



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“OPTIMIZACIÓN DE LA RECUPERACIÓN DEL ORO EN EL PROCESO DE LIXIVIACIÓN EN PILAS (HEAP LEACHING), 2019”.

Trabajo de investigación para optar al grado de:

Bachiller en Ingeniería de Minas

Autor:

José Eduar Marrufo Gallardo

Asesor:

Ing. Elmer Ovidio Luque Luque

Cajamarca - Perú

2019

DEDICATORIA

A mis padres por ser mi ejemplo de vida, dedicación y esfuerzo, son y serán siempre el motor que impulsa mi lucha.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la capacidad de decidir el camino de mi vida y la responsabilidad
de mis actos.

A mis padres por el apoyo incondicional, la educación que me brindaron.

A la Universidad Privada del Norte, que me formó en la parte académica, que me
permitió ser profesional y alcanzar mis metas.

Tabla de contenido

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	13
CAPÍTULO III. RESULTADOS	19
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES	24
REFERENCIAS	25
ANEXOS	27

ÍNDICE DE TABLAS

<i>TABLA 1. Fuentes de información</i>	<i>14</i>
<i>TABLA 2. Influencia del nitrato de plomo en la cianuración del mineral de oro tostado.....</i>	<i>21</i>
<i>TABLA 3. Resultados de las pruebas metalúrgicas a Densidad 1450g/L</i>	<i>21</i>
<i>TABLA 4. Análisis granulométrico de la muestra estudiada.....</i>	<i>23</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>FIGURA N° 1. Efecto de diferentes concentraciones de amoníaco en la recuperación del oro en presencia de ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), estabilizador cúprico.</i>	<u>19</u>
<i>FIGURA N° 2. Efecto de diferentes concentraciones de amoníaco en la disolución de arsénico en presencia de EDTA</i>	<u>20</u>
<i>FIGURA N° 3. Cinética de recuperación de oro e impurezas de la C7.</i>	<u>22</u>

RESUMEN

La lixiviación en pilas es uno de los varios métodos de proceso alternativos para tratar minerales de metales preciosos y se selecciona principalmente para aprovechar su bajo costo de capital en relación con otros métodos. El objetivo de la presente investigación optimizar la Recuperación del Oro en el Proceso de Lixiviación en Pilas (Heap Leaching). La investigación es de tipo Teórica – Descriptiva, en un principio las variables se observan y se describen tal como se presentan en su ambiente natural, esto es referente a los factores, parámetros y actividades tal y como se vienen operando en el proceso de Lixiviación en Pilas para la recuperación del oro. Su metodología es fundamentalmente descriptiva, se vale de elementos cuantitativos y cualitativos. En conclusión, se logró Optimizar la Recuperación del Oro en el Proceso de Lixiviación en Pilas (Heap Leaching), con el manejo de parámetros durante el proceso de lixiviación como la densidad de pulpa, tamaño de pulpa, concentraciones de cianuro, tamaño de partícula, control de minerales secundarios, control de acidificación (pH) con los cuales se obtuvieron mejoras óptimas de recuperación de oro.

PALABRAS CLAVES: Optimización, recuperación del oro, Lixiviación en pilas.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Las operaciones de extracción de oro convencionales se enfrentan a desafíos importantes debido a la disminución de las leyes de mineral y los crecientes índices de desmonte. Para satisfacer las demandas globales y al mismo tiempo limitar los impactos ambientales asociados, se necesitan con urgencia técnicas alternativas para extraer recursos minerales.

Por otro lado, la mayor parte del oro del mundo se extrae de minas a cielo abierto con equipos de gran capacidad para movimiento de tierras que remueven las rocas de desecho del cuerpo del mineral antes de extraer las zonas enriquecidas con oro (Martens, Prommer, Dai, Sun y Breuer, 2017).

Justificación: debido a los diversos factores que afectan la disolución del oro han sido varias veces motivo de estudio, como resultado de dichas investigaciones, se cuenta con parámetros operacionales que se pueden aplicar en las distintas plantas que llevan a cabo el mismo proceso. Según López en el caso de la densidad de pulpa y la concentración de cianuro, esta es particular y característica de cada planta debido a la variedad de minerales que procesan cada una de ellas y a los equipos de agitación con que cuenta cada planta (2014). Asimismo, en los últimos años, la lixiviación de minerales de oro refractarios ha recibido mucha atención debido al agotamiento de los minerales de óxido, dado que el oro suele estar asociado o encapsulado en minerales de sulfuro, como pirita, arsenopirita y calcopirita, así lo expresan (Aazami, Lapidus y Azadeh, 2014) del modo siguiente: los minerales de oro oxidados de alto grado se han agotado durante el siglo pasado, se está prestando más atención a la recuperación de oro de los minerales refractarios. La baja

extracción de oro de los minerales de sulfuro y los peligros ambientales de la cianuración han llevado a varios investigadores a métodos alternativos de extracción de oro, como la lixiviación con tiosulfato

En muchas ocasiones el oro se encuentra asociado en la mena a minerales de cobre, estos representan un gran problema debido a su solubilidad en soluciones cianuradas, el cobre reacciona formando un complejo de cianuro de cobre, aumentando así el consumo de cianuro e inhibiendo la extracción de oro y plata.

La lixiviación en pilas es uno de los varios métodos de proceso alternativos para tratar minerales de metales preciosos y se selecciona principalmente para aprovechar su bajo costo de capital en relación con otros métodos. En el 2016, Manning y Kappes sustentan que la lixiviación en pilas consiste en apilar el mineral que contiene metal en una pila impermeable, irrigar el mineral durante un período prolongado con una solución química para disolver los metales buscados, y recoger el lixiviado cuando se filtra desde la base del montón. La lixiviación en pilas se realiza en diferentes configuraciones, cada una con ciertas ventajas y desventajas. El oro y la plata se lixivian con una solución alcalina diluida de cianuro de sodio.

La lixiviación con cianuro ha sido ampliamente aceptada como un excelente método industrial para recuperar oro y plata. Mientras que la lixiviación en pila es una lixiviación por percolación de mineral acopiado sobre una superficie impermeable, preparada para colectar las soluciones; (Figueredo, et.al, 2015) a escala industrial contempla el tratamiento de 1000 a más de 50 000 ton/día de mineral.

Debido al rápido agotamiento en el tipo de mineral de oro de molienda libre, se acepta en todo el mundo que existe una tendencia creciente para el tratamiento de minerales de oro refractarios que a menudo requieren oxidación, como el tostado, como un proceso de tratamiento previo antes de la cianuración (Bas, Safizadeh, Ghali y Choi, 2016)

La disminución del grado de la cabeza y la diseminación más fina en minerales de oro han causado cada vez más dificultades en el procesamiento de minerales, lo que otorga cada vez más importancia a la molienda fina o molienda ultrafina (Yin, Tang, Ma, Zuo y Yao, 2017), se había propuesto para mejorar la capacidad de procesamiento de los circuitos de trituración y reducir aún más el consumo de energía de la planta. Se considera que es la forma más eficaz de reducir costos y aumentar la capacidad de la industria minera actual.

La activación mecánica despliega energía mecánica para mejorar la capacidad de procesamiento (por ejemplo, la lixiviación y la flotación) de ciertas partículas minerales al alterar sus propiedades físicas y microestructurales de superficie y / o de gran volumen (Asamoah, Skinner y Mensah, 2018)

Holley, Yu, Navarre y Winterton (2018) expresan que los minerales aglomerados presentan un desafío analítico debido a su naturaleza refinada, y puede ser difícil capturar datos significativos in situ en el entorno de lixiviación en pilas. Hoummady et.al (2017) desarrollaron un protocolo para examinar la mineralogía de los minerales de uranio aglomerados con un aglutinante de ácido sulfúrico, incluido el estudio cualitativo de los gránulos mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) y análisis de difracción de rayos X (DRX) antes y después de la lixiviación.

Antecedentes

Snyders, Akdogan, Bradshaw y Smith (2018) en su artículo “The development of a caustic pre-leaching step for the recovery of Au from a refractory ore tailings heap” tuvieron como objetivo fue tratar mineral refractario de las pilas de colas de oro. Se realizaron varios experimentos de lixiviación a baja temperatura en soluciones ácidas y alcalinas, seguidas de cianuración, lo que finalmente condujo a una investigación adicional de una etapa de lixiviación cáustica. Se encontró que la recuperación de Au era un equilibrio entre la liberación de Au para la cianuración a través de la disolución mineral de ganga y la pérdida / lixiviación de Au en la etapa de lixiviación previa. Según la concentración de NaOH, se encontró que los elementos principales (excluyendo Na) en la solución de lixiviación son Si (500–8500mg / L), S (2400–1800mg / L), Al (350–50mg / L), Zn (10–100mg / L), Fe (60–75mg / L) y As (20–55mg / L). La recuperación de Au en el subsiguiente paso de cianuro y elución aumentó con la temperatura del tratamiento previo y la concentración de NaOH, alcanzando un pico antes de estabilizarse o disminuir. Un tiempo de residencia más largo antes de la lixiviación y un menor porcentaje de sólidos resultaron en una menor recuperación de Au.

Por otro lado, Baghalha (2017) en su artículo “Leaching of an oxide gold ore with chloride/hypochlorite solutions” investigaron los efectos de tres factores, incluido el Ca (OCl)₂ vs. NaOCl, la concentración de OCl y la concentración de HCl en el rendimiento de la lixiviación de oro. Debido a la formación del complejo CaOCl⁺ en la solución y, por lo tanto, a una menor reactividad, el hipoclorito de calcio produce una cinética de lixiviación lenta del oro, lo que lleva el doble de tiempo (46 h) a lograr una recuperación máxima de

oro del 58% en comparación con el hipoclorito de sodio. 10 g / L de especies de hipoclorito iniciales totales en solución producen recuperaciones razonables de oro. Se encontró que la cantidad de HCl agregado y, por lo tanto, el pH inicial tienen un efecto importante en la cinética de lixiviación del oro y en la recuperación máxima del oro. Un alto nivel de 9 g / L de HCl agregado hace que el HClO sea muy reactivo, produciendo una cinética muy rápida, alcanzando un 67% de extracción de oro en 4 h. concluyendo que las reacciones de ácido hipocloroso con sulfuro y contenido ferroso de mineral se producen muy lentamente en el rango de pH de 4–11, los complejos de oro y cloro se adsorben fuertemente en el componente de cuarzo del mineral, para minimizar esta adsorción indeseable de especies de oro-cloro, el tiempo de envejecimiento debe limitarse a unas pocas horas solamente.

Pregunta de Investigación: ¿Cómo optimizar la Recuperación del Oro en el Proceso de Lixiviación en Pilas (Heap Leaching), 2019?

Objetivo que se busca en la investigación es: optimizar la Recuperación del Oro en el Proceso de Lixiviación en Pilas (Heap Leaching).

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

La revisión de la literatura científica se ha realizado en diferentes medios de búsqueda de información dentro de las cuales destacan bibliotecas virtuales de repertorios universitarios de las diferentes universidades de mundo, y sobre todo del uso de la biblioteca tanto virtual como física de la Universidad Privada del Norte, tomando como referencia temas de investigación ya realizados por egresados cuyo tema desarrollado guarda relación con el presente. Para fundamentar mejor las cuestiones de afianzarse con el tema se ha hecho consultas a docentes universitarios, profesionales expertos en el área de metalurgia en especial sobre el proceso de Lixiviación en Pilas, en especial rescatar sugerencias sobre la optimización de la recuperación de Au, puesto que ha surgido problemas, los cuales se ven afectados por los diferentes factores que interactúan in situ; por lo que se tienen resultados muy ajenos a los esperados y planeados.

La base de datos referenciada lo constituyen: Redalyc, Scielo, Science, Google académico, Cybertesis UNI, Cybertesis UNMA, Cybertesis URP, cabe recalcar que las fuentes de información obtenidas han sido mayormente artículos científicos, papers, informes, tesis, revistas científicas, conferencias, videoconferencias, libros.

Las palabras claves utilizadas son: Recuperación del oro y Lixiviación en Pilas, al navegar con vía web se ha tenido una base de 23 y 34 fuentes de información respectivamente por cada palabra (Tabla 1). Una vez obtenido se ha filtrado y clasificado la información de acuerdo al problema de investigación ¿Cómo optimizar la Recuperación del Oro en el Proceso de Lixiviación en Pilas (Heap Leaching), 2019? y a los criterios siguientes, fuentes que están afines con los objetivos,

los que tienen una temática, orden, buena metodología, resultados congruentes se han elegido para ser tomados como referencias; por el contrario, las fuentes que tienen poca relación con el tema, las que han sido aplicados a otros campos como por ejemplo lixiviación de Cu, las que no apuntan a la optimización del proceso han sido *excluidas*.

TABLA 1. *Fuentes de información*

AUTOR (ES)	TEMA DEINVESTIGACIÓN	AÑO DE PUBLICACIÓN	TIPO DE FUENTE
Wanzhong Yin,	Comparison of sample	2017	Artículo
Yuan Tanga,	properties and leaching		Científico
Yingqiang Ma,	characteristics of gold ore		
Weiran Zuo y Jin	from jaw crusher and		
Yaoa	HPGR		
M. Aazami, G.T.	The effect of solution	2014	Artículo
Lapidus y Amir	parameters on the		Científico
Azadeh	thiosulfate leaching of Zarshouran refractory gold ore		
Richmond K.	Alkaline cyanide	2018	Artículo
Asamoah, William	leaching of refractory		Científico
Skinner, y Jonas	gold flotation		
Addai Mensah	concentrates and bio- oxidised products: The		

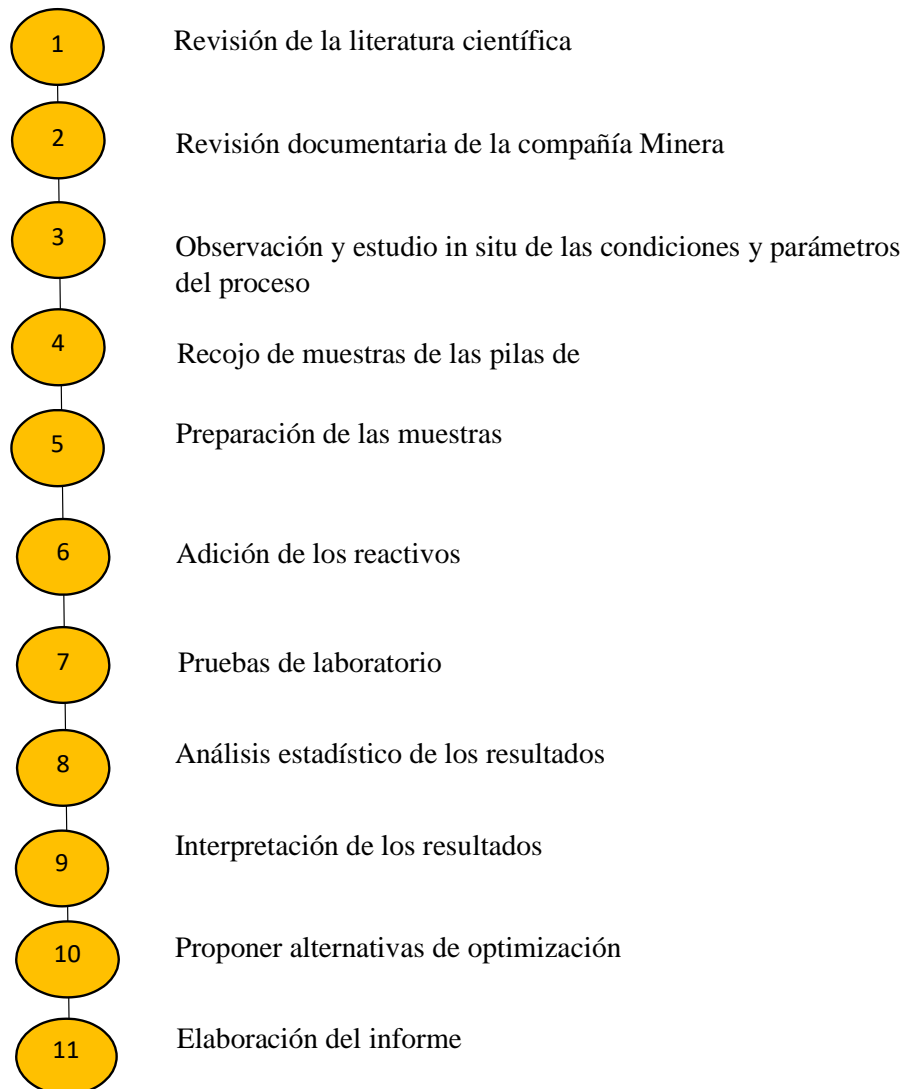
	effect of process variables		
Morteza Baghalha	Leaching of an oxide gold ore with chloride/hypochlorite solutions	2017	Artículo Científico
Ahmet Deniz Bas, Fariba Safizadeh, Edward Ghali, Yeonuk Choi	Leaching and electrochemical dissolution of gold in the presence of iron oxide minerals associated with roasted gold ore	2016	Artículo Científico
Marcela Figueredo Frías, José Castellanos Suarez, Fátima Bugallo Davis, Eliecer Hidalgo Liriano, Andiel Martínez Quiñones y Yania Cabaleiro Piedra	Cinética de Lixiviación por Percolación con Solución de Cianuro de Sodio de minerales Auríferos de menas oxidadas	2015	Artículo Científico

Elizabeth A. Holleya,	Quantitative mineralogy	2018	Artículo
Yu Ting Yua, Alexis	and geochemistry of		Científico

Navarre Sithler y Jeffrey Winterton	pelletized sulfide-bearing gold concentrates in an alkaline heap leach			
Hoummady	A multi-analytical approach to the study of uranium-ore agglomerate structure and porosity during heap leaching	2017		Artículo Científico
Nicolas, Blanvillain Jean Jacques, Neto Jeremy y Lefevre Eric				
Arturo Sabino López Rosello	Efecto de la densidad de Pulpa y de la concentración de Cianuro en la Lixiviación por AGitación para la recuperación del Oro en la Planta de beneficio Doble D, Arequipa	2014		Tesis
T.J. Manning y D.W. Kappes	Heap Leaching of Gold and Silver Ores	2016		Libro

Evelien Martens,	Feasibility of	2017	Artículo
Henning Prommer,	electrokinetic in situ		Científico
Xianwen Dai, Jing	leaching of gold		
Sun y Paul Breuer			
C.A. Snyders, G.	The development of a	2018	Artículo
Akdogana, S.M.	caustic pre-leaching step		Científico
Bradshawa y R.	for the recovery of Au		
Smithb	from a refractory ore		
	tailings heap		

Diagrama de flujo



CAPÍTULO III. RESULTADOS

Los resultados referenciados han sido seleccionados a partir del proceso de inclusión, consistente en la obtención de fuentes de información cuyos resultados son coherentes con los objetivos del presente trabajo, de 17 fuentes se han filtrado en el proceso de exclusión tomándose 10. Se han excluido las fuentes que no han permitido acceder a su totalidad de procedimiento y cálculos respectivos para la obtención de resultados; no han sido tomados los tenores que no han tenido una eficiente recuperación de oro, otros porque la recuperación ha sido para otro mineral como cobre o plata.

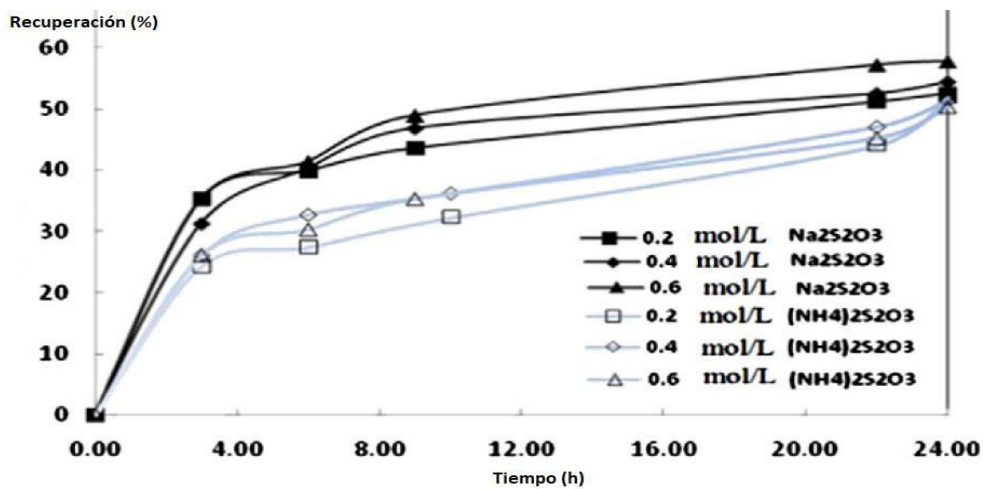


FIGURA N° 1. Efecto de diferentes concentraciones de amoníaco en la recuperación del oro en presencia de ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), estabilizador cúprico.

Fuente: Aazami, Lapidus y Azadeh (2014), p.8

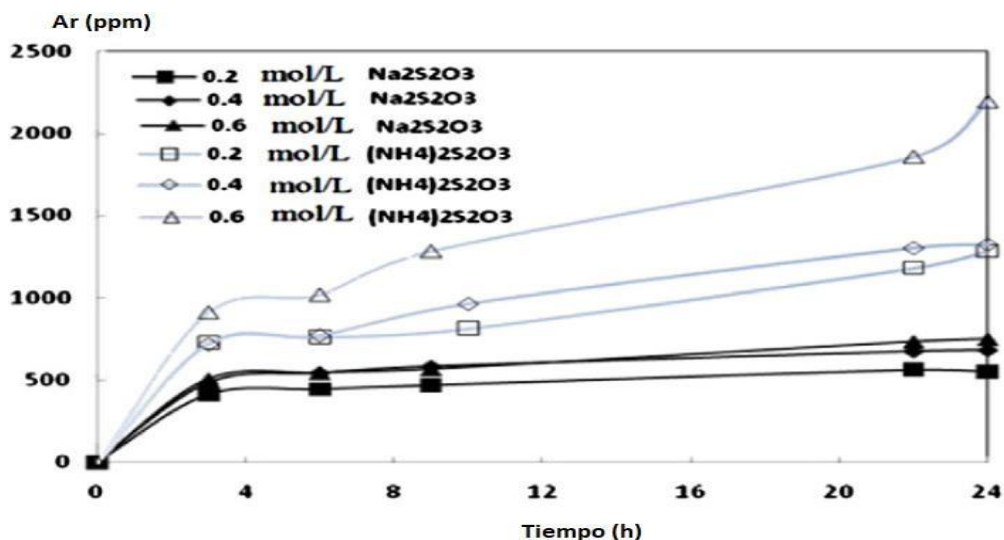


FIGURA N° 2. Efecto de diferentes concentraciones de amoníaco en la disolución de arsénico en presencia de EDTA

Fuente: Aazami, Lapidus y Azadeh (2014), p.9

El gráfico de la FIGURA N°1 muestra los parámetros de la solución: 0,05 mol / L Cu (II), 0,2 mol / L carbonato de sodio, 0,05 mol / L de citrato de sodio y 0,025 mol / L de EDTA a pH 10. El gráfico de la FIGURA N°2 muestra los parámetros de la solución: 0.2 mol / L carbonato de sodio 0.2 mol / L, Cu (II) 0.05 mol / L, citrato de sodio 0.05 mol / L, y EDTA 0.025 mol / L, pH 10.

La TABLA 2 muestra la adición de nitrato de plomo mostró un ligero aumento en la extracción total de oro y redujo el consumo de cianuro en un 25% durante las 24 h de lixiviación. La reproducibilidad de las pruebas se evalúa a $\pm 1.5\%$. La adición de una concentración adecuada de nitrato de plomo se conoce como una práctica común y efectiva para aumentar la extracción general de oro y reducir el consumo de cianuro.

TABLA 2. *Influencia del nitrato de plomo en la cianuración del mineral de oro tostado*

Pb (NO ₃) ₂ (g/t)	Extracción de Au (%)	Consumo de NaCN (kg/t)
0	80.93	0.98
100	82.51	0.73

pH: 10.5, NaCN: 0.01 M, 24 h

Fuente: Ahmet Deniz Bas, Fariba Safizadeh, Edward Ghali, Yeonuk Choi (2016), p.15

TABLA 3. *Resultados de las pruebas metalúrgicas a Densidad 1450g/L*

Densidad	%CN	CN inicial (gr)	CN total durante la prueba (gr)	Consumo de Cianuro (kg/TMS)	Consumo de Soda Caústica (Kg/TMS)	% Recuperación
1.45	0.05	0.54	1.49	0.95	3.90	80.98
	0.15	1.61	3.10	1.49	3.80	85.04
	0.25	2.68	4.39	1.71	3.60	86.13
	0.35	3.75	6.10	2.35	3.60	86.92
	0.40	4.29	6.65	2.36	3.60	89.51

Fuente: López (2014), p.49

De la TABLA 3 se denota que para una densidad de 1.45 g/L se requiere de 4.29 gr para obtener una recuperación de 89.51%, la menor recuperación de 80%.98 se necesita de 0.54 gr de cianuro. Por tanto, el porcentaje de recuperación aurífera tiene una relación inversamente proporcional a la densidad de pulpa en la lixiviación por agitación, ya que con densidades de pulpas menores, es favorecida la interacción sólido líquido.

Principalmente, lo que determina la toxicidad del HCN y del CN⁻ es la concentración de cianuro total en una solución, crece a medida que se incrementa la temperatura, pero este factor es dependiente del organismo afectado. Otro factor importante es el pH de la solución y del organismo afectado. A un pH menos a 8, cerca del 95% del CN⁻ está en forma de HCN. La toxicidad del anión CN⁻ es 0.4 veces la de su similar ácido (López, 2014, p.53)

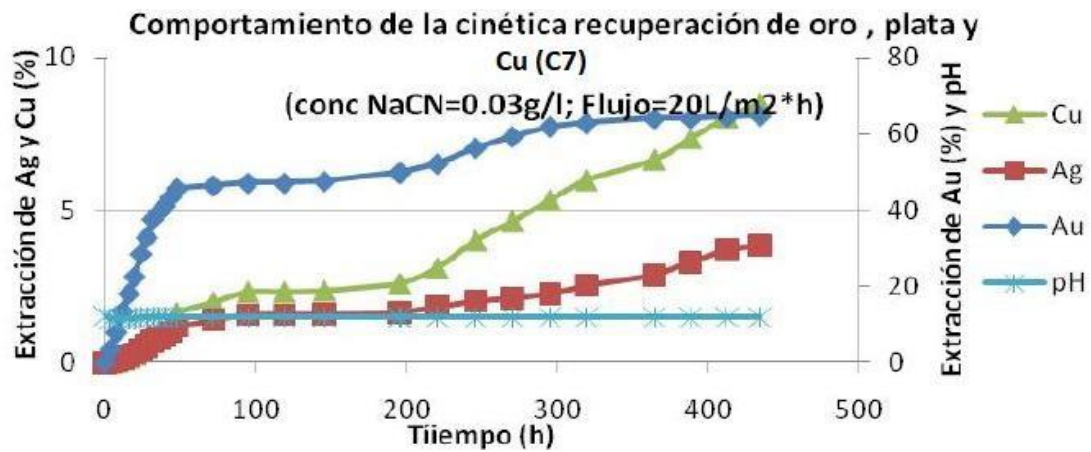


FIGURA N° 3. Cinética de recuperación de oro e impurezas de la C7.

Fuente: Figueredo, M. et.al. (2015), p.9

El gráfico de la FIGURA N°3 muestra que a los 12 días se alcanzó la máxima recuperación de oro, sin embargo el cobre se continúa extrayendo aunque con una baja recuperación del orden de un 6-7%. El comportamiento observado para la plata indicó una muy baja recuperación. También se observó que el pH como promedio se mantuvo alto del orden de 11,82 lo cual indicó que se logró operar con las condiciones requeridas para una operación eficiente con el mínimo consumo de cianuro. Estas condiciones permitieron mantener una baja disolución del cobre (P. 10)

TABLA 4. *Análisis granulométrico de la muestra estudiada*

Fracción (mm)	% en peso	Ley de Au (g/t)	Recuperación (%)	Cu (%)	Recuperación (%)
-6,35+3,35	23,26	1,54	28,59	0,027	20,10
-3,35+1,0	23,26	1,50	27,59	0,033	24,50
-1,0+0,5	4,71	1,40	5,27	0,048	7,23
-0,5+0,25	4,74	2,59	9,81	0,054	8,20
-0,25+0,15	3,87	0,90	2,76	0,049	6,06
-0,15+0,074	1,53	1,21	1,48	0,023	1,13
-0,074+0,045	2,98	0,83	1,97	0,022	2,10
-0,045+0,038	0,53	0,93	0,39	0,022	0,37
-0,038	35,12	0,78	21,87	0,027	30,32
Total	100,00	1,253	100,00	0,031	100
Ley de Au cabeza		1,253			

Fuente: Figueredo, M. et.al. (2015), p.5

Como se observa en la TABLA 4 la ley de oro por cabeza recalculada coincidió con la ley de oro cabeza directa. La distribución de oro en las distintas fracciones analizadas es homogénea, observándose en las fracciones bajo 1mm un contenido de finos alto del orden de 53,5 %, lo cual indicó la necesidad de aglomerar la muestra para la lixiviación por percolación. La distribución obtenida para el cobre mostró una distribución homogénea en todas las fracciones estudiadas

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES

Conclusiones

Se logró Optimizar la Recuperación del Oro en el Proceso de Lixiviación en Pilas (Heap Leaching), con el manejo de parámetros durante el proceso de lixiviación como la densidad de pulpa, tamaño de pulpa, concentraciones de cianuro, tamaño de partícula, control de minerales secundarios, control de acidificación (pH) con los cuales se obtuvieron mejoras óptimas de recuperación de oro.

RECOMENDACIONES

A las personas dedicadas al rubro minero, lean el presente trabajo para poder tomar como antecedente, profundicen el tema y contribuyan a mejorar los estudios enfocados al proceso de lixiviación en pilas del oro para obtener una mejor recuperación del mineral.

A los investigadores futuros que ahonden un poco más el tema, para que puedan tomar mejores decisiones, realizar ensayos tanto en cantidad y calidad de tal modo que se obtenga resultados más eficaces, para poder optimizar la recuperación del oro.

A la Universidad Privada del Norte publique de manera virtual mediante su página web la presente investigación para que sea base de las investigaciones venideras, con el fin de contribuir al desarrollo minero, controlar el impacto socioambiental y en especial a desarrollar una minería sostenible.

REFERENCIAS

- Yin, W., Tang, Y., Ma, Y., Zuo, W., & Yao, J. (2017). Comparison of sample properties and leaching characteristics of gold ore from jaw crusher and HPGR. *Minerals Engineering*, 140 - 147. Recuperado el 20 de Enero de 2019, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0892687517301553>
- Aazami, M., Lapidus, G., & Azadeh, A. (2014). The effect of solution parameters on the thiosulfate leaching of Zarshouran refractory gold ore. *International Journal of Mineral Processing*, 43 - 53. Recuperado el 19 de Enero de 2019, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301751614001008>
- Asamoah, R., Skinner, W., & Mensah, J. A. (2018). Alkaline cyanide leaching of refractory gold flotation concentrates and bio-oxidised products: The effect of process variables. *Elsevier*, 79 - 93. Recuperado el 20 de Enero de 2019, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304386X17308484>
- Baghalha, M. (2017). Leaching of an oxide gold ore with chloride/hypochlorite solutions. *International Journal of Mineral Processing*, 178 - 186. Recuperado el 19 de Enero de 2019, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030175160600192X>
- Bas, A. D., Safizadeh, F., Ghali, E., & Choi, Y. (2016). Leaching and electrochemical dissolution of gold in the presence of iron oxide minerals associated with roasted gold ore. *Hydrometallurgy*, 143 - 153. Recuperado el 20 de Enero de 2019, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304386X16303668>
- Figueredo, M., & et.al. (2015). Cinética de Lixiviación por Percolación con Solución de Cianuro de Sodio de minerales Auríferos de menas oxidadas. *Tecnologías para el Procesamiento y Explotación de Minerales Metálicos y No Metálicos*, 1 - 13. Recuperado el 20 de Enero de 2019, de <http://www.redciencia.cu/geobiblio/paper/2015-Merida-MIN6-O4.pdf>
- Holley, E., Yu, Y. T., Navarre, A., & Winterton, J. (2018). Quantitative mineralogy and geochemistry of pelletized sulfide-bearing gold concentrates in an alkaline heap leach. *Hydrometallurgy*, 138 - 142. Recuperado el 20 de Enero de 2019, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304386X18300951>
- Hoummady, E., & et.al. (2017). A multi-analytical approach to the study of uranium-ore agglomerate structure and porosity during heap leaching. *Hydrometallurgy*, 33 - 43. Recuperado el 19 de Enero de 2019, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304386X16309574>

- López, A. (2014). *Efecto de la densidad de Pulpa y de la concentración de Cianuro en la Lixiviación por AGitación para la recuperación del Oro en la Planta de beneficio Doble D, Arequipa*. Puno: Universidad del Altiplano.
- Manning, T., & Kappes, D. (2016). *Heap Leaching of Gold and Silver Ores*. Developments in Mineral Processing.
- Martens, E., Prommer, H., Dai, X., Sun, J., & Breuer, P. (2017). Feasibility of electrokinetic in situ leaching of gold. *Accepted Manuscript*, 70-78. Recuperado el 20 de Enero de 2019, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304386X17306321#!>
- Snyders, C., Akdogan, G., Bradshaw, S. M., & Smith, R. (2018). The development of a caustic pre-leaching step for the recovery of Au from a refractory ore tailings heap. *Minerals Engineering*, 23 - 30. Recuperado el 19 de Enero de 2019, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0892687518300864>

ANEXOS