



ANEXO 1

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

1. Título del proyecto

ESTUDIO DE LA CINÉTICA DE LIXIVIACIÓN DE MINERALES DE ORO CON SOLUCIONES DE CIANURO DE SODIO

2. Área de Investigación

Área de investigación	Línea de Investigación	Disciplina OCDE
Ingeniería de procesos	Ingeniería de procesos	Ingeniería Química

3. Duración del proyecto (meses)

01/01/2023 al 31/12/2023

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	CORDOVA GUTIERREZ HIPOLITO
Escuela Profesional	Ingeniería Metalúrgica
Celular	951906073
Correo Electrónico	hcordova@unap.edu.pe

Apellidos y Nombres	BOZA CONDORENA EDWIN GUIDO
Escuela Profesional	Ingeniería Química
Celular	937361909
Correo Electrónico	eboza@unap.edu.pe

Apellidos y Nombres	CHÁVEZ GUTIERREZ ESTEBAN REY
Escuela Profesional	Ingeniería Metalúrgica
Celular	955800331
Correo Electrónico	erchavez@unap.edu.pe

Apellidos y Nombres	CHAVEZ CATAORA CARLOS ALEJANDRO
Escuela Profesional	Ingeniería Metalúrgica
Celular	959282459
Correo Electrónico	cchavez@unap.edu.pe



Apellidos y Nombres	HERRERA CORDOVA HECTOR CLEMENTE
Escuela Profesional	Ingeniería Metalúrgica
Celular	987850939
Correo Electrónico	hherrera@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)

ESTUDIO DE LA CINETICA DE LIXIVIACION DE MINERALES DE ORO CON SOLUCIONES DE CIANURO DE SODIO

- 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)

La presente investigación "Estudio de la cinética de la lixiviación de minerales de oro con soluciones de cianuro de sodio", tiene por objetivo tener conocimiento de la corrosión del oro en soluciones de cianuro de sodio. Se iniciara la experimentación tomando una muestra de mineral, el cual será sometido a una preparación para el análisis y determinar el estado del oro en la muestra, luego el mineral se pondrá en contacto con soluciones de cianuro de sodio a diferentes tiempos, utilizando un Potenciostato/Galvanostato PGSTAT302N y el software NOVA, se pretende tener resultados del potencial de corrosión en el proceso de disolución y una voltametría cíclica para la extracción del oro de las soluciones en un circuito cerrado.

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

: Cinética, lixiviación, corrosión, mineral de oro

- IV. Justificación del proyecto (Describa 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)

En el proceso de lixiviación de minerales de oro con soluciones de cianuro el inconveniente es la contaminación que ocasiona los desechos del proceso. La presente investigación "Estudio de la cinética de lixiviación de minerales de oro", va a permitir tener un mejor manejo de la tecnología de la corrosión del oro en soluciones de cianuro y también utilizar un proceso de circuito cerrado para bajar los costos en cuanto al uso de reactivos y la solución barren regrese al área del proceso de cianuración para no contaminar el medio ambiente.

- 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 proceso de cianuración de oro es la técnica de procesamiento más versátil utilizada para la extracción de oro, donde se puede utilizar diferentes parámetros de cianuración como tiempo de molienda, pH, tiempo de cianuración, adición de cianuro de sodio (NaCN) y CaO (cal). La eficacia del proceso de cianuración depende de la consideración de cada uno de los parámetros (repositorio.unjbg.edu.pe).

Se encontró que la oxidación con ozono de un mineral de oro y plata alteró favorablemente la estructura del mismo, consiguiendo una disolución de plata del 70.78 % en un periodo de 48 h, en comparación con el 61.7 % de disolución obtenido durante el proceso de cianuración convencional sin preoxidación. Por otro lado, la disolución de oro para el mineral preoxidado con ozono fue del 93 % en 48 h de proceso; mientras que la disolución de oro del mineral cianurado sin preoxidación fue del 40 % en 72 h de reacción (Salinas, E. et al 2004)

En artículo presenta una revisión bibliográfica referente a las variables de operación involucradas en del proceso de lixiviación, lo cual permitió identificar los efectos que tienen estas variables sobre el porcentaje de recuperación de metales contenidos en residuos galvánicos. El estudio identificó siete variables determinantes: método de lixiviación, agentes lixiviantes (y su concentración), uso de un agente oxidante, granulometría del sólido, concentración del mineral, temperatura y velocidad de agitación. Adicionalmente, tal como lo demuestra la revisión bibliográfica, la mayoría de los resultados obtenidos en las investigaciones conducen a una recuperación superior al 90 % del metal de interés. (Lombana, L. et al 2018)

Influencia de la lixiviación en la recuperación de oro en la Mina Oro-Barita de Santiago de Cuba Influence of leaching on gold recovery at the Gold-Barite Mine in Santiago de Cuba MsC. Telvia Arias-Lafarguel , Ing. David Fernández-ComptaII, Ing. Yoleidi Sánchez-RodríguezII, Ing. Aramis Lasserra-PortuondoII I Facultad Ingeniería Química, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba. tal@fiq.uo.edu.cu II Mina Oro-Barita de Santiago de Cuba, Cuba Resumen

En Santiago de Cuba, está el yacimiento Oro Barita con un proceso de obtención de oro por lixiviación con cianuro y posteriormente precipitación con polvo de zinc. La recuperación de oro no es la deseada por lo que se realizó una evaluación del proceso de lixiviación estudiándose el período de diciembre 2014 a marzo de 2015 para determinar todas las variables que podían estar influyendo negativamente en el porcentaje de recuperación de oro. Los resultados arrojaron que el metal cobre es el que está afectando fundamentalmente la recuperación del oro durante la lixiviación ya que se observa un incremento notable de las concentraciones de cobre desde 100 a 160 g/m³ debido a la cinética de disolución del cobre con el cianuro y al cobre que se incorpora a la lixiviación durante la recirculación de la solución de irrigación. Se demostró además que el resto de las variables no afectan la recuperación. (Arias, T. et, al. 2017)

En este trabajo se fabricó un sistema electro-Fenton para la degradación de contaminantes de tipo aromático presentes en soluciones acuosas y la simultánea generación de energía eléctrica. El sistema consistió en dos compartimientos (ánodo y cátodo) separados por una membrana Nafion. La energía eléctrica fue generada por oxidación anódica de glucosa catalizada con oro. El cátodo se fabricó de fieltro de grafito modificado en su superficie con nanopartículas de magnetita (Fe₃O₄NPs/GFoxi). Las nanopartículas de magnetita se impregnaron sobre el fieltro de grafito mediante el método de autoensamblado capa por capa que emplea cloruro de polidialildimetilamonio (PDDA) como polielectrolito. En el compartimiento anódico, se utilizó fieltro de grafito modificado en su superficie con nanopartículas de oro (AuNPs/GF). Las nanopartículas



de oro se depositaron sobre la superficie de este electrodo mediante deposición electrolítica. El sistema electro-Fenton generó una densidad de potencia de 550 mW m⁻² que sirvió como fuente de alimentación para llevar a cabo el proceso de degradación de contaminantes. El sistema condujo a la degradación de 0.35 mmol L⁻¹ de ftalato ácido de potasio (contaminante modelo). Se observó un porcentaje de decaimiento de DQO de 73.7 % durante 23h de tratamiento a pH 3. (Calderón, S. 2019).

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

Experimentalmente se determinará el estudio de la cinética de lixiviación de minerales de oro

VII. Objetivo general

Estudio de la cinética de lixiviación de minerales de oro con soluciones de cianuro.

VIII. Objetivos específicos

- ✓ Determinar las reacciones de oxidación y reducción del proceso lixiviación de minerales de oro en soluciones de cianuro de sodio.
- ✓ Determinar el periodo de tiempo en el proceso de lixiviación de minerales de oro con soluciones de cianuro de sodio.

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)

El método que se utilizara es experimental, se iniciara los ensayos tomando una determinada muestra de mineral la cual será preparada mecánicamente a una granulometría en la que el oro pase un 90% a solución, con diferentes concentraciones de cianuro a determinados tiempos y con el experimento más eficiente se estudiara la cinética de lixiviación de minerales de oro con soluciones de cianuro de sodio, con el uso del Software Nova del Potenciostato/Galvanostato PGSTAT 302N y para la extracción de oro de la solución se determinara los valores de las variables por voltametría.

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

- ✓ <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/3178>
- ✓ Salinas, E. Rivera, I. Carrillo, F. Patiño, F. Hernández, J. y Hernández, L. (2004). Mejora del proceso de cianuración de oro y plata, mediante la preoxidación de



- minerales sulfurosos con ozono. Rev. Soc. Quím. Méx vol.48 no.4 Ciudad de México
- ✓ Lombana, L. Saavedra, A. Correa, F. (2018). Variables influyentes en el proceso de lixiviación para la recuperación de metales contenidos en lodos galvánicos. Revista Semilleros: Formación Investigativa, vol. 4 No 1. Universidad de América Colombia.
 - ✓ Arias, T. Fernández, D. Sánchez, Y. Lasserra, A. (2017). Influencia de la lixiviación en la recuperación de oro en la Mina Oro-Barita de Santiago de Cuba. Facultad Ingeniería Química, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba.
 - ✓ Calderón, S. (2019). Modificación superficial de fieltro de grafito con nanopartículas de magnetita Fe_3O_4 para su uso en un sistema electro-fenton. Pontificia Universidad Católica del Perú.
 - ✓ Astucuri, V. (1984). Principios de Hidrometalurgia y Algunas Aplicaciones Fundamentales. Lima, Perú: Gol.
 - ✓ Ballester A., Verdeja, L. y Sancho, J. (1988). Fundamentos de Metalurgia Extractiva. Madrid, España: Síntesis.
 - ✓ Bray, J. (1986). Metalurgia de los metales no ferrosos. Madrid, España: Blume.
 - ✓ Chang, R. (1999). Química. México: Mc Graw Hill. o Gill, C. (1989). Metalurgia Extractiva No Ferrosa. México: Limusa.
 - ✓ Misari, F. (2010). Metalurgia del Oro. Lima, Perú: San Marcos.
-

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

Con el presente estudio de la cinética de lixiviación de minerales de oro con soluciones de cianuro de sodio, se va a tener una guía técnica muy valiosa de los valores a utilizar en las variables de concentración de cianuro de sodio y tiempo, para realizar pruebas experimentales y trabajos de producción en plantas industriales de cianuración de minerales de oro y electrodeposición directa de oro de soluciones.

XII. Impactos esperados

i. Impactos en Ciencia y Tecnología

La investigación realizada experimentalmente en el procesamiento de minerales de oro será una guía técnica para el desarrollo académico de la asignatura de metalurgia del oro y plata y será útil como antecedentes para trabajos de investigación de metalurgia extractiva del oro

ii. Impactos económicos

La actividad minera tiene un papel importante en la economía peruana porque genera valor agregado y aporta un valor económico importante al producto bruto interno (PBI), mayores divisas e ingresos fiscales por impuestos. Se afirma que la minería es la columna vertebral de la economía del Perú,



teniendo en cuenta que las regiones donde se realiza esta actividad extractiva se benefician con la transferencia de canon minero y la promoción de recursos para el desarrollo mediante el aporte directo de recursos.

iii. Impactos sociales

La creación de empleos directos e indirectos, y la mejora del crecimiento potencial de la actividad económica. Además, atrae inversiones

iv. Impactos ambientales

Con el presente estudio la solución barren después de la electrodeposición se van adecuar en un lixiviante óptimo para el proceso de lixiviación de minerales de oro o adecuarse en una solución con estándares permitidos para ser desechada en el medio ambiente

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

Mineral de oro, agitador magnético, celda electrolítica, ánodos y cátodos, conductores, papel filtro, Potenciostato/Galvanostato PGSTAT 302N , multímetros, medidor de pH, electrodo de referencia, termómetro, balanza analítica, bureta, material de vidrio, papel filtro, reactivos varios.

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

Laboratorio de electrometalurgia de la escuela profesional de ingeniería metalúrgica UNA-Puno

XV. Cronograma de actividades

Actividad	Trimestres											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Recopilación de información	X	X										
Preparación de la muestra		X	X	X	X							
Experimentación			X	X	X	X	X	X	X	X		
Evaluación de resultados						X	X	X	X	X	X	
Elaboración de informe								X	X	X	X	X

XVI. Presupuesto

Descripción	Unidad de medida	Costo Unitario (S/.)	Cantidad	Costo total (S/.)
Compra de textos	Unidades	110.00	06	660.00
Obtención de la muestra	Kg	120.00	20	2400.00
Adecuación del equipo y materiales	Unidades	60.00	20	2400.00
Experimentos	Unidades	45.00	40	1800.00
Análisis de soluciones	Unidades	25.00	35	875.00
Elaboración de informe	Unidades	700.00	01	700.00
Imprevistos	Unidades	30	18	540.00



El proceso de cianuración de oro es la técnica de procesamiento más versátil utilizada para la extracción de oro, donde se puede utilizar diferentes parámetros de cianuración como tiempo de molienda, pH, tiempo de cianuración, adición de cianuro de sodio (NaCN) y CaO (cal). La eficacia del proceso de cianuración depende de la consideración de cada uno de los parámetros (repositorio.unjbg.edu.pe).

Se encontró que la oxidación con ozono de un mineral de oro y plata alteró favorablemente la estructura del mismo, consiguiendo una disolución de plata del 70.78 % en un periodo de 48 h, en comparación con el 61.7 % de disolución obtenido durante el proceso de cianuración convencional sin preoxidación. Por otro lado, la disolución de oro para el mineral preoxidado con ozono fue del 93 % en 48 h de proceso; mientras que la disolución de oro del mineral cianurado sin preoxidación fue del 40 % en 72 h de reacción (Salinas, E. et,al 2004)

En artículo presenta una revisión bibliográfica referente a las variables de operación involucradas en del proceso de lixiviación, lo cual permitió identificar los efectos que tienen estas variables sobre el porcentaje de recuperación de metales contenidos en residuos galvánicos. El estudio identificó siete variables determinantes: método de lixiviación, agentes lixiviantes (y su concentración), uso de un agente oxidante, granulometría del sólido, concentración del mineral, temperatura y velocidad de agitación. Adicionalmente, tal como lo demuestra la revisión bibliográfica, la mayoría de los resultados obtenidos en las investigaciones conducen a una recuperación superior al 90 % del metal de interés. (Lombana, L. et al 2018)

Influencia de la lixiviación en la recuperación de oro en la Mina Oro-Barita de Santiago de Cuba Influence of leaching on gold recovery at the Gold-Barite Mine in Santiago de Cuba MsC. Telvia Arias-LafargueI , Ing. David Fernández-ComptaII, Ing. Yoleidi Sánchez-RodríguezII, Ing. Aramis Lasserra-PortuondoII I Facultad Ingeniería Química, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba. tal@fiq.uo.edu.cu II Mina Oro-Barita de Santiago de Cuba, Cuba Resumen

En Santiago de Cuba, está el yacimiento Oro Barita con un proceso de obtención de oro por lixiviación con cianuro y posteriormente precipitación con polvo de zinc. La recuperación de oro no es la deseada por lo que se realizó una evaluación del proceso de lixiviación estudiándose el período de diciembre 2014 a marzo de 2015 para determinar todas las variables que podían estar influyendo negativamente en el porcentaje de recuperación de oro. Los resultados arrojaron que el metal cobre es el que está afectando fundamentalmente la recuperación del oro durante la lixiviación ya que se observa un incremento notable de las concentraciones de cobre desde 100 a 160 g/m³ debido a la cinética de disolución del cobre con el cianuro y al cobre que se incorpora a la lixiviación durante la recirculación de la solución de irrigación. Se demostró además que el resto de las variables no afectan la recuperación. (Arias, T. et, al. 2017)

En este trabajo se fabricó un sistema electro-Fenton para la degradación de contaminantes de tipo aromático presentes en soluciones acuosas y la simultánea generación de energía eléctrica. El sistema consistió en dos compartimientos (ánodo y cátodo) separados por una membrana Nafion. La energía eléctrica fue generada por oxidación anódica de glucosa catalizada con oro. El cátodo se fabricó de fieltro de grafito modificado en su superficie con nanopartículas de magnetita (Fe₃O₄NPs/GFoxi). Las nanopartículas de magnetita se impregnaron sobre el fieltro de grafito mediante el método de autoensamblado capa por capa que emplea cloruro de polidialildimetilamonio (PDDA) como polielectrolito. En el compartimiento anódico, se utilizó fieltro de grafito



modificado en su superficie con nanopartículas de oro (AuNPs/GF). Las nanopartículas de oro se depositaron sobre la superficie de este electrodo mediante deposición electrolítica. El sistema electro-Fenton generó una densidad de potencia de 550 mW m⁻² que sirvió como fuente de alimentación para llevar a cabo el proceso de degradación de contaminantes. El sistema condujo a la degradación de 0.35 mmol L⁻¹ de ftalato ácido de potasio (contaminante modelo). Se observó un porcentaje de decaimiento de DQO de 73.7 % durante 23h de tratamiento a pH 3. (Calderón, S. 2019).

- ✓ <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/3178>
- ✓ Salinas, E. Rivera, I. Carrillo, F. Patiño, F. Hernández, J. y Hernández, L. (2004). Mejora del proceso de cianuración de oro y plata, mediante la preoxidación de minerales sulfurosos con ozono. Rev. Soc. Quím. Méx vol.48 no.4 Ciudad de México
- ✓ Lombana, L. Saavedra, A. Correa, F. (2018). Variables influyentes en el proceso de lixiviación para la recuperación de metales contenidos en lodos galvánicos. Revista Semilleros: Formación Investigativa, vol. 4 No 1. Universidad de América Colombia.
- ✓ Arias, T. Fernández, D. Sánchez, Y. Lasserra, A. (2017). Influencia de la lixiviación en la recuperación de oro en la Mina Oro-Barita de Santiago de Cuba. Facultad Ingeniería Química, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba.
- ✓ Calderón, S. (2019). Modificación superficial de fieltro de grafito con nanopartículas de magnetita fe₃o₄ para su uso en un sistema electro-fenton. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- ✓ Astucuri, V. (1984). Principios de Hidrometalurgia y Algunas Aplicaciones Fundamentales. Lima, Perú: Gol.
- ✓ Ballester A., Verdeja, L. y Sancho, J. (1988). Fundamentos de Metalurgia Extractiva. Madrid, España: Síntesis.
- ✓ Bray, J. (1986). Metalurgia de los metales no ferrosos. Madrid, España: Blume.
- ✓ Chang, R. (1999). Química. México: Mc Graw Hill. o Gill, C. (1989). Metalurgia Extractiva No Ferrosa. México: Limusa.
- ✓ Misari, F. (2010). Metalurgia del Oro. Lima, Perú: San Marcos.