

PROCESO SEVERO

PALACIOS C. SEVERO

Investigador Metalúrgico

Celular 01-96696214

espc02@yahoo.com

RESUMEN

El trabajo de Lixiviación se desarrolla en Menas, Concentrados y Material Refractario (sulfurado), en pulpa o partículas (agitación o pilas) a temperatura ambiente con tiempo de lixiviación mínimo de quince días, usando como medio el ácido sulfúrico concentrado adicionando sales oxidantes como los cloruros y nitrato de sodio o nitrato de amonio en distintas proporciones. Los resultados obtenidos respecto a la recuperación de oro alcanzan el 98%.

Si el oro está encapsulado en el cuarzo o arena aurífera, deberá adicionarse fluoruro de sodio (nunca usar el calcio, porque forma yeso que entorpece el proceso) con la finalidad de disolver el cuarzo, no disuelve ni forma complejos con el oro, además sirve para dejar en libertad metales nobles como el titanio, platino, talio, germanio, etc. los cuales luego son recuperados con el medio lixivante al cual he denominado **Proceso SEVERO**.

La adición de sales a la pulpa ácida, tiene por finalidad producir cloro y agua regia in situ, lixivante enérgico para recuperar elementos nobles de concentrados o minerales auríferos.

Palabras claves: sales oxidantes, cloro nascente, agua regia in situ, Hidrometalurgia.

ABSTRACT

The work gives Leaching it is developed in Fewer, Concentrated and Refractory Material (sulphurized), in pulp or particles (agitation or piles) to ambient temperature in advance gives leaching minimum he/she gives fifteen days, using like half the concentrated sulphuric acid adding salts oxidizers like the chlorides and sodium nitrate or ammonium nitrate in different proportions. The obtained results regarding the recovery give gold they reach 98%.

If the gold this encapsulated in the quartz or auriferous sand, fluoride of sodium will be added (the calcium will never be used, because form plaster that hinders the process) with the purpose and to form sour fluorhídrico that is the solvent of the quartz, more doesn't dissolve the gold neither complex less form with the gold, it is also good to leave in you liberate noble metals as the titanium, platinum, talio, germanium, etc. those which then are recovered with the means lixivante to which I have denominated SEVERO Process.

The addition of salts to the sour pulp has for purpose to produce nascent chlorine and regal water in situ, energetic leaching to recover noble elements of concentrated or auriferous minerals.

Key words: salt oxidizers, nascent chlorine, aqua regia in situ, hydrometallurgy.

BENEFICIOS:

- Residuos productos de la lixiviación se utilizan como fertilizantes.
- No se utiliza cianuro en ninguna etapa del proceso.
- Tiempo de lixiviación, más rápido que la cianuración.
- Recuperación de oro sobre 95% a nivel industrial.
- Lixivia minerales: refractarios, sulfurados, encapsulados y rípios productos de cianuración.
- Todo el circuito de operación trabaja a medio ambiente.
- Se recupera el oro de la solución mediante la resina aniónica (espc02) selectiva, en vez de carbón activado.
- Si el mineral presenta altos contenidos de cobre, arsénico, antimonio, cinc, y otros elementos cianógenos, el Proceso SEVERO, opera sin restricción alguna.
- Trabaja con las diversas formas de minerales existentes en la naturaleza.

INTRODUCCIÓN

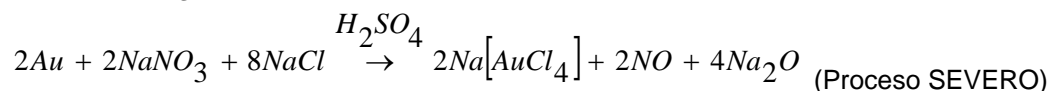
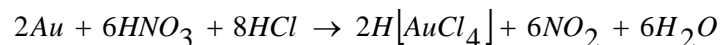
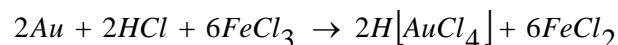
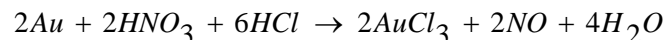
El cianuro de sodio ha sido el reactivo de lixiviación preponderante para el oro, debido a su excelente extracción de una gran variedad de menas y su bajo costo. Si bien el cianuro es un lixivante poderoso para oro y plata, no es selectivo y forma compuestos complejos con una variedad de iones metálicos y minerales.

Las velocidades de cianuración son relativamente lentas y la industria ha estado investigando reacciones de lixiviación de oro más rápidas, que sean capaces de alcanzar extracciones de oro muy altas. Debido al elevado valor del metal amarillo, incluso pequeños incrementos en la recuperación son siempre preferibles para mejorar la velocidad de lixiviación.

Por otro lado la aplicación de los métodos hidrometalúrgicos en el oro, especialmente la lixiviación cianurada, que tiene una aplicación mayoritaria en el tratamiento de minerales oxidados, han dado lugar al desarrollo de técnicas ecológicas e innovadoras de lixiviación, extracción por carbón activado, extracción por solventes y electrodeposición del oro, con la finalidad de obtener cátodo de oro de gran pureza. El desarrollo del **Proceso SEVERO** el cual es una técnica de lixiviación con sales oxidantes permite procesar por vía hidrometalúrgica las diversas formas de minerales auríferos presentes en la naturaleza.

Los procesos evolutivos de utilización del oro y que tiene como parámetros limitantes el incremento de precios de sus diferentes productos ocasionales por la elevación de los costos de producción los que a su vez son parte estructural de las tecnologías que se usan y que en muchos casos contienen procesos con carácter innecesario, lo indicado motiva que los procesos de lixiviación y su posterior recuperación por procesos electrolíticos sea de análisis en los estudios para obtener el oro como producto derivado de él.

LIXIVIACIÓN DEL ORO EN DIVERSOS MEDIOS ÁCIDOS

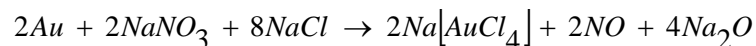


PROCESO OPERATORIO DE LIXIVIACIÓN

El presente proceso es innovativo y ecológico (tecnología cien por ciento peruana) para la recuperación de oro de menas, concentrados y material refractario (sea por agitación, en pilas o inundación), el cual se ha Patentado como **Proceso SEVERO**. La lixiviación se realiza mediante la adición de sales oxidantes en medio ácido, tiene las siguientes ventajas frente a los procesos convencionales:

- Alta sensibilidad a elementos incrustados en las menas de Pb, Cu, Zn, Sb, etc. No interacciona con el azufre residual liberándolo del proceso.
- Alta recuperación del oro y elementos nobles: platino, paladio, iridio, rodio, osmio, rutenio, titanio, germanio, talio, etc. de las arsenopiritas y calcopiritas.
- Recuperación satisfactoria del oro de menas refractarias.
- Regeneración del lixivante adicionando sales y precipitando sales.

Las sales con el oro forman un complejo aniónico en medio ácido, siendo su mecanismo de reacción:

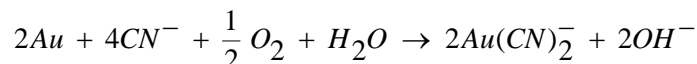


Esta reacción es rápida y logra extracciones de oro hasta un 98%. La principal ventaja es que se recicla la solución lixivante. Además no se genera gas de dióxido de nitrógeno que es venenoso y tóxico.

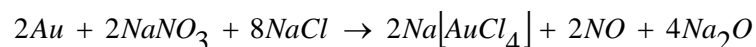
QUÍMICA DE LA LIXIVIACIÓN

Las reacciones de lixiviación del oro con cianuro y sales oxidantes son mostradas a continuación:

CIANURACIÓN



SALES OXIDANTES



Las ventajas existentes para el proceso en estudio son:

➤ La reacción con sales oxidantes utiliza como lixivante el nitrato y cloruro de sodio, formando por la reacción con el medio ácido el cloruro de nitrosilo NOCl. Por lo tanto, cinéticamente la lixiviación con sales oxidantes es función de la concentración del ácido y sales.

➤ Las sales disueltas del oro forman compuestos complejo (H[AuCl₄], Au[AuCl₄]) de oro (I) y (III) estables en el medio. Las sales forman un ligando de cloruro y nitrosilo con el oro.

Para la recuperación del oro, plata, titanio, germanio, talio, platino, etc. del mineral, el costo de las sales es insignificante.

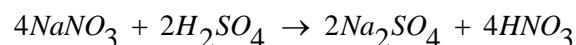
La recuperación del oro del medio lixivante se desarrollo mediante la resina aniónica espc02.

MECANISMO DE REACCIÓN

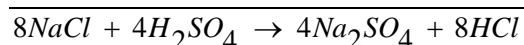
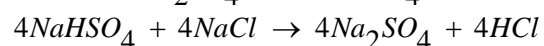
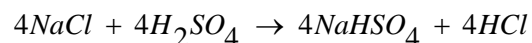
Si en la mena aurífera existe plata, cobre, rutilo, germanio, platino, titanio, talio, etc. dichos elementos valiosos son lixiviados bajo la siguientes semi reacciones:

SEMI REACCIONES

El ácido nítrico se forma mediante la interacción del nitrato de sodio, amonio o potasio, adicionando ácido sulfúrico concentrado, siendo el mecanismo de reacción:



Para obtener ácido clorhídrico se hace reaccionar cloruro de sodio, cloruro cuproso, cloruro férrico o cualquier cloruro adicionando ácido sulfúrico concentrado, siendo el mecanismo de reacción en dos etapas:

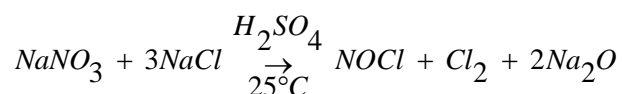


Notará que el cloruro de sodio en reacción con el ácido sulfúrico concentrado primeramente forma bisulfato, en una segunda reacción recién forma sulfato de sodio, así mismo en la reacción existe un exceso de cloruro de sodio lo cual forma un exceso de ácido clorhídrico, el cual es benefactor para la lixiviación de los metales nobles (especialmente para la lixiviación de la plata) presentes en el mineral.

El nitrato de sodio o potasio es de calidad industrial (fertilizante) o comercial el cual interactúa con el medio ácido produciendo ácido nítrico naciente In Situ. El cloruro de sodio de igual manera es de calidad comercial.

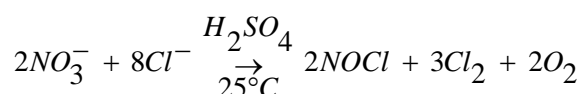
Dichas reacciones favorecen en el proceso para poder lograr formar el cloruro de nitrosilo. La formación de **agua regia** in situ es mucho más energética que el agua regia obtenida al hacer reaccionar el ácido nítrico y clorhídrico concentrado, ya que el agua regia a partir de sales oxidantes se genera en el medio, de tal manera que disuelve todo el material valioso sin eliminarse (evaporarse) como ocurre con los ácidos comunes.

La generación de cloruro de nitrosilo, NOCl, se desarrolla al hacer reaccionar las sales oxidantes en el medio ácido, es necesario controlar la cantidad de las sales, ya que un exceso del nitrato genera la formación de gas NO₂, el exceso de cloruro de sodio, genera la formación de compuestos de cloro (indeseables en el medio). La ecuación que se adjunta a continuación es recomendable para desarrollar el presente proceso.



REACCIÓN DEL LIXIVIANTE

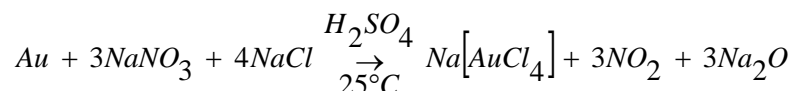
La reacción general del proceso de lixiviación se desarrolla bajo:



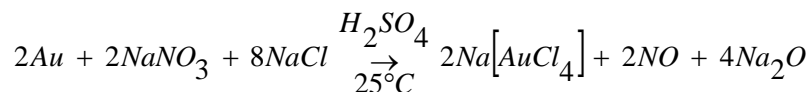
Siendo el cloruro de nitrosilo, NOCl, parte importante en el proceso de formación del agua regia en el medio.

REACCIÓN CON EL MINERAL AURÍFERO

La interacción del mineral aurífero con el medio lixiviante se desarrolla bajo la reacción:



Dicha reacción no es recomendable por la generación del gas NO₂, que es altamente tóxico, por lo que se ha desarrollado la siguiente reacción química que es bastante favorable para el proceso de lixiviación con sales oxidantes:

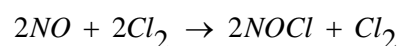


Notará que se obtiene NO, óxido nítrico, el cual luego es regenerado a cloruro de nitrosilo, dicho mecanismo lo vemos en el siguiente párrafo.

Podrá establecer usted amable lector que la adición de las sales oxidantes es muy importante en el presente proceso, por lo que es necesario dosificar adecuadamente de tal manera evitar la contaminación del medio ambiente, ya que el presente proceso es ecológico, y loable ya que se regenera la solución lixiviante para procesos posteriores de tratamiento de mineral fresco.

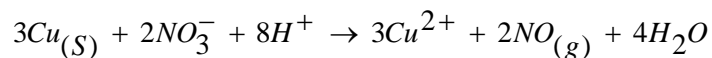
RECICLADO DEL ÓXIDO NÍTRICO

Dicha reacción es espontánea ya que la presencia del ion cloro (en exceso) en el medio interactúan con el óxido nítrico y genera cloruro de nitrosilo y cloro nascente, por lo tanto el gas nitrosilo siempre estará presente en dicho medio lixiviante, bajo la siguiente reacción:

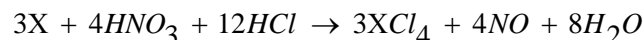


El óxido nítrico (NO), a pesar de su carácter endotérmico, es perfectamente estable en condiciones normales.

NOTA: El cobre reacciona con el ácido nítrico concentrado dando el gas dióxido de nitrógeno, de color pardo rojizo, mientras que con el mismo ácido diluido forma el óxido nítrico, incoloro:



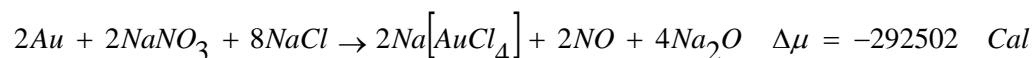
El agua regia obtenido a partir de sales oxidantes in situ, tiene acción mucho más enérgica que el obtenido por la mezcla de ácidos. El oro, platino, titanio, germanio, paladio, iridio, rodio, osmio, rutenio son disueltos para dar los compuestos clorurados, según el mecanismo de reacción:



TERMODINÁMICA DE LIXIVIACIÓN DEL ORO

La termodinámica define el estado de equilibrio a que deberá llegar finalmente la reacción de lixiviación en las condiciones dadas, aunque en la práctica no se logre alcanzar el equilibrio.

La termodinámica nos indica que reacciones son posibles y cual no, por lo tanto para las ecuaciones se obtuvieron los siguientes valores:



Dicha reacción es factible ya que la energía libre es espontánea, no requiriendo energía externa para su formación.

Por tal motivo es importante estudiar la termodinámica primero, antes de desarrollar cualquier trabajo que pueda entorpecer el estudio.

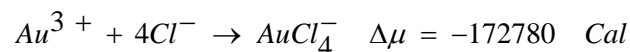
Los diagramas de estabilidad (E-pH) son representaciones termodinámicas del sistema que permiten visualizar de una manera global las zonas de estabilidad de los elementos y compuestos basándose en el pH y el potencial del proceso de oxidación y reducción.

Dichas variables son tan importantes para mostrar la extensión de las reacciones. Las cuales se pueden expresar mediante ecuaciones en que intervienen las variables mencionadas.

Siempre hay que tener presente que los diagramas representan, en cuanto a exactitud, por los datos experimentales un aproximado a la realidad. En dicho caso no se considera la cinética del proceso involucrado. Los diagramas de estabilidad es una herramienta muy valiosa para el estudio de los procesos de lixiviación. El conocimiento real de las variables permite tener una visión muy clara de lo que esta ocurriendo en el proceso desde el punto de vista de las especies que están presentes en el medio.

CONSIDERACIONES TERMODINÁMICA

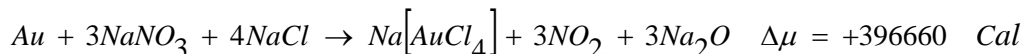
Una primera evaluación termodinámica, indica que la disolución del oro usando sales oxidantes a temperatura ambiente es un proceso atractivo, que se muestra a través de las siguientes reacciones:



La estabilidad del complejo es parte importante para su extensión en el medio, por lo cual es importante que la reacción sea de izquierda a derecha.

Dicha reacción ocurre en medio ácido, en presencia de sales oxidantes. En particular, esto se puede lograr, adicionando adecuadamente las concentraciones de las sales de nitrato y cloruro de sodio en

el medio ácido, en la que los iones cloro son los controlantes del proceso, un exceso del nitrato genera gas NO_2 contaminante para el medio ambiente.



Dicha reacción no ocurre espontáneamente, ya que requiere energía externa o un exceso de nitrato de sodio con la finalidad de ocurrir, tal como indica la ecuación.

Las especies resultantes de la reacción son AuCl_2^- y AuCl_4^- , pero el oro (III) predomina en la forma del complejo, tal como se observa en la figura 1.

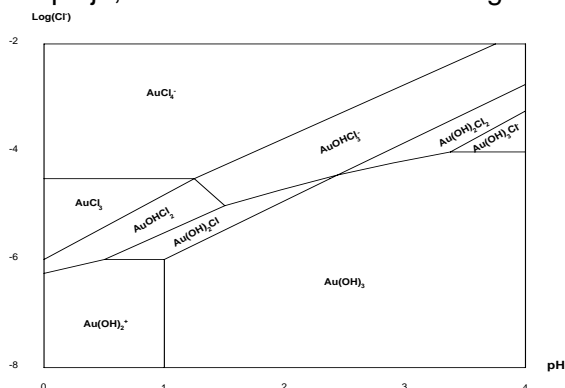


Figura 1 Diagrama de predominancia de áreas de las especies Au(III) , OH^- , Cl^- . Las líneas indican las condiciones bajo las cuales las especies adyacentes están presentes en concentraciones iguales

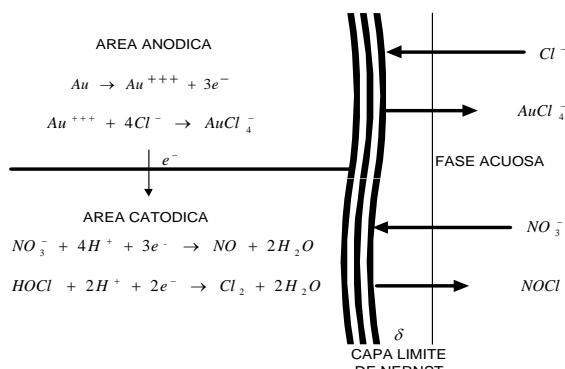


Figura 2 Esquema de la reacción sólido/líquido de la disolución de oro en medio ácido con sales oxidantes.

Como puede observarse en la Figura 1, el oro forma complejos de cloruro e hidróxido en el rango de pH ácido y las altas concentraciones de ion cloruro forman la especie AuCl_4^- es la especie más estable, así mismo es convertida a AuCl_3 a bajas concentraciones del ion cloruro. La especie neutra Au(OH)_3 es muy estable comparada con otras especies de oro, tomando en cuenta el rango amplio de pH y de la concentración de ion cloruro en el cual predomina.

CINÉTICA DE LIXIVIACIÓN DEL ORO

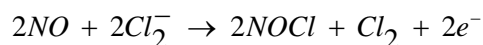
Mientras más amplio sea el tiempo de lixiviación requerido para alcanzar una recuperación deseada de una mena de oro, mayor será la capacidad requerida del volumen de lixiviación y por lo tanto el costo de capital de la planta. En procesos de lixiviación con cianuro, el tiempo de residencia en plantas de oro varía en un rango de 45 a 60 días. En cambio en el proceso de lixiviación con sales oxidantes el tiempo de residencia es de 15 días como mínimo (dependiendo de la variedad de mineral aurífero).

La disolución del oro en medio ácido con sales oxidantes es una reacción heterogénea que ocurre en la interfase sólido-líquido. La velocidad de transferencia de masa de reactantes (sales oxidantes) desde la fase líquida, tiene un efecto importante sobre la cinética total de lixiviación del oro. Así la velocidad de disolución no solo depende de la velocidad de reacción química en la interfase sólido-líquido, sino también de la velocidad de transferencia de masa entre las fases. La velocidad también dependerá del área de la interfase en reacción, el cual se reduce constantemente durante la disolución del oro.

Estudios preliminares han demostrado que la disolución del oro está controlada por la difusión (transferencia de masa) del cloruro y el nitrato de sodio disueltos a través de la capa límite de la interfase sólido-líquido (figura 2). La velocidad de disolución se incrementa con la concentración del cloruro de sodio, el oro puede llegar a pasivarse (por la presencia del cloruro de plata – insoluble en el medio, esto debido a que parte del cloruro disuelto interactúa con la plata por ello se recomienda un exceso de cloruro de sodio) y disminuir su velocidad de disolución a un nivel más bajo y constante.

A bajas concentraciones de nitrato de sodio, el cloruro de sodio tiene efecto sobre la velocidad de disolución del oro, mientras que a elevadas concentraciones de nitrato de sodio – donde la reacción no esta controlada por el nitrato -, la velocidad de reacción depende del cloruro de nitrosilo – NOCl. Las reacciones que ocurren en el proceso están ilustradas en la figura 2, tanto para el área anódica como catódica.

La descarga de oxido nítrico – NO, es instantánea y conduce a una acumulación de cloruro de nitrosilo bajo la siguiente reacción:



En la solución. La lixiviación de minerales auríferos con sales oxidantes es controlada por la difusión. La rapidez de reacción involucra difusión en la capa líquida, de los iones cloro para capturar al ion oro y formar el complejo de cloruro de oro, esto debido a la alta concentración de cloruro de sodio y el ion cloruro causa la alta concentración de cloruro de nitrosilo (fig. 3).

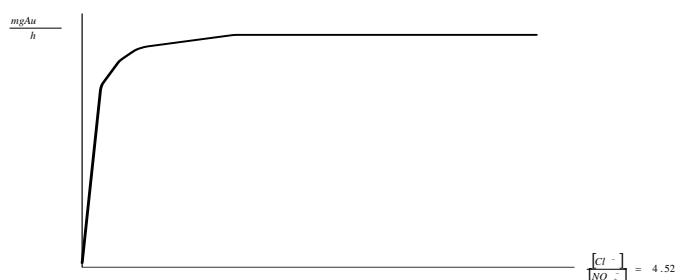


Figura 3 La rapidez de reacción involucra la difusión de la capa líquida de los iones cloro para capturar el ion oro y formar el complejo de cloruro de oro.

$$\left[\frac{Cl^-}{NO_3^-} \right]^4 = 4 \frac{D_{NO_3^-}}{D_{Cl^-}} = 4 \frac{2.59 \times 10^{-5}}{2.29 \times 10^{-5}} = 4.52$$

Por lo tanto, se alcanza la velocidad limite, cuando la razón de concentración de iones nitrato a cloruro en solución es igual a cuatro y punto cinco.

Lo cual corrobora que la ecuación estequiométrica esta bien aplicada por que se requieren una relación de 1:4 de nitrato de sodio a cloruro de sodio.

La razón de las dos concentraciones es de gran importancia. Si se usa un exceso de solución concentrada de cloruro – respecto al nitrato disuelto, éste es desperdiciado.

Por otro lado, si se alcanza a saturar de iones cloruro una solución pobre de ion nitrato, la velocidad de lixiviación será lenta. Para la máxima velocidad de lixiviación con sales oxidantes en un proceso productivo, es importante el control de la concentración de nitrato y cloruro de sodio disuelto en un radio molar óptimo (igual o cercano a cuatro y medio).

Lo cual nos confirma que la ecuación estequiométrica de la lixiviación con sales oxidantes se requiere una relación de uno a cuatro para establecer la disolución del oro presente en el mineral.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Los experimentos de lixiviación con sales oxidantes a minerales auríferos procedentes de la Concesión Minera Huaracane - Moquegua, fueron realizados para establecer el efecto de los factores sobre la disolución del oro metálico.

Todas las pruebas se desarrollaron a temperatura ambiente, y a un tiempo establecido.

El mineral previamente fue molido con la finalidad de liberar al oro, ya que dicho material se encuentra en forma microscópica encapsulado en cuarzo, con una ley promedio de 15 g/t, las sales oxidantes para desarrollar el proceso son de calidad comercial (fertilizantes).

En todas las pruebas se llegan a desarrollar reacción exotérmica (espontánea) con el fin de acelerar el proceso de disolución del oro.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al concluir con las pruebas experimentales, se procedió analizar la extracción de oro de l material aurífero, para lo cual se utilizó el programa estadístico STATGRAPHICS Plus, de cuyo tratamiento de datos se obtuvo la estimación de los efectos de cada uno de los factores siendo este el resultado de dicho análisis:

ÁCIDO SULFÚRICO: El efecto de la concentración de ácido sulfúrico se estudia en el rango de 110 a 120, manteniendo constante la temperatura, el tiempo de lixiviación así como la agitación del proceso. El efecto de la concentración de ácido sulfúrico es positivo con una pendiente pequeña, evaluando dicho factor podemos llegar a la siguiente conclusión, que dicho factor está en su mínimo nivel, debiendo ser maximizado hasta llegar al óptimo, con el fin de poder obtener una máxima extracción de oro del material aurífero.

Comment: Proceso SEVERO	
Estimated effects for Au	
Average	= 98.6274
A: H2SO4	= 0.885365
B: NaNO3	= 1.48441
C: NaCl	= -12.7076
AA	= -7.32279
AB	= 0.25
AC	= 4.75
BB	= -8.73692
BC	= 11.25
CC	= -18.6366

NITRATO DE SODIO: Los resultados obtenidos al desarrollar el experimento factorial con el fin de establecer el efecto de dicho factor, se llegan a la siguiente conclusión, si se incrementa fuera del rango establecido se genera gases tóxicos de dióxido de nitrógeno, altamente contaminante para el medio ambiente.

El objeto de adicionar nitrato de sodio es la generación de ácido nítrico, el cual al interactuar con el ácido clorhídrico genera agua regia in situ, compuesto altamente corrosivo, debiendo de controlarse la dosificación de dicha sal a fin de evitar la formación de gases tóxicos.

El efecto de la concentración del nitrato de sodio esta en su nivel mínimo, debiendo maximizarse hasta llegar al óptimo y obtener buenas extracciones del material valioso.

CLORURO DE SODIO: La dosificación del cloruro de sodio es con la finalidad de producir cloruro de nitrosilo y cloro naciente in situ, los experimentos se llevaron a cabo manteniendo constante la temperatura, el tiempo de lixiviación así como la agitación.

La disolución del oro se incrementa al incrementarse la dosificación de dicha sal, la concentración tiene efecto significativo sobre la solubilidad del oro, debido a que el ion cloro tiene habilidades de formar especies complejas con el oro.

El efecto de dicha sal nos indica que esta en su nivel máximo, indicándonos que al incrementarse sobre el máximo se disminuye la recuperación de oro.

Tal como visualizamos el análisis gráfico del efecto medio podemos establecer que la mayor recuperación para el ácido sulfúrico y nitrato de sodio este cercano al promedio, en cambio el cloruro de sodio esta en su máxima concentración debiendo de ser disminuido hasta llegar al óptimo.

Entre los factores en estudio existe interacción, por lo que no es posible manipular cada factor independientemente, ya que todos los factores están entrelazados para poder desarrollar el **Proceso SEVERO**.

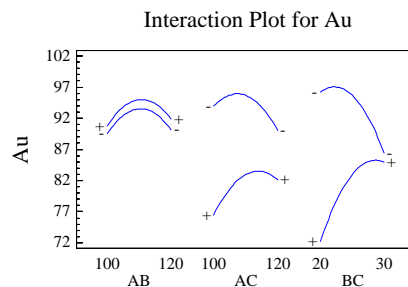
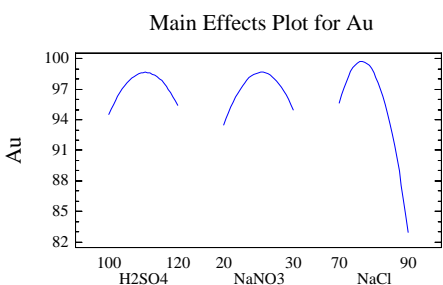


Fig.4 Efectos medios de los factores en recuperación Fig. 5 Interacciones de factores, Proceso SEVERO de oro, Proceso SEVERO

En el análisis gráfico se visualiza que la máxima recuperación de oro en encuentra señalada por el signo más que esta dentro de la zona crema (98 a 99% Au). Debiendo de dosificarse adecuadamente con el fin de llegar a dicha recuperación.

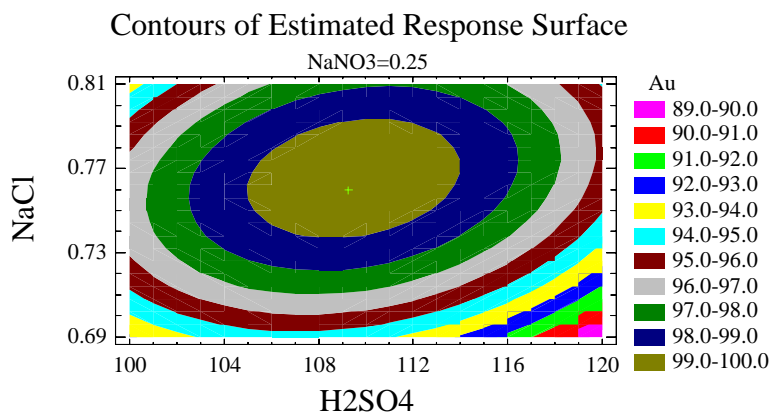


Fig. 7 Respuesta en el Plano de extracción de oro con punto óptimo, Proceso SEVERO

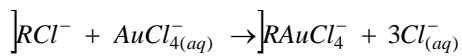
RECUPERACIÓN DE ION TETRACLOROAURO MEDIANTE RESINA ANIÓNICA espc02

La resina espc02, elaborada por el autor del presente trabajo, trabaja a condiciones ambientales y depende de la concentración de la solución, una vez cargada con oro puede ser desorbida en una solución ácida.

OPERATIVIDAD DE ABSORCIÓN DE RESINA ANIÓNICA espc02

W_{resina}	=	1 a 5 gramos
$V_{solución}$	=	200 a 500 ml
[Au]	=	5 a 100 mg Au/l
pH	=	< 1,7
T	=	ambiente
t	=	2 horas
% extracción	=	98%

MECANISMO DE ABSORCIÓN



OPERATIVIDAD DESORCIÓN DE RESINA ANIÓNICA espc02

[HCl]	=	3,5 g/l
TU	=	10 g/l
T	=	ambiente
t	=	2 horas
pH	=	< 1,7

MECANISMO DESORCIÓN



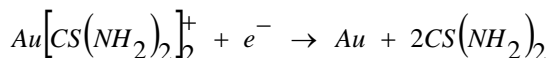
Las condiciones operativas con cinco gramos de resina por litro de solución recupera el 98% de oro en un tiempo estimado de dos horas.

REGENERACIÓN DE RESINA

La regeneración de la resina se desarrolla en medio acuosa, se utiliza una solución de ácido clorhídrico y tiourea, la resina se lava con agua para eliminar los contaminantes superficiales y se sumerge en la solución regenerante.

ELECTRODEPOSICIÓN DE ORO DE SOLUCIÓN DESORBIDA

El complejo oro(I)-tiourea puede ser reducido electrolíticamente de acuerdo al siguiente mecanismo.



Esta es una reacción controlada por difusión con un rango de potencial catódico de -0,15 a -0,35V, la tiourea, como tal, no contribuye a la reacción catódica del oro, pero su producto de oxidación, el disulfuro de formamida, puede ser reducida sobre la superficie catódica.

Es necesario compartimentos separados (anódicos y catódicos) utilizando diafragmas, a fin de evitar dos situaciones:

- La deposición anódica de tiourea y el resultado de la contaminación del depósito de oro con azufre.
- La disolución del oro depositado por productos anódicos

Bajas densidades de corriente dan mejores eficiencias de corriente. El uso de ánodos de plomo minimiza la descomposición de la tiourea. Se obtiene una máxima deposición del oro con altas velocidades de circulación del católito.

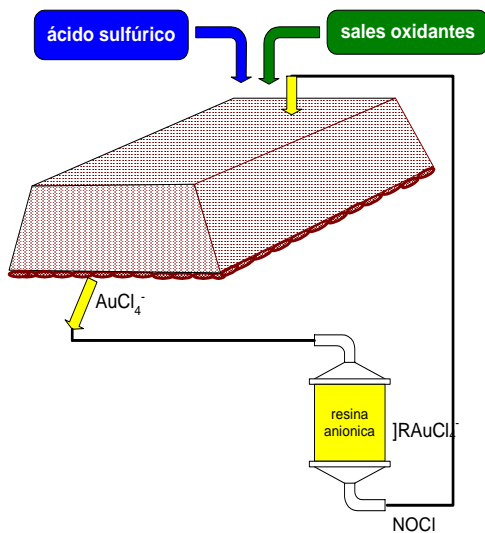
CONCLUSIONES

Los resultados alcanzados en las pruebas experimentales permiten plantear las siguientes conclusiones:

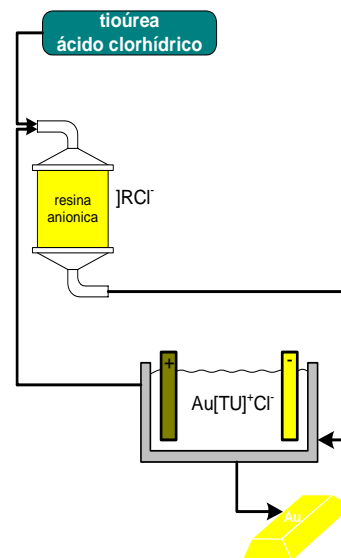
- Técnicamente es posible recuperar oro a partir de las diversas formas de minerales existentes en la naturaleza por lixiviación con sales oxidantes en medio ácido (**Proceso SEVERO**).
- Las variables importantes del proceso son las concentraciones de ácido sulfúrico, nitrato y cloruro de sodio, los cuales tienen la función de generar cloro nascente y agua regia in situ.

- La presencia del ion cloruro permite la formación de cloro naciente y cloruro de nitrosilo in situ (agua regia) que permite la formación del complejo aniónico tetracloroaurato e incrementa la solubilidad del oro.
- El presente proceso se desarrolla a condiciones ambientales, la solubilidad del oro está limitada por la dosificación adecuada de sales oxidantes y el ácido sulfúrico.
- Es posible restablecer el poder oxidante del medio incrementando sustancialmente las sales oxidantes y regulando el pH.
- La aplicación del presente Proceso en el ámbito industrial resultaría económica, ya que se regenera el medio lixivante y utiliza productos que se encuentran en el mercado local (fertilizantes).
- Los residuos productos de la lixiviación se utilizan como fertilizante.

LIXIVIACION - ADSORCION



DESORCION - ELECTRODEPOSICION



BIBLIOGRAFÍA

1. Winand R., Chloride Hydrometallurgy, Hydrometallurgy, 27, 1991, pg. 285-316
2. Dutrizac J.E., The leaching of sulfide mineral in chloride media, Hydrometallurgy, 29, 1992, pg. 1-45
3. McDonald G.W., The fate of gold in cupric chloride Hydrometallurgy, Hydrometallurgy, 18, 1987, pg. 321-335
4. Baes F.CH., The hydrolysis of cations, John Wile and Sons, New York, 1978
5. Kalocsai G.I., Improvements in or relating to the dissolution of noble metals, Austral. Provisional Patent 3028/84, 1984
6. Kerley B.J., Recovery of precious metals from difficult ores, U.S. Patent 4,269,622, May 26, 1981
7. Von Michaelis, The prospects for alternative leach reagents (for gold). Eng. Min. J., June: 42-47, 1987
8. Palacios C. S., Ingeniería de Lixiviación, CONCYTEC, 1994
9. Palacios C. S., Lixiviación de Menas Auríferas con Sales Oxidantes en Medio Ácido (Proceso Severo), 1994
10. Palacios C. S., Simulation of dump leach, XXIV APCOM, Application of computers and operations research in the mineral industries; Montreal-Quebec-Canada, 1993