



ANEXO 1

FORMATO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN
CON EL FINANCIAMIENTO DEL FEDU

1. Título del proyecto

CIANURACION DE MINERALES SULFURADOS PARA OPTIMIZAR LA RECUPERACION DE ORO EN LA EMPRESA MINARSA S.A. AREQUIPA

2. Área de Investigación

Área de investigación	Línea de Investigación	Disciplina OCDE
METALURGIA EXTRACTIVA		

3. Duración del proyecto (meses)

DOCE MESES

4. Tipo de proyecto

Individual	<input type="radio"/>
Multidisciplinario	<input checked="" type="radio"/>
Director de tesis pregrado	<input type="radio"/>

4. Datos de los integrantes del proyecto

Apellidos y Nombres	DANTE ATILIO SALAS AVILA, DALMIRO CORNEJO OLARTE, ROGER HUANQUI PEREZ Y HUGO BENITO FERNANDEZ OCHOA
Escuela Profesional	ING. METALURGICA Y QUIMICA
Celular	957661393
Correo Electrónico	dcornejo@unap.edu.pe

- I. Título (El proyecto de tesis debe llevar un título que exprese en forma sintética su contenido, haciendo referencia en lo posible, al resultado final que se pretende lograr. Máx. palabras 25)

CIANURACION DE MINERALES SULFURADOS PARA OPTIMIZAR LA RECUPERACION DE ORO EN LA EMPRESA MINARSA S.A. AREQUIPA

- II. Resumen del Proyecto de Tesis (Debe ser suficientemente informativo, presentando -igual que un trabajo científico- una descripción de los principales puntos que se abordarán, objetivos, metodología y resultados que se esperan)

El presente trabajo denominado "Cianuración de minerales sulfurados MINARSA S.A. Arequipa", se realiza por las bajas recuperaciones de oro por cianuración de tan solo 66%, perdiéndose el 36% de oro en los rípios de lixiviación, puesto que son minerales auríferos piriticos, el mismo que tiene una ley de cabeza de 12.46 g/TM. Para el desarrollo del trabajo primeramente se ha realizado la preparación mecánica de minerales utilizando una chancadora de quijada 9´x12´ luego se ha realizado una molienda hasta una granulometría de malla -



325 (45 μ m), seguidamente se ha realizado las pruebas experimentales de cianuración, para lo cual se ha considerado tres variables, la concentración de cianuro, la densidad de pulpa y la presión de aire, se determinara la concentración de cianuro, la densidad de pulpa y una presión de aire.

III. Palabras claves (Keywords) (Colocadas en orden de importancia. Máx. palabras: cinco)

Concentración, densidad de pulpa, presión, recuperación, oro

IV. Justificación del proyecto (Describe el problema y su relevancia como objeto de investigación. Es importante una clara definición y delimitación del problema que abordará la investigación, ya que temas cuya definición es difusa o amplísima son difíciles de evaluar y desarrollar)

El estudio se justifica debido a que el precio del oro se ha incrementado gradualmente, lo que hizo posible poner en actividad muchos yacimientos mineros, en la planta de beneficio Minarsa S.A., la recuperación de minerales sulfurados auríferos es deficiente en el proceso extractivo del oro de solo el 66% debido a los minerales refractarios en la empresa minera, alcanzando una baja recuperación, esto hace que haya una pérdida de oro, esto se ve en los resultados de análisis en el laboratorio químico. Por lo que, esta investigación procura plantear alternativas de solución a las dificultades ya mencionadas en los procedimientos de lixiviación, optimizando la concentración de cianuro, la densidad de pulpa y la presión de aire adecuada elevando la disolución del oro, esta investigación responde a las expectativas de una minería sostenible y responsable.

V. Antecedentes del proyecto (Incluya el estado actual del conocimiento en el ámbito nacional e internacional. La revisión bibliográfica debe incluir en lo posible artículos científicos actuales, para evidenciar el conocimiento existente y el aporte de la Tesis propuesta. Esto es importante para el futuro artículo que resultará como producto de este trabajo)

El cianuro se utiliza en los procesos de recuperación de oro desde hace mas de cien años atrás porque genera mayor rentabilidad y es de bajo costo, pero este elemento ha sido limitado por su alto nivel de toxicidad. En el caso de la tiourea es un agente inocuo para la recuperación del oro y la plata. En el presente estudio se propusieron los procedimientos operativos mas óptimos que se necesitan para el metodo de lixiviación con cianuro y tiourea como el control de pH, concentración del mismo agente lixivante, velocidad de agitación y control de potencial de redox. Los resultados indican que, el nivel máximo de disolución alcanzó 34,13% con cianuro y 32,9% con tiourea en un periodo de 4 horas. Se concluye que, la disolución de oro con tiourea se alcanza ejecutar con un potencial de redox superior a 300 mV/SHE.

Blas & Vera (1935) en su tesis de investigación titulada "Estudio comparativo de la efectividad y costos de los métodos químicos de neutralización de cianuro", con el objetivo de realizar un comparativo respecto de las técnicas químicas utilizadas que se basan en la utilización de cianuro que provienen de los relaves cianurados y la rentabilidad que se deriva de estos. Se trabajó con 50 patrones de muestra extraídas de los relaves de cianuración de una unidad minera próxima a la región La Libertad. Los componentes de cada muestra indican un 1 L de solución que se utiliza en el proceso de tratamiento respecto de tres variables que son: la concentración, el pH y el tiempo



utilizado, en 25 ensayos. Luego de la aplicación se hizo la respectiva comparación para determinar los niveles de eficiencia en ambos casos y la diferencia de costos. En la investigación se concluye que, aplicando la metodología de oxidación con peróxido de hidrogeno, se alcanza una máxima remoción de cianuro con un pH de 9.7 y una ratio de 1.5 G/G CN, y el mayor porcentaje de remoción observado en la primera hora de reacción fue de 20,80% para el cianuro total y de 97,67% para el cianuro libre. En cambio, aplicando el método de neutralización con sulfato ferroso se alcanza una máxima remoción a un pH de 4 y una ratio de 3,046 g, presentando los porcentajes de 92,06% y de 98,77% de cianuro libre, por lo que este método es más eficiente y de menos costo. Morales (2016), realizó una investigación titulada “Extracción de plata y oro del relave sulfurado de la Minera Santa Fé por lixiviación con adición de peróxido de hidrógeno y acetato de plomo”, con el objetivo de optimizar de oro y plata en los procedimientos de cianuración típica, con uso de relave sulfurado de la compañía minera Santa Fé de Ancón, Lima. Se hizo uso del metodo experimental, con el proposito de mejorar los niveles de extracción de estos minerales, en la medida de que se iban aumentando los niveles de oxigeno en los procedimientos de disolucion para reducir el consumo de cianuro y el tiempo utilizado en la lixiviación evitando la volatilización en forma de acido cianhídrico para mejorar la rentabilidad económica en dichos procesos. Al respecto se ejecutaron 5 ensayos de cianuración convencional, con bajos resultados de extracciones de oro y plata, pero con la visión de peróxido de hidrogeno y acetato de plomo, se obtuvieron mejores resultados en los procesos de extracción de estos minerales con menos tiempo de lixiviación. Se concluye que, las extracciones mas óptimas se relacionan con una granulometría de 95.4%-200 malla; densidad de pulpa sw 1330 gramos por litro; pH11.05, tiempo utilizado de setenta y dos horas y 0.5% de NaCN, entre otros, con lo que se logra mayores utilidades para la empresa.

Rivera (2018), realizó un trabajo de investigación titulado “Optimización del pH en la cianuración de oro a partir de minerales arsenopiriticos en la minera aurífera Retamas S.A.”, con el objetivo de optimizar los parámetros del pH en la cianuración del oro utilizando arsenopiríticos. El estudio es experimental y corresponde al tratamiento de minerales auríferos cuyas leyes varían entre 7 a 12 gramos por tonelada y presentando alto contenido de arsénico que significa un problema porque implica la presencia de cianocida, lo que a su vez genera excesivo consumo de cianuro que eleva los costos de producción. En la investigación se utilizó la metodología por objetivos, en la cual se hicieron ensayos con granulometría -m400 entre 95-98%, y una concentración de NaCN al 0,25% con pH de 11 a 12,5, con tiempo de agitación de 24, 48 y 72 horas, a 750 revoluciones por minuto. En la investigación se concluye que, cuando se realizan procedimientos con altos pH, se alcanza un menor consumo de NaCN y se reduce notablemente la disolución de arsénico.

Aramburu (2003), realizó una investigación titulada “Modelo de la pre-aireación en concentrados de oro piritico, para la optimización del proceso de cianuración: utilizando el Programa Estadístico Statgraphic PlusAramburu”, con el objetivo de analizar y evaluar la eficiencia del programa estadístico mencionado en los procedimientos de aireación de concentrados de oro piritico para mejorar los procedimientos de cianuración en este mineral. El estudio inició con la caracterización de la muestra a través de un microscopio óptico polarizado para visualizar la presencia de pirita, esfalerita, calcopirita, electrum, marcasita, pirrotita, arsenopirita, ganga y rutilo. En esta visualización se observó la presencia de partículas de oro incluidos en la pirita, con diferentes dimensiones granulométricas, pero inferiores a doscientos nanómetros observando también partículas de oro y plata con dimensiones menores a dos micras. Estas características implican que el concentrado sea refractario al tratamiento convencional para el proceso de cianuración lo cual eleva sus costos de operación. Con la aplicación del modelo matemático a través del diseño hexagonal se observa que las variables tienen una fuerte influencia en el pH y el tiempo, de manera que permite una recuperación aceptable en el proceso de cianuración. Se concluye que, la aplicación de este modelo matemático implica la optimización de los procesos de cianuración en contraposición al modelo convencional.

VI. Hipótesis del trabajo (Es el aporte proyectado de la investigación en la solución del problema)

Con el tratamiento de minerales sulfurados auríferos por cianuración, en la planta de beneficio Minarsa S.A., Yanaquihua Arequipa será de gran utilidad para aumentar la recuperación de oro para la empresa y otras áreas interesadas.



VII. Objetivo general

Aumentar la recuperación de oro por cianuración, realizando el tratamiento de los minerales sulfurados, en la planta de beneficio Minarsa S.A. Yanaquihua - Arequipa

VIII. Objetivos específicos

- Determinar la concentración de cianuro de sodio, para el adecuado tratamiento de los minerales sulfurados.
- Determinar la densidad de pulpa del mineral.
- Determinar la presión de aire para la inyección necesaria en los tanques de lixiviación.

IX. Metodología de investigación (Describir el(los) método(s) científico(s) que se empleará(n) para alcanzar los objetivos específicos, en forma coherente a la hipótesis de la investigación. Sustentar, con base bibliográfica, la pertinencia del(los) método(s) en términos de la representatividad de la muestra y de los resultados que se esperan alcanzar. Incluir los análisis estadísticos a utilizar)

Según las cualidades de este estudio son de carácter científico y tecnológico, la investigación está relacionada con los procesos para recuperar el oro de los minerales de este yacimiento minero mediante lixiviación en la planta de beneficio Minarsa S.A. región Arequipa.

En tal sentido, el estudio está enfocado en analizar los mencionados procedimientos teniendo en cuenta que la recuperación de este mineral lleva 48 horas de trabajo por cada prueba experimental para ejecutar dicho proceso. Asimismo, en el estudio se analiza los procedimientos de cianuración en tanques de agitación, teniendo en cuenta la concentración de cianuro, la densidad y la presión del aire, lo cual se hizo en 16 días. Los informes se anotaron en las hojas de información de las tres variables controlando sus respectivos parámetros, para el procesamiento se utilizara el programa Microsoft Excel, los diagramas de barras y el grafico de dispersión, para obtener los resultados de los ensayos experimentales que arrojaron una recuperación del 78,1% de este mineral en beneficio de la planta Minarsa S.A.

X. Referencias (Listar las citas bibliográficas con el estilo adecuado a su especialidad)

- Aduviri, E. (2009). Cianuración de relaves en la corporación minera Ananea S.A. Puno Peru: Universidad nacional del altiplano.
- Aquiles, L. (2010). Optimización y simulación de procesos metalúrgicos (Primera Ed.). Lima, Peru.: Colecciones Jovic. p. 86.
- Aranburu Rojas, V. S. (2013). Modelo de la pre-aireación en concentrados de oro piritico, para la optimización del proceso de cianuración. Lima Peru: UNMSM.
- Astucuri, V. (1979). Principios de la hidrometalurgia y algunas aplicaciones. Lima, Peru: sin editorial.
- Barsky, G. S., & Easley, N. (1935). Dissolution of gold and silver in Cyanide solution. Trans. Am. Inst. Min.
- Blas, G. S., & Vera, G. J. (1935). Estudio comparativo de la efectividad y costos de los métodos químicos de neutralización de cianuro. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.
- Caceres Arena, G. (2007). Hidrometalurgia y Electrometalurgia. Atacama.
- Flores, F. R. (2016). Optimización del proceso de lixiviación de minerales de baja ley - Minera Aruntani S.A.C. Puno Peru, p. 54: Tesis de Grado, Universidad Nacional del Altiplano.



Gonzalez Martinez, L. R., & Veloz Rodriguez, M. (2003). Estudio Electroquímico del comportamiento de la reactividad de la pirita en el mineral de arsenopirita 9-13.

Guerrero. (2015). Estudio Físico-Químico Comparativo de lixiviación con cianuro y tio urea en concentrados de oro, proveniente de la planta de beneficio "Franromec" del canton Camilo Ponce Enriquez. Azuay, Ecuador: Universidad Técnica de Machala.

Lovera, D. Q. (2003). Proceso de tostación-lixiviación de minerales auríferos con metales cianicidas. Lima.

Lovera, D. q. (2003). Proceso de tostación-lixiviación de minerales auríferos con metales cianicidas. Lima peru.

Mallma, C. A. (2009). La soda caustica en la cianuración de concentrados de oro en minera . Ananea Puno: Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano.

Meza Espitia, S. (2015). Efecto del medio sobre la extracción de oro mediante la transformación de Arsenopirita y la posterior estabilización de Arsenico. Mexico: Tesis de la Universidad Autónoma Metropolitana.

Misari, F. (2010). Metalurgia del oro (Primera Ed.). Lima, Peru: Editorial san Marcos pp. 16-27.

Morales Laurente, E. L. (2016). Extracción de la plata y oro del relave sulfurado de la minera santa fe por lixiviación con adición de peróxido de hidrógeno y acetato de plomo. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Palacios, S. (. (2010). Estadística Experimental Aplicada a ciencia e ingeniería (Vol. 1). Lima, Peru.: Concytec, Ed.

Parillo, M. (2014). Estadística Experimental Aplicada a ciencia e ingeniería (Vol. 1). Lima Peru: Concytec, Ed.

Perez D. J., H. (2008). Comportamiento electro-químico del cianuro. Ingeniería & Desarrollo.

Romero A., A., & Flores A., S. (2010). La influencia de la velocidad de agitación en la lixiviación dinámica de minerales alterados. Lima.

Scott, & Ingles J. (1991). Remoción de cianuro de los efluentes de molinos de oro. Ottawa.

Tecsup, v. (2010). Proceso de cianuración . Metalurgia extractiva del oro, (págs. 3-21). Lima

XI. Uso de los resultados y contribuciones del proyecto (Señalar el posible uso de los resultados y la contribución de los mismos)

Contribuir al conocimiento científico en la recuperación del oro, el desarrollo del presente proyecto va a permitir fortalecer las relaciones entre la escuela de pregrado de la UNA-Puno y el Laboratorio de Unidad de Servicios de Análisis Químicos (USAQ) de la Facultad de Química e Ingeniería Metalúrgica.

XII. Impactos esperados

i. Impactos en Ciencia y Tecnología

Contribuir en el conocimiento del tratamiento de minerales de oro

ii. Impactos económicos

Evaluar económicamente los procesos de recuperación de minerales sulfurados con contenido de oro



iii. Impactos sociales

Bajar los niveles de contaminación en los alrededores de la mina y sea amigable con las poblaciones cercanas

iv. Impactos ambientales

Bajar los niveles de contaminación por el proceso

XIII. Recursos necesarios (Infraestructura, equipos y principales tecnologías en uso relacionadas con la temática del proyecto, señale medios y recursos para realizar el proyecto)

Laboratorios, reactivos

XIV. Localización del proyecto (indicar donde se llevará a cabo el proyecto)

Minera Minarsa S.A. se encuentra localizada próxima al anexo de Arirahua, que pertenece a Yanaquihua, en la provincia de Condesuyos, región Arequipa. Desde el punto de vista geográfico se ubica en la cabecera de la quebrada de Huichucuy, que pertenece al macizo occidental de la cordillera de los Andes, en el lado oeste, alcanzando una altitud de 3733 m.s.n.m., a una distancia de 180 Km al noroeste de la capital de la región Arequipa.

XV. Cronograma de actividades

Actividad	Trimestres												
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Revisión bibliografica	X	X	X										
Material de estudio y toma de muestras				X	X	X	X						
Desarrollo de la metodología								X	X	X			
Discusión y entrega final del trabajo												X	X

XVI. Presupuesto

Descripción	Unidad de medida	Costo Unitario (S/.)	Cantidad	Costo total (S/.)
Análisis de laboratorio		300	10	4000
Material de laboratorio				2000
Material de escritorio				2000
Elaboración del Estudio				2500
Gastos imprevistos				1500