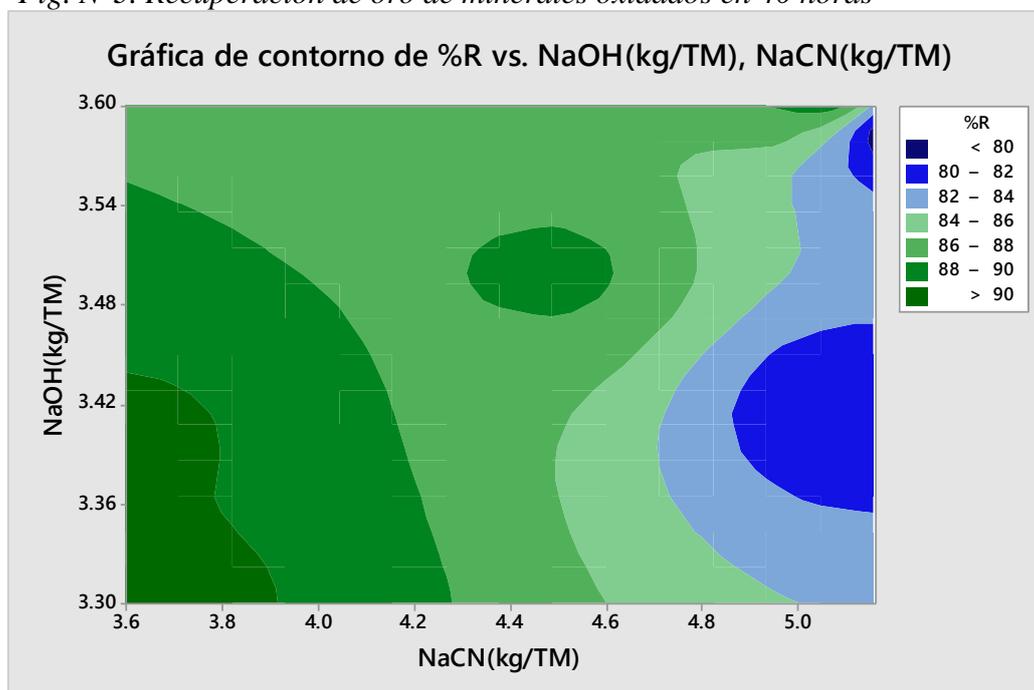
El consumo de hidróxido de sodio es para la cuarta corrida es 3.42 kg/TM (NaOH) mientras que el consumo de cianuro de sodio es de 5.1 kg/TM para una recuperación de 80.10%, la ley de cabeza es de 0.03onz/Tc y en relave es de 0.06 onz/Tc.

El consumo de hidróxido de sodio es para la quinta corrida es 3.60 kg/TM (NaOH) mientras que el consumo de cianuro de sodio es de 5.04 kg/TM para una recuperación de 89.51%, la ley de cabeza es de 0.28onz/Tc y en relave es de 0.03 onz/Tc.

El consumo de hidróxido de sodio es para la sexta corrida es 3.58 kg/TM (NaOH) mientras que el consumo de cianuro de sodio es de 5.16 kg/TM para una recuperación de

79.32%, la ley de cabeza es de 0.28onz/Tc y en relave es de 0.06onz/Tc.

Fig. N°3. Recuperación de oro de minerales oxidados en 40 horas



Nota: Información procesada de las pruebas de cianuración de minerales oxidados durante 24 horas.

De la gráfica la recuperación de oro de minerales oxidados durante 40 horas en un rango de 3.9 a 4.24 kg/TM de cianuro y 3.3 a 3.56 kg/TM de NaOH se recupera entre 88 a 90%, mientras que la mayor recuperación esta de 3.6 a 3.9 kg/TM de NaCN y 3.3 a 3.44 kg/TM de NaOH la recuperación es mayor que 90% y en un rango de 4.25 a 4.6 kg/TM de NaCN y 3.0 a 3.6 kg/TM es de 86 a 88% de recuperación.

CAPITULO V

DISCUSIÓN CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.DISCUSIÓN.

La investigación realizada sobre el estudio evaluación de oro del mineral de la mina San Pablo, mediante cianuración por agitación el mejor resultado se obtuvo 1.7 Lb/m³(0.077 g/L) de fuerza de cianuro aumentado en 7% de recuperación, con un consumo de cal de 0.6 lb/m³ (0.027 g/L) (Vesga, 2010), mientras que para comportamiento del mineral de skarn aurífero del yacimiento fortuna I a ensayos de lixiviación con cianuro, de la compañía minera Fortuna Gold Mining Corporation, ubicada en San Carlos de las minas, distrito minero Nambija (Armijos, 2011, págs. 69-70), el mejor recuperación se obtuvo en pH 10.5 con una concentración de NaCN DE 0.75 g/L con un liberación de 234.08 μ m y un consumo de 6.6 kg/ton de NaCN y 0.26 kg/ton de cal.

En la Optimización del proceso de cianuración de un mineral aurífero (Marchese, 2008) se obtiene una recuperación de 84.5% de oro con una fuerza de 0.5 g/L de cianuro con inyección de oxígeno a un pH de 10.

En las pruebas realizadas con una muestra de 500 gramos de mineral a 85% pasante a malla -200m con una dilución de 3 a un pH de 11 y una fuerza de 0.15% a 24 horas de agitación para minerales sulfurados la mejor recuperación es de 82.02% con un consumo de NaOH de 5.6 kg/TM y NaCN DE 6.99 kg/TM a un pH de 11, mientras que para proyección se recuperación mayor a 80% de oro es un rango de 6.9 a 7.0 kg/TM de cianuro y 5.5 a 5.7 kg/TM de NaOH.

En las pruebas realizadas con una muestra de 500 gramos de mineral a 85% pasante a malla -200m con una dilución de 3 a un pH de 11 y una fuerza de 0.15% a 40 horas de agitación para minerales sulfurados la mejor recuperación es de 76.47% con un consumo de NaOH de

6.0 kg/TM y NaCN de 7.65 kg/TM a un pH de 11, mientras que para proyección se recuperación mayor a 76.82% de oro es un rango de 7.2 a 7.6 kg/TM de cianuro de sodio y 5.7 a 6.0 kg/TM de NaOH.

En las pruebas realizadas con una muestra de 500 gramos de mineral a 85% pasante a malla -200m con una dilución de 3 a un pH de 11 y una fuerza de 0.12% a 40 horas de agitación para minerales óxidos la mejor recuperación es de 90.73% con un consumo de NaOH de 3.3 kg/TM y NaCN de 3.63 kg/TM a un pH de 11, mientras que para proyección se recuperación mayor a 90% de oro es un rango de 3.6 a 3.9 kg/TM de cianuro de sodio y 3.0 a 3.44 kg/TM de NaOH.

5.2.CONCLUSIONES.

En el trabajo de investigación realizado sobre cianuración por agitación de minerales óxidos y sulfuros a nivel laboratorio para la extracción de oro y plata en la planta Concentradora Carolina S.A.C, se llegaron a las siguientes conclusiones de acuerdo los trabajos realizados:

Con las condiciones de trabajo para un mineral de 500 gramos a una liberación de 85% -200m con una dilución 3 a un pH de 11 fuerza de cianuro de 0.15% a tiempo de 24 horas de minerales sulfurados de las 4 pruebas realizadas la tercera tiene una recuperación mayor de 82.02% con una ley de cabeza de 0.51 onz/Tc y en relave pasando 0.09 onz/Tc de oro, mientras el consumo de NaOH es de 5.6 kg/TM para mantener un pH de 11 y el consumo de NaCN de 6.99 kg/TM, con un promedio de 67.27% de recuperación con una ley de cabeza de 0.55 onz/Tc y en relave de 0.17 onz/Tc, mientras el consumo en promedio de NaOH 5.27 kg/TM para mantener un pH de 11 y un consumo de NaCN de 6.55 kg/TM.

En proyección de la recuperación mayor a 80% es en un rango de 6.9 a 7.0 kg/TM de NaCN y 5.5 a 5.7 kg/TM de NaOH.

Para un tiempo de 40 horas con las mismas condiciones se realizaron 3 pruebas teniendo mejor resultado la tercera prueba con una recuperación de 76.47% para una ley de cabeza de 0.62 onz/Tc y una pérdida en el relave de 0.15 onz/Tc, y un consumo de NaOH de 6 kg/TM y para el NaCN de 7.65 kg/TM.

El promedio de recuperación es de 70.82% de oro para una ley de cabeza promedio de 0.58 onz/Tc y una pérdida en el relave de 0.17 onz/Tc, con un consumo promedio de 5.4 kg/TM para NaOH y de 7.27 kg/TM de NaCN. Con una proyección de la recuperación mayor que 76% con un rango de consumo de NaOH de 5.82 a 6 kg/TM, mientras que para el NaCN es de 7.48 a 7.64 kg/TM.

Para minerales oxidados las condiciones de trabajo para 500 gramos a una liberación de 85% -200m con una dilución 3 a un pH de 11 fuerza de cianuro de 0.12% a tiempo de 40 horas para ello se realizaron 6 pruebas de las cuales la primera prueba tiene una recuperación de 90.73%, para un mineral de cabeza de 0.87 onz/Tc y ley relave de 0.08 onz/Tc, para ello se tiene un consumo de NaOH de 3.3 kg/TM para mantener un pH de 11, y un consumo de NaCN de 3.63 kg/TM.

El promedio de recuperación de este mineral es de 86.41% para una ley de cabeza de 0.48 onz/Tc y pérdida en el relave de 0.06 onz/Tc, con un consumo promedio de 3.47 kg/TM de NaOH, mientras 4.51 kg/TM de NaCN.

En un Rango de consumo de NaOH de 3.3 a 3.44 kg/TM y 3.6 a 3.9 kg/TM para recuperación superior a 90%. De acuerdo las conclusiones se cumplen con los objetivos planteados en el presentes estudio de investigación.

5.3. RECOMENDACIONES.

Se recomienda realizar pruebas con diferentes fuerzas de medio lixiviantes de cianuro de sodio para ver como varia la recuperación, por otro parte se debe variar la granulometría para ver con que tamaño de gramo se extrae mayor porcentaje, el tiempo se debe variar para ver en que periodo se recupera el mayor porcentaje.

El siguiente es que se debe realizar una prueba en sistema continuo para ver cómo actúa las variables, como densidad flujo agitación, etc., que sería más real al proceso industrial o mediante una simulación mediante modelos matemáticos que se minimiza los gastos a nivel piloto esto nos da una proyección más real para la toma de decisiones.

CAPITULO VI

FUENTES DE INFORMACIÓN

6.1. Fuentes bibliográficas

- Armijos, I. (2011). *Comportamiento del mineral de skarn aurífero del yacimiento fortuna i a ensayos de lixiviación con cianuro, de la compañía minera Fortuna Gold Mining Corporation, ubicada en San Carlos de las minas, distrito minero Nambija*. Recuperado el 25 de 10 de 2016, de Repositorio Institucional de Trabajos de fin de Titulación Universidad Técnica Particular de Rioja: <http://dspace.utpl.edu.ec>
- Cegarra, J. (2004). *Metodología de la investigación científica y tecnológica*. Brcelona: Díaz de Santos.
- Estaban, M., & Domic, M. (2001). *Hidrometalurgia fundamento proceso y aplicaciones*. Santiago: Andros Impresores Ltda.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2010). *Metodología de la investigación*. Mexico: Mc Crow Hill.
- López, J. (2013). *Estudio comparativo de la lixiviación alcalina de una mena aurífera mediante el uso de cianuro de potasio contra el uso de tiosulfato de sodio*. Recuperado el 24 de 10 de 2016, de Repositorio digital de la Facultad de Ingeniería - UNAM: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/3661/Tesis.pdf.pdf?sequence=1>
- Marchese, A. (2008). *Optimización del proceso de cianuración de un mineral aurífero*. Recuperado el 05 de 11 de 2016, de http://app.tecsup.edu.pe/file/sga/documentos/revistaIi/Ii_3/1.pdf
- Marsden, J., & House, I. (2006). *The Chemistry of Gold Extraction*. Colorado: Society mining of metallurgy an exploration.

- Mazzola, T. (21 de 8 de 2008). *CIANURACIÓN*. Recuperado el 27 de 10 de 2016, de Texto científico: <http://www.textoscientificos.com>
- Ministerio de minas y energía. (Agosto de 2003). Glosario tecnico minero. Bogota D.C. Obtenido de <https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/698204/GLOSARIO+MINERO+FINANCIAL+29-05-2015.pdf/cb7c030a-5ddd-4fa9-9ec3-6de512822e96>
- Misari, C. F. (2010). *Metalurgia del oro*. Lima, Peru: San Marcos E.I.R.L.
- Morante, F., Santos, L., Guerrero, J., Ramos, V., & Montalván, F. (11 de 2005). *Cianuración por agitación para la disolución de oro de las menas de Ponce Enríquez (provincia del Azuay - Ecuador)*. (X. E. Natal-RN, Ed.) Recuperado el 26 de 10 de 2016, de Centro de Tecnología Minera: <https://www.cetem.gov.br/images/congressos/2005/CAC01260005.pdf>
- Pardave, B. (2013). *recuperación de minerales de cobre complejos y óxidos por flotación en la planta concentradora carolina sac - 2013*. Huacho: UNJFSC.
- Richard, A. (2001). *Chemical Hydrometallurgy: Theory and Principles*. London: College Press. Recuperado el 28 de 10 de 2016, de <https://books.google.com.pe>
- Romero, A., & Flores, S. (2009). *La influencia de la velocidad de agitación en la lixiviación dinámica de minerales alterados*. Recuperado el 05 de 11 de 2016, de Revista del Instituto de Investigación: https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/geologia/v12_n24/pdf/a14v12n24.pdf
- Sabino, C. (1992). *El proceso de investigación*. Caracas: Ed. Panapo.
- Varga, J. (1983). *Metalurgia del Oro y la Plata*. Lima: San Marcos.
- Vesga, D. (2010). *Evaluación de la disolución de oro del mineral de la mina san pablo, ubicada*

en el municipio de Remedios Antioquia, mediante cianuración con agitación mecánica.

Recuperado el 26 de 10 de 2016, de Repositorio Institucional Universidad Industrial de

Santander: <http://repositorio.uis.edu.co>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz Consistencia General

Titulo	Problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	Indicadores
<p style="text-align: center;">“ CIANURACIÓN POR AGITACIÓN DE MINERALES OXIDOS Y SULFUROS A NIVEL LABORATORIO PARA LA EXTRACCIÓN DE ORO Y PLATA EN LA PLANTA CONCENTRADORA CAROLINA S.A.C”</p>	<p style="text-align: center;">Generales</p> <p>¿En qué medida la cianuración por agitación de minerales óxidos y sulfuros a nivel laboratorio, nos permitirá extracción oro y plata en la Planta Concentradora Carolina SAC?</p>	<p style="text-align: center;">General</p> <p>Evaluar la cianuración por agitación de minerales óxidos y sulfuros a nivel laboratorio, para extraer oro y plata en la Planta Concentradora Carolina S.A.C.</p>	<p style="text-align: center;">General</p> <p>Mediante el tratamiento de la cianuración por agitación de minerales óxidos y sulfuros a nivel laboratorio, se podrá extraer oro y plata en la Planta Concentradora Carolina S.A.C.</p>	<p style="text-align: center;">Independiente</p> <p>Cianuración por agitación</p>	<ul style="list-style-type: none"> • pH natural de mineral • Ley de cabeza • Tiempo

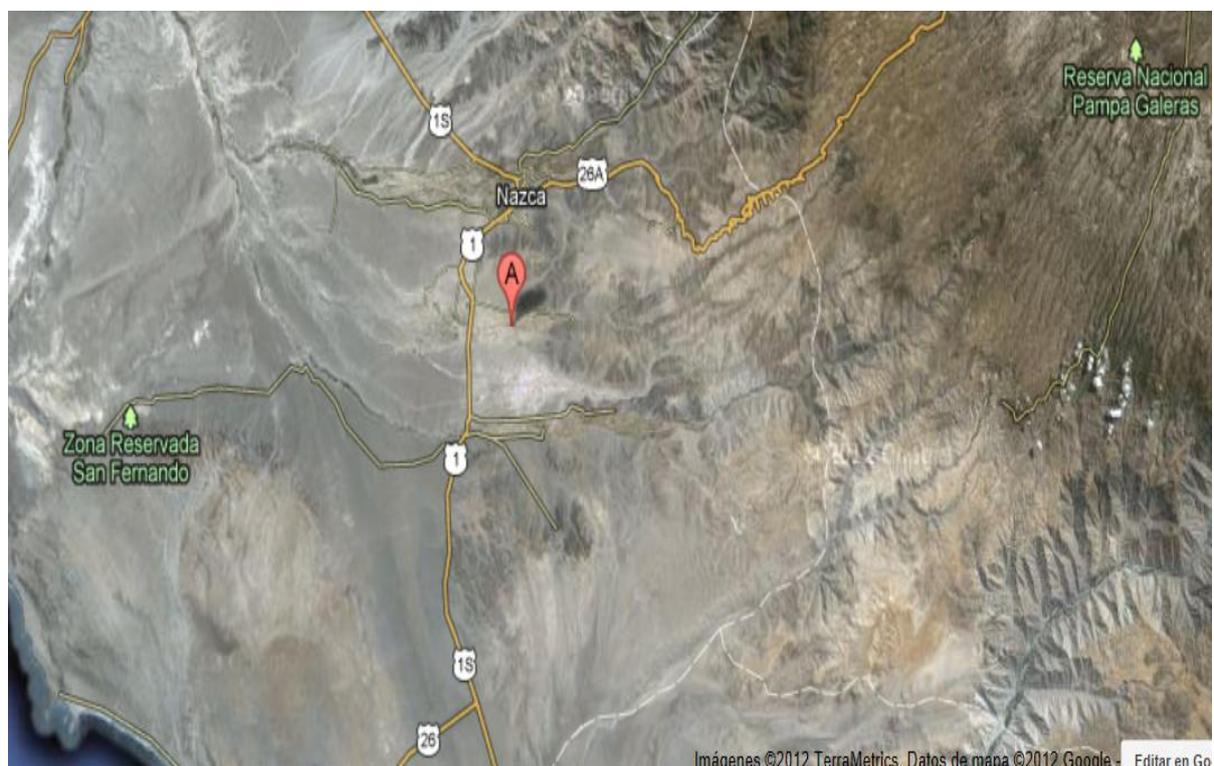
Anexo 2: Matriz Consistencia Especifico

Titulo	Problema Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicos	Variable Dependiente	Indicadores
“ CIANURACIÓN POR AGITACIÓN DE MINERALES OXIDOS Y SULFUROS A NIVEL LABORATORIO PARA LA EXTRACCIÓN DE ORO Y PLATA EN LA PLANTA CONCENTRADORA CAROLINA S.A.C”	<ul style="list-style-type: none"> - ¿En qué medida el pH natural de minerales oxidados y sulfuros, consumirá hidróxido de sodio para elevar el pH a 11? - ¿En qué medida la ley de cabeza de los minerales oxidado y sulfuros, consumirá cianuro de sodio? - ¿Cuál será el tiempo óptimo de cianuración de minerales oxidados y sulfuros, para la extracción de oro y plata a nivel laboratorio? 	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluar en qué medida el pH natural de minerales oxidados y sulfuros, consumirá hidróxido de sodio para elevar el pH a 11. - Evaluar en qué medida la ley de cabeza de los minerales oxidado y sulfuros, consumirá cianuro de sodio. - Evaluar el tiempo óptimo de cianuración de minerales oxidados y sulfuros, para la extracción de oro y plata a nivel laboratorio. 	<ul style="list-style-type: none"> - Al pH natural de minerales oxidados y sulfuros con la adición de hidróxido de sodio adecuado, se encontrará el consumirá hidróxido de sodio adecuado para elevar el pH a 11. - Evaluar en qué medida la ley de cabeza de los minerales oxidado y sulfuros, consumirá cianuro de sodio. - Sometiendo a un tiempo óptimo de cianuración de minerales oxidados y sulfuros, se obtendrá una extracción de oro y plata a nivel laboratorio. 	Extracción de oro y plata	<ul style="list-style-type: none"> - Consumo de NaOH - Consumo de NaCN - Recuperación

Anexo 3: Planta concentradora Carolina S.A.C - Sector Pampa de Chauchilla S/N – Vista Alegre - Nazca – Ica.



Anexo 4: Ubicación geográfica de la Planta concentradora Carolina S.A.C



Anexo 7. Resultado de la primera prueba 40 horas - sulfuros

Hora	Soda (g)	NaOH				NaCN		
		Consumo Kg/TMS	pH		Fuerza	Consumo Kg/TMS		
Acumulados	Adición	Parcial	Acumul.	Inicio	Final	Final (%)	Parcial	Acumul.
0	2.5	5.0	5.0	7.0	11.0	0.150		
1	0.0	0.0	5.0		11.0	0.090	1.80	1.80
2	0.0	0.0	5.0		11.0	0.110	1.20	3.00
4	0.0	0.0	5.0		11.0	0.120	0.90	3.90
6	0.0	0.0	5.0		11.0	0.135	0.45	4.35
6	0.0	0.0	5.0		11.0	0.138	0.36	4.71
10	0.0	0.0	5.0		11.0	0.135	0.45	5.16
16	0.0	0.0	5.0		11.0	0.135	0.45	5.61
24	0.0	0.0	5.0		11.0	0.140	0.30	5.91
32	0.0	0.0	5.0		11.0	0.140	0.30	6.21
40	0.0	0.0	5.0		11.0	0.138	0.36	6.57
EXTRACCIONES:								
Análisis del residuo:		0.257	OzAu/TC			% Extracción:	68.37%	Au

Malla + 150 onz/Tc	Malla – 150 onz/Tc	Malla – 150 onz/Tc	Ley final onz/Tc
0.046	0.252	0.255	0.300

Anexo 8. Resultado de la segunda prueba 24 horas - sulfuros

Hora	Soda (g)	NaOH				NaCN		
		Consumo Kg/TMS	pH		Fuerza	Consumo Kg/TMS		
Acumulados	Adición	Parcial	Acumul.	Inicio	Final	Final (%)	Parcial	Acumul.
0	2.6	5.2	5.2	7.0	11.0	0.150		
1	0.0	0.0	5.2		11.0	0.088	1.86	1.86
2	0.0	0.0	5.2		11.0	0.100	1.50	3.36
4	0.0	0.0	5.2		11.0	0.120	0.90	4.26
6	0.0	0.0	5.2		11.0	0.125	0.75	5.01
6	0.0	0.0	5.2		11.0	0.130	0.60	5.61
10	0.0	0.0	5.2		11.0	0.132	0.54	6.15
16	0.0	0.0	5.2		11.0	0.140	0.30	6.45
24	0.0	0.0	5.2		11.0	0.140	0.30	6.75
EXTRACCIONES:								
Análisis del residuo:		0.140	OzAu/TC			% Extracción:	53.26%	Au

Anexo 9. Resultado de la segunda prueba 40 horas - sulfuros

Hora Acumulados	Soda (g) Adición	Consumo Kg/TMS		pH		Fuerza Final (%)	Consumo Kg/TMS	
		Parcial	Acumul.	Inicio	Final		Parcial	Acumul.
0	2.6	5.2	5.2	7.0	11.0	0.150		
1	0.0	0.0	5.2		11.0	0.088	1.86	1.86
2	0.0	0.0	5.2		11.0	0.100	1.50	3.36
4	0.0	0.0	5.2		11.0	0.120	0.90	4.26
6	0.0	0.0	5.2		11.0	0.125	0.75	5.01
6	0.0	0.0	5.2		11.0	0.130	0.60	5.61
10	0.0	0.0	5.2		11.0	0.132	0.54	6.15
16	0.0	0.0	5.2		11.0	0.140	0.30	6.45
24	0.0	0.0	5.2		11.0	0.140	0.30	6.75
32	0.0	0.0	5.2		11.0	0.138	0.36	7.11
40	0.0	0.0	5.2		11.0	0.135	0.45	7.56
EXTRACCIONES:								
Análisis del residuo:		0.097	OzAu/TC			% Extracción:	67.61%	Au

Malla + 150 onz/Tc	Malla – 150 onz/Tc	Malla – 150 onz/Tc	Ley final onz/Tc
0.117	0.388	0.390	0.506

Anexo 10. Resultado de la tercera prueba 24 horas - sulfuros

Hora Acumulados	Soda (g) Adición	NaOH Consumo Kg/TMS		pH		Fuerza Final (%)	NaCN Consumo Kg/TMS	
		Parcial	Acumul.	Inicio	Final		Parcial	Acumul.
0	2.8	5.6	5.6	7.0	11.0	0.150		
1	0.0	0.0	5.6		11.0	0.090	1.80	1.80
2	0.0	0.0	5.6		11.0	0.110	1.20	3.00
4	0.0	0.0	5.6		11.0	0.120	0.90	3.90
6	0.0	0.0	5.6		11.0	0.100	1.50	5.40
6	0.0	0.0	5.6		11.0	0.130	0.60	6.00
10	0.0	0.0	5.6		11.0	0.132	0.54	6.54
16	0.0	0.0	5.6		11.0	0.140	0.30	6.84
24	0.0	0.0	5.6		11.0	0.145	0.15	6.99
EXTRACCIONES:								
Análisis del residuo:		0.091	OzAu/TC			% Extracción:	82.02%	Au

Malla + 150 onz/Tc	Malla – 150 onz/Tc	Malla – 150 onz/Tc	Ley final onz/Tc
0.123	0.471	0.524	0.621

Anexo 11. Resultado de la cuarta prueba 24 horas - sulfuros

Hora	Soda (g)	NaOH			NaCN			
		Consumo Kg/TMS		pH		Fuerza	Consumo Kg/TMS	
Acumulados	Adición	Parcial	Acumul.	Inicio	Final	Final (%)	Parcial	Acumul.
0	3.0	6.0	6.0	7.0	11.0	0.150		
1	0.0	0.0	6.0		11.0	0.070	2.40	2.40
2	0.0	0.0	6.0		11.0	0.100	1.50	3.90
4	0.0	0.0	6.0		11.0	0.120	0.90	4.80
6	0.0	0.0	6.0		11.0	0.130	0.60	5.40
6	0.0	0.0	6.0		11.0	0.135	0.45	5.85
10	0.0	0.0	6.0		11.0	0.140	0.30	6.15
16	0.0	0.0	6.0		11.0	0.135	0.45	6.60
24	0.0	0.0	6.0		11.0	0.140	0.30	6.90
EXTRACCIONES:								
Análisis del residuo:		0.229	OzAu/TC			% Extracción:	63.09%	Au

Anexo 12. Resultado de la cuarta prueba 40 horas - sulfuros

Hora	Soda (g)	NaOH			NaCN			
		Consumo Kg/TMS		pH		Fuerza	Consumo Kg/TMS	
Acumulados	Adición	Parcial	Acumul.	Inicio	Final	Final (%)	Parcial	Acumul.
0	3.0	6.0	6.0	7.0	11.0	0.150		
1	0.0	0.0	6.0		11.0	0.070	2.40	2.40
2	0.0	0.0	6.0		11.0	0.100	1.50	3.90
4	0.0	0.0	6.0		11.0	0.120	0.90	4.80
6	0.0	0.0	6.0		11.0	0.130	0.60	5.40
6	0.0	0.0	6.0		11.0	0.135	0.45	5.85
10	0.0	0.0	6.0		11.0	0.140	0.30	6.15
16	0.0	0.0	6.0		11.0	0.135	0.45	6.60
24	0.0	0.0	6.0		11.0	0.140	0.30	6.90
32	0.0	0.0	6.0		11.0	0.145	0.15	7.05
40	0.0	0.0	6.0		11.0	0.130	0.60	7.65
EXTRACCIONES:								
Análisis del residuo:		0.146	OzAu/TC			% Extracción:	76.47%	Au

Anexo 13. Resumen de las 4 pruebas de cianuración en 24 horas - sulfuros

N°	Tiempo (hr)	Cab(onz/Tc)	Rel(onz/Tc)	%R	NaOH(kg/TM)	NaCN(kg/TM)
1	24	0.83	0.27	66.52	5.00	5.91
2	24	0.30	0.14	53.26	5.20	6.75
3	24	0.51	0.09	82.02	5.60	6.99
4	24	0.62	0.23	63.09	6.00	6.90
	24.00	0.55	0.17	67.27	5.27	6.55

Anexo 14. Resumen de las 3 pruebas de cianuración en 40 horas - sulfuros

N°	Tiempo (hr)	Cab(onz/Tc)	Rel(onz/Tc)	%R	NaOH(kg/TM)	NaCN(kg/TM)
1	40	0.81	0.26	68.37	5.00	6.59
2	40	0.30	0.10	67.61	5.20	7.56
3	40	0.62	0.15	76.47	6.00	7.65
	40	0.58	0.17	70.82	5.40	7.27

Anexo 15. Condiciones de cianuración de minerales oxidados

Condiciones generales para las pruebas:			
*	Peso del mineral	:	500 g
*	Granulometría	:	85% -m200
*	Relación L/S	:	3.00
*	Volumen de solución	:	1.5 litros
*	pH natural	:	7.0
*	pH a mantener	:	11.0
*	Fuerza de CN a mantener	:	0.12 %

Malla + 150 onz/Tc	Malla – 150 onz/Tc	Malla – 150 onz/Tc	Ley final onz/Tc
0.061	0.802	0.823	0.874

Anexo 16. Resultado de la primera prueba 40 horas - óxidos

Hora Acumulados	NaOH				NaCN			
	Soda (g) Adición	Consumo Kg/TMS		pH		Fuerza Final (%)	Consumo Kg/TMS	
		Parcial	Acumul.	Inicio	Final		Parcial	Acumul.
0	1.65	3.30	3.30	7.0	11.0	0.120		
1	0.00	0.00	3.30		11.0	0.084	1.08	1.08
2	0.00	0.00	3.30		11.0	0.095	0.75	1.83
4	0.00	0.00	3.30		11.0	0.097	0.69	2.52
6	0.00	0.00	3.30		11.0	0.105	0.45	2.97
6	0.00	0.00	3.30		11.0	0.118	0.06	3.03
10	0.00	0.00	3.30		11.0	0.119	0.03	3.06
16	0.00	0.00	3.30		11.0	0.118	0.06	3.12
24	0.00	0.00	3.30		11.0	0.116	0.12	3.24
32	0.00	0.00	3.30		11.0	0.114	0.18	3.42
40	0.00	0.00	3.30		11.0	0.113	0.21	3.63
EXTRACCIONES:								
Análisis del residuo:		0.081	OzAu/TC			% Extracción:	90.73%	Au

Malla + 150 onz/Tc	Malla – 150 onz/Tc	Malla – 150 onz/Tc	Ley final onz/Tc
0.110	0.566	0.563	0.675

Anexo 17. Resultado de la segunda prueba 40 horas - óxidos

Hora Acumulados	NaOH				NaCN			
	Soda (g) Adición	Consumo Kg/TMS		pH		Fuerza Final (%)	Consumo Kg/TMS	
		Parcial	Acumul.	Inicio	Final		Parcial	Acumul.
0	1.70	3.40	3.40	7.0	11.0	0.120		
1	0.00	0.00	3.40		11.0	0.079	1.23	1.23
2	0.00	0.00	3.40		11.0	0.088	0.96	2.19
4	0.00	0.00	3.40		11.0	0.100	0.60	2.79
6	0.00	0.00	3.40		11.0	0.110	0.30	3.09
6	0.00	0.00	3.40		11.0	0.118	0.06	3.15
10	0.00	0.00	3.40		11.0	0.119	0.03	3.18
16	0.00	0.00	3.40		11.0	0.118	0.06	3.24
24	0.00	0.00	3.40		11.0	0.117	0.09	3.33
32	0.00	0.00	3.40		11.0	0.116	0.12	3.45
40	0.00	0.00	3.40		11.0	0.115	0.15	3.60
EXTRACCIONES:								
Análisis del residuo:		0.065	OzAu/TC			% Extracción:	90.36%	Au

Malla + 150 onz/Tc	Malla – 150 onz/Tc	Malla – 150 onz/Tc	Ley final onz/Tc
0.202	0.287	0.295	0.493

Anexo 18. Resultado de la tercera prueba 40 horas - óxidos

Hora Acumulados	Soda (g) Adición	NaOH				NaCN		
		Consumo Kg/TMS		pH		Fuerza	Consumo Kg/TMS	
		Parcial	Acumul.	Inicio	Final	Final (%)	Parcial	Acumul.
0	1.75	3.50	3.50	6.5	11.0	0.120		
1	0.00	0.00	3.50		11.0	0.065	1.65	1.65
2	0.00	0.00	3.50		11.0	0.073	1.41	3.06
4	0.00	0.00	3.50		11.0	0.100	0.60	3.66
6	0.00	0.00	3.50		11.0	0.110	0.30	3.96
6	0.00	0.00	3.50		11.0	0.112	0.24	4.20
10	0.00	0.00	3.50		11.0	0.120	0.00	4.20
16	0.00	0.00	3.50		11.0	0.120	0.00	4.20
24	0.00	0.00	3.50		11.0	0.118	0.06	4.26
32	0.00	0.00	3.50		11.0	0.117	0.09	4.35
40	0.00	0.00	3.50		11.0	0.115	0.15	4.50
EXTRACCIONES:								
Análisis del residuo:		0.057	OzAu/TC			% Extracción:	88.44%	Au

Malla + 150 onz/Tc	Malla – 150 onz/Tc	Malla – 150 onz/Tc	Ley final onz/Tc
0.040	0.256	0.257	0.297

Anexo 19. Resultado de la cuarta prueba 40 horas - óxidos

Hora Acumulados	Soda (g) Adición	NaOH				NaCN		
		Consumo Kg/TMS		pH		Fuerza	Consumo Kg/TMS	
		Parcial	Acumul.	Inicio	Final	Final (%)	Parcial	Acumul.
0	1.71	3.42	3.42	6.5	11.0	0.120		
1	0.00	0.00	3.42		11.0	0.063	1.71	1.71
2	0.00	0.00	3.42		11.0	0.075	1.35	3.06
4	0.00	0.00	3.42		11.0	0.080	1.20	4.26
6	0.00	0.00	3.42		11.0	0.110	0.30	4.56
6	0.00	0.00	3.42		11.0	0.112	0.24	4.80
10	0.00	0.00	3.42		11.0	0.120	0.00	4.80
16	0.00	0.00	3.42		11.0	0.120	0.00	4.80
24	0.00	0.00	3.42		11.0	0.119	0.03	4.83
32	0.00	0.00	3.42		11.0	0.117	0.09	4.92
40	0.00	0.00	3.42		11.0	0.114	0.18	5.10
EXTRACCIONES:								
Análisis del residuo:		0.059	OzAu/TC			% Extracción:	80.10%	Au

Malla + 150 onz/Tc	Malla – 150 onz/Tc	Malla – 150 onz/Tc	Ley final onz/Tc
0.050	0.227	0.226	0.277

Anexo 20. Resultado de la quinta prueba 40 horas - óxidos

Hora	NaOH				NaCN			
	Soda (g)	Consumo Kg/TMS		pH		Fuerza	Consumo Kg/TMS	
Acumulados	Adición	Parcial	Acumul.	Inicio	Final	Final (%)	Parcial	Acumul.
0	1.80	3.60	3.60	6.5	11.0	0.120		
1	0.00	0.00	3.60		11.0	0.070	1.50	1.50
2	0.00	0.00	3.60		11.0	0.072	1.44	2.94
4	0.00	0.00	3.60		11.0	0.081	1.17	4.11
6	0.00	0.00	3.60		11.0	0.111	0.27	4.38
6	0.00	0.00	3.60		11.0	0.110	0.30	4.68
10	0.00	0.00	3.60		11.0	0.120	0.00	4.68
16	0.00	0.00	3.60		11.0	0.120	0.00	4.68
24	0.00	0.00	3.60		11.0	0.116	0.12	4.80
32	0.00	0.00	3.60		11.0	0.117	0.09	4.89
40	0.00	0.00	3.60		11.0	0.115	0.15	5.04
EXTRACCIONES:								
Análisis del residuo:		0.029	OzAu/TC			% Extracción:	89.51%	Au

Malla + 150 onz/Tc	Malla - 150 onz/Tc	Malla - 150 onz/Tc	Ley final onz/Tc
0.054	0.228	0.225	0.281

Anexo 21. Resultado de la sexta prueba 40 horas - óxidos

Hora	NaOH				NaCN			
	Soda (g)	Consumo Kg/TMS		pH		Fuerza	Consumo Kg/TMS	
Acumulados	Adición	Parcial	Acumul.	Inicio	Final	Final (%)	Parcial	Acumul.
0	1.79	3.58	3.58	6.5	11.0	0.120		
1	0.00	0.00	3.58		11.0	0.068	1.56	1.56
2	0.00	0.00	3.58		11.0	0.073	1.41	2.97
4	0.00	0.00	3.58		11.0	0.083	1.11	4.08
6	0.00	0.00	3.58		11.0	0.111	0.27	4.35
6	0.00	0.00	3.58		11.0	0.105	0.45	4.80
10	0.00	0.00	3.58		11.0	0.120	0.00	4.80
16	0.00	0.00	3.58		11.0	0.119	0.03	4.83
24	0.00	0.00	3.58		11.0	0.117	0.09	4.92
32	0.00	0.00	3.58		11.0	0.117	0.09	5.01
40	0.00	0.00	3.58		11.0	0.115	0.15	5.16
EXTRACCIONES:								
Análisis del residuo:		0.058	OzAu/TC			% Extracción:	79.32%	Au

Anexo 22. Resumen de las 6 pruebas de cianuración en 40 horas - óxidos

N°	Tiempo (hr)	Cab(onz/Tc)	Rel(onz/Tc)	NaOH(kg/TM)	NaCN(kg/TM)	%R
1	40	0.87	0.08	3.30	3.63	90.73
2	40	0.68	0.07	3.40	3.60	90.36
3	40	0.49	0.06	3.50	4.50	88.44
4	40	0.30	0.06	3.42	5.10	80.10
5	40	0.28	0.03	3.60	5.04	89.51
6	40	0.28	0.06	3.58	5.16	79.32
	40	0.48	0.06	3.47	4.51	86.41



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALÚRGICA
COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO METALÚRGICO

En Huacho, el día **Viernes (27) de octubre** de 2017, siendo las **6:00 pm.**, en el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de Materiales, los miembros del Jurado Evaluador integrado por:

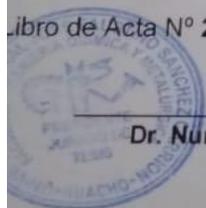
Presidente :	Dr. Nunja García, José Vicente	DNI N° 15447556
Secretario :	Mg. Rodríguez Espinoza, Ronald Fernando	DNI N° 18222946
Vocal :	Ing. Abarca Rodríguez, Joaquín José	DNI N° 15740291

El (a) postulante al Título Profesional de **Ingeniero Metalúrgico; PARDAVE MINAYA, BEATRIZ MAGDALENA;** Identificado(a) con **D.N.I N° 46548713;** procedió a la Sustentación de la Tesis: **"CIANURACIÓN POR AGITACIÓN DE MINERALES OXIDOS Y SULFUROS A NIVEL DE LABORATORIO PARA LA EXTRACCIÓN DE ORO Y PLATA EN LA PLANTA CONCENTRADORA CAROLINA S.A.C"**, autorizado mediante Resolución de Decanato N°0696-2017-D-FIQyM, de fecha **18 de octubre del 2017**, de conformidad con las disposiciones del Reglamento de Grados Académicos de Bachiller y Títulos Profesionales vigentes, si absolvió las interrogantes que le formularon los Señores Miembros del Jurado.

Concluida la Sustentación de la Tesis, se procedió a la votación correspondiente resultando el candidato **Aprobado**... por **Unanimidad**... Con la nota:

CALIFICACIÓN		EQUIVALENCIA	CONDICIÓN
NUMERO	LETRAS		
28	Dieciocho	Excelente	Aprobado

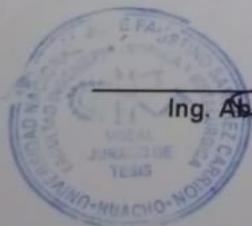
Siendo las **7:00 p m.** del **27** de **octubre** del dos mil **Diecisiete**, se dio por concluido el Acto de Sustentación, firmando el Jurado Evaluador las Actas de Sustentación de Tesis para optar el Título Profesional de **INGENIERO METALÚRGICO**, correspondiente al folio del libro de Acta N° 297.



Dr. Nunja García, José Vicente
PRESIDENTE



Mg. Rodríguez Espinoza, Ronald Fernando
SECRETARIO



Ing. Abarca Rodríguez, Joaquín José
VOCAL