

Utilización del Carburo de Calcio para la recuperación de Oro a partir de minerales refractario arsenicales

Use of Calcium Carbide for Gold Recovery from Arsenic Refractory Minerals

Manuel Shishido Sanchez¹, Edmundo Alfaro Delgado² Adolfo Pillihuaman Zambrano³

Recibido: Agosto 2015 - Aprobado: Diciembre 2015

RESUMEN

La Arsenopirita, FeAsS, es un mineral que se encuentra frecuentemente en asociación con oro. En este tipo de mineral, el oro se suele encontrar en forma sub-microscópica, encapsulado en la matriz del mismo mineral, o bien constituyendo una solución sólida, lo cual dificulta o impide la recuperación del oro mediante las técnicas disponibles de lixiviación. Inclusive, una molienda muy fina no logra romper la matriz en la que se encuentra el oro, inhabilitando el acceso a las soluciones de lixiviación.

Algunas alternativas conducentes a la recuperación de oro a partir de aquellos minerales, consisten en oxidación química, oxidación a presión, oxidación bacteriana y tostación oxidante, (muy contaminante por generación de gases de As₂O₃ y SO₂).

El presente estudio pretende identificar las condiciones para ruptura de la matriz de la Arsenopirita para con ello continuar con el proceso tradicional de la cianuración. Para ello se experimentó con minerales concentrados, conteniendo Arsenopirita Aurífera.

Palabras clave: oro; recuperación; cianuración; carburo de calcio; arsenopirita.

ABSTRACT

The arsenopyrite, FeAsS, it is a mineral that is commonly found associated with gold. In this kind of mineral, Gold is presented in sub-microscopic size particles, encapsulated in a matrix of the same mineral or forming a solid solution, this does not allow the recovery of gold with the available lixiviation techniques. Moreover, a fine grinding does not a chive to break the matrix in which the gold is located, not allowing the lixiviation solutions to come in.

Some alternatives that lead to the recovery of gold from those minerals include chemical oxidation, oxidation under pressure, bacterial oxidation and roasting oxidation (which is very polluting due to the emission of As₂O₃ y SO₂ gases

The aim of the following study is to identify the conditions to break the arsenopyrite matrix for continuing the usual process of cyanuration. For doing so, experiments were carried out containing arsenopyrite with gold contents.

Keywords: Gold; Recovery; cyanidation; calcium carbide; Arsenopyrite.

1. Investigador de Posgrado. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima. Perú. mshishido@pucp.edu.pe

2. Profesor. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima. Perú. ealfaro@pucp.pe

3. Profesor. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima. Perú; apillihuaman@pucp.pe

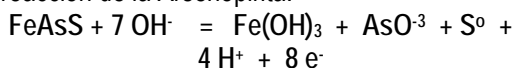
I. INTRODUCCIÓN

La Arsenopirita es una de las especies minerales comunes en las que se encuentra presente el arsénico y frecuentemente asociado con oro. Las formas en las que se encuentra asociado el oro a la Arsenopirita son diversas, siendo las más comunes en fracturas FeAsS y formando una solución sólida.

La recuperación del oro contenido en la Arsenopirita, se dificulta por métodos convencionales de extracción, dado que al estar atrapado en la matriz de la Arsenopirita, y con fuertes asociaciones sub microscópicas, origina que estos minerales tengan un carácter fuertemente refractario a la cianuración y otros métodos de lixiviación, (White, Chen, Petruk, Weir y Marsden).

El procedimiento más utilizado para este tipo de mineral, ha sido la tostación, seguido de una etapa de cianuración. La tostación presenta el serio problema de la generación del gas altamente contaminante de tri-óxido de arsénico, As₂O₃, junto con el dióxido de azufre, SO₂. (Weir, Demopoulos, Berezowski)

Los procesos hidrometalúrgicos (Demopoulos, Bureau of mines, Aguayo) se presentan como alternativas al proceso de tostación. Ellos se han de basar probablemente en la siguiente reacción de la Arsenopirita:



Analizando el diagrama: Eh – pH para el sistema Fe – S – S – H₂O Figura 1, se observa la zona de estabilidad para la Arsenopirita en un rango amplio de pH y a potenciales relativamente bajos. (- 0.1 a - 0.95 V aproximadamente).

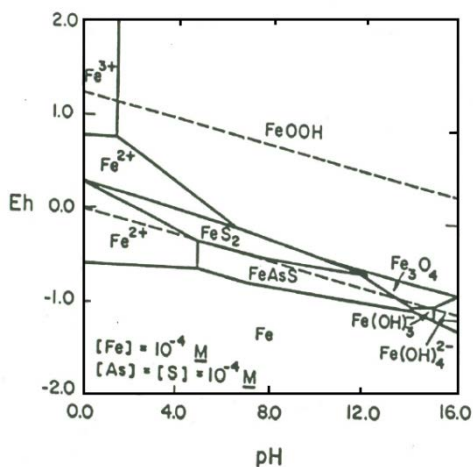


Figura N° 1: Diagrama Eh – pH para el sistema Fe – As – S – H₂O

Es decir, a valores moderados de potencial y pH fuertemente alcalino, la Arsenopirita puede descomponerse en ion, generando así una posibilidad de ruptura de la matriz y permitir el acceso al oro contenido mediante un proceso hidrometalúrgico.

Este artículo describe los resultados obtenidos de la experimentación con minerales concentrados con contenidos de Arsenopirita y la aplicación de procesos que pretenden la alteración de la matriz mineral de la Arsenopirita y luego la disolución del oro contenido.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron tres minerales refractarios de oro procedentes de yacimientos de la Sierra Central del Perú, (Minerales I, II y III). Estos minerales se sometieron a operaciones de chancado, molienda y concentración, obteniéndose concentrados con una granulometría de 95% a - 400 mallas.

Se utilizó el reactivo carburo de calcio, el reactivo CP12 como dispersante y el cianuro de sodio en lixiviación del mineral. La composición química de los minerales utilizados, se muestra en la Tabla N° 1.

Tabla N° 1: Composición química de los minerales utilizados

Mineral	Au (g/TM)	Ag (g/TM)	Cu (%)	Fe (%)	As (%)
Mineral I	43	0.0	0.74	21.1	0.30
Mineral II	4.89	52.6	0.094	30.44	22.37
Mineral III	39.33	139.3	1.8	39.08	17

Los equipos utilizados son: la chancadora de quijadas, el molino de bolas, la celda de flotación, el agitador de paletas, el rotap y el horno de secado para muestras minerales. La Figura N° 2 muestra los equipos utilizados.



a)

b)

c)



d)

e)

f)

g)

Figura N° 2: Equipos utilizados en el desarrollo de la investigación: (a) Chancadora de quijadas (b) Molino de bolas (c) agitador de paletas (d) rotap (e) celda de flotación (g) horno de secado.

2.1 Procedimiento Experimental

Para la realización de las pruebas de cianuración con el uso del reactivo de carburo de calcio se siguió el siguiente procedimiento:

- Se cargó el molino de bolas con 100 g. de mineral refractario y 50 g. de agua.
- Se agregó el reactivo carburo de calcio en proporciones de 1, 2 y 5 kg/TM
- Se agregó cianuro de sodio hasta llegar a una concentración final de 5000 ppm
- Se agregó dispersante CP12 en proporciones de 3, 6 y 9 kg/TM.
- Se agregó 1.4 g de óxido de calcio para lograr un pH de 10.5 a 11 y se molió el mineral durante de 30 minutos hasta una granulometría de 95% abajo de 400 μm
- Se descargó a un vaso de precipitados, con una pulpa de 20 - 33% de sólidos.
- Se dejó acondicionar por 10 minutos, dejándose cianurar por 24 horas continuas por agitación.

El procedimiento experimental fue repetido en todas las pruebas, con los 3 tipos de mineral refractario.

III. RESULTADOS Y DISCUSION

En los experimentos metalúrgicos de laboratorio, las condiciones de operación fueron similares para determinar el nivel de optimización que presenta el reactivo carburo de calcio en el proceso de extracción de oro por cianuración. Después de determinar las variables de operación con el mineral (I), se realizaron pruebas experimentales con los concentrados de minerales (II) y (III). A continuación se muestra los resultados de los experimentos realizados con el mineral (I).

3.1 Influencia de la granulometría del mineral

Experimentalmente se determinó la granulometría necesaria para una mejor recuperación de oro, en un proceso de

cianuración convencional, dando como resultado un 16.2 % de recuperación, como se muestra en la Figura 3, observándose que una granulometría muy fina, 100% a - 400 mallas, perjudica la disolución de oro por la producción de lamas. Tomando como base la granulometría de 95% a -400m se procedió a las pruebas experimentales de cianuración convencional sin y con adición del reactivo carburo de calcio.

3.2 Influencia de la adición de carburo de calcio

Se realizaron pruebas experimentales de cianuración, adicionándose carburo de calcio en la remolienda, en diferentes proporciones (expresadas en kg por TM de mineral), como se muestra en la Figura 4. Se observa una recuperación de 18% de oro con 5 kg/TM de adición de carburo de calcio. Además se observa que el uso de una mayor cantidad de carburo de calcio en molienda disminuye la cinética de cianuración.

Esto se debe a que la reacción de oxidación con el agua, que genera compuestos aglomerantes como CaO, propios del reactivo, que afectan a las partículas de mineral perjudicando el contacto con el cianuro de sodio y por ende la recuperación. Teniendo este resultado se utilizó un reactivo dispersante con el fin de optimizar el proceso.

3.3 Influencia del tipo de medio de molienda

La Figura 5 muestra la comparación de recuperación de oro en la cianuración, adicionando carburo de calcio en la remolienda y utilizándose dos diferentes medios de molienda, bolas de acero y de cerámica. Se observa una recuperación de oro del 18% con adición de 5 kg/TM de carburo de calcio y utilizando como medio de molienda bolas de acero. Se explica este resultado debido a la mayor fuerza de impacto de la bola de acero para favorecer la formación de grietas submicroscópicas en la superficie del mineral mejorando la recuperación de oro en la cianuración.

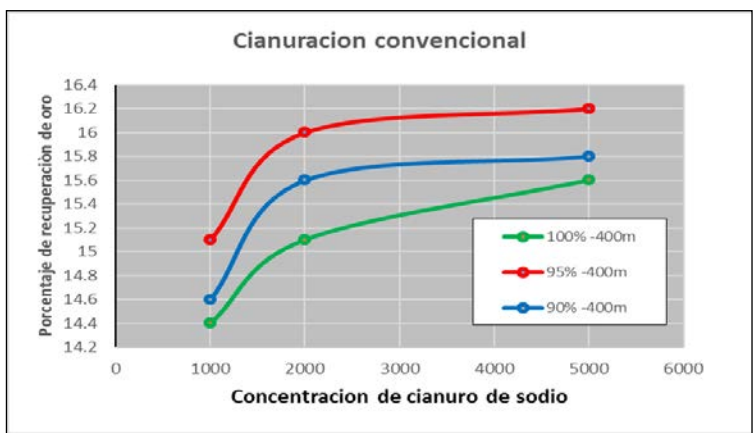


Figura N° 3: Influencia de la granulometría del mineral (I)

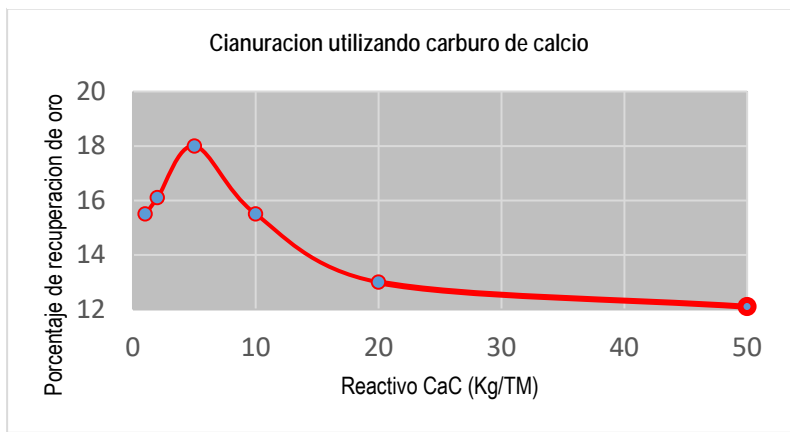


Figura N° 4: Influencia del carburo de calcio

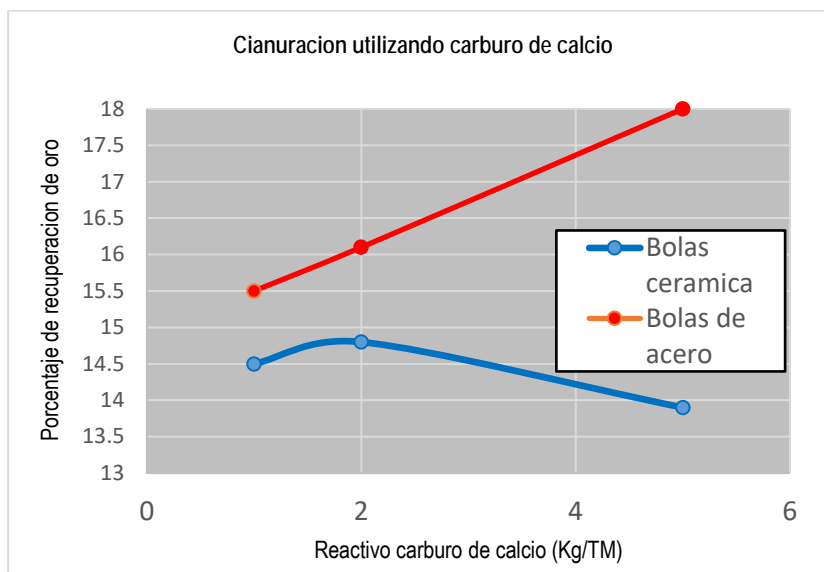


Figura N° 5: Influencia del tipo de medio de molienda

3.4 Influencia de la utilización del reactivo dispersante

La Figura 6 muestra una comparación de la recuperación de oro en la cianuración, con adición de carburo de calcio y reactivo dispersante CP12 en la remolienda; luego con adición de carburo de calcio en la remolienda y adición del dispersante CP12 en la agitación al momento de cianurar. Se observa una recuperación en la cianuración de 19%, con adición de 3 kg/TM de dispersante CP12, cuya función es controlar las lamas presentes, producto de la molienda fina del mineral. También se observa que un aumento del dispersante es perjudicial para la recuperación de oro en la cianuración.

3.5 Comparación de la recuperación de oro en los concentrados de minerales (I), (II) y (III)

Se realizaron pruebas experimentales comparando la recuperación de oro utilizando los parámetros de cianuración del concentrado de Mineral (I).

La Figura 7 muestra esta comparación con adición de 5 Kg/TM de carburo de calcio, y sin adición de carburo. Se puede observar que la recuperación de oro del mineral (III) se incrementó de 12.0% hasta 21.6%

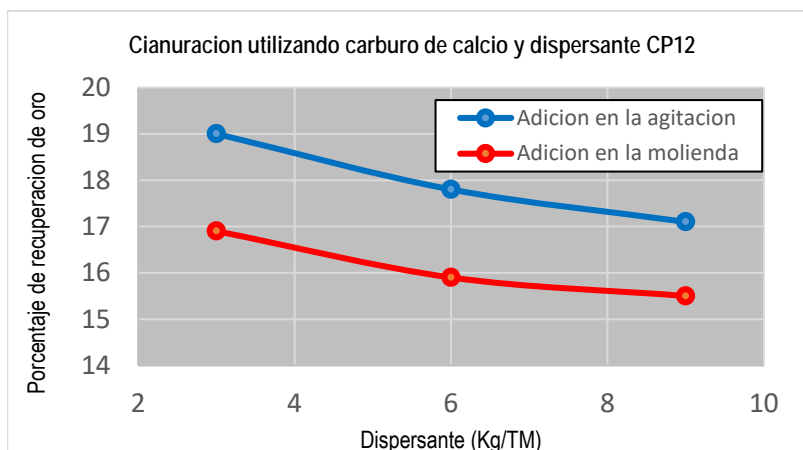


Figura N° 6: Influencia de la utilización del reactivo dispersante

De las pruebas realizadas, se observó que el reactivo propuesto no constituiría un proceso estándar que pudiera aplicarse a todo mineral y/o concentrado refractario, ya que la mineralogía de la parte valiosa y de la ganga mineral han de ser completamente diferentes de mineral a mineral, constituyendo un proceso y una dosificación propia, que se deben parametrizar, optimizando la recuperación de oro.

El proceso no contempla el uso de presión, temperatura autoclaves, reactivos fuertemente oxidantes, (p. ej. hipoclorito y peróxido de hidrógeno), solo se adiciona carburo de calcio en la etapa de la remolienda. Durante la experimentación se logró recuperación de hasta 21.6%, como en el caso puntual del mineral (III).

IV. CONCLUSIONES

De acuerdo a las pruebas experimentales, se concluye lo siguiente:

1. Con una granulometría de mineral en remolienda de 95% a -400 μm se obtiene 16.2% de recuperación de oro, utilizándose como medio de molienda bolas de acero.
2. Se obtiene una recuperación de oro de 18% con la adición de 5 kg/TM de carburo de calcio y con una granulometría de 95% a -400 μm en la remolienda del mineral, utilizándose como medio de molienda bolas de acero.

3. Se obtiene una recuperación de oro de 19% con la adición de 3 kg/TM de dispersante CP12, en la cianuración por agitación, habiendo procesado el mineral previamente con la adición de 5 kg/TM de carburo de calcio y una granulometría de 95% a -400 μm en la remolienda del mineral, utilizándose como medio de molienda bolas de acero
4. El carburo de calcio utilizado en la cianuración de los minerales, mejora la recuperación de oro en comparación de un proceso convencional.
5. Las pruebas realizadas y el reactivo propuesto no podrían adaptarse a un proceso estándar que pudiera aplicarse a cualquier mineral refractario, ya que la mineralogía de la parte valiosa y la ganga mineral es completamente diferente de mineral a mineral.

V. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Programa Nacional de Innovación para la Competitividad y Productividad, Innovate-Perú, entidad que pertenece al Concytec, por el financiamiento para la realización de este proyecto de investigación 211-Fincyt-IA-2013.

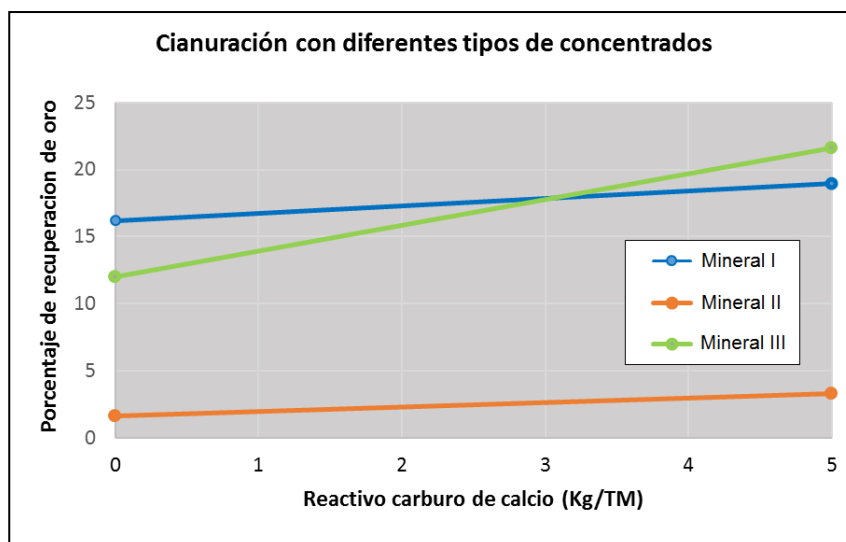


Figura N° 7: Comparación de recuperación vs carburo de calcio en diferentes concentrados

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Adams, Mike D. (2005) *Advance in Gold Ore Processing*, Western, Australia: Elsevier
2. Jiantao Chanz, Shen Shaobo, Cheng Yao, Lam haifeng, Huxing, Wang Fuming (2014) *Dual Lixiviant Leaching process for extraction an recovery of gold from ores at room temperature* recuperado de Elsevier <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304386X14000413>
3. Shin Doyun, Jeon Jinki, Lee Sujeong, Pandey B.D., Lee Jae-chun (2013) *evaluation of bioleaching Factors on gold recovery from ore by cyanide-producing bacteria* recuperado de Elsevier <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0892687513000939>
4. Menacho Jorge, Casas Jesus (Quebecor world)(2008) *Hidroprocess2008*. Santiago, Chile
5. Mular Andrey, Halve Doug, Barratt derek (2002) *Mineral processing plant desing, practice, and control*. Littleton Colorado, EEUU: Society for mining, metallurgy and Exploration, INC