



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN AGUSTIN DE AREQUIPA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA METALURGICA



### MEJORA DEL SISTEMA DE CIANURACION CON LA UTILIZACION DE SALES OXIDANTES PARA MINERALES CON CIANICIDAS

**Ing. Roberto Pedro Huamaní Bernal,  
Srta. Stefany Cruz Pozo**

Departamento de Ing. Metalúrgica e Ing. Ambiental, Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica,  
Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa - Perú.

Diciembre del 2015

#### RESUMEN

La presente investigación pretende minimizar el consumo de cianuro utilizado en la minería aurífera, principalmente en materiales complejos como son los sulfuros auroarseniuros; con la utilización de sales oxidantes. La muestra para nuestro estudio procede del departamento de Huancavelica, de una galería de 100m de profundidad.

En el laboratorio, se realizaron ensayos de cianuración donde se variaron los parámetros tales como: concentración de cianuro, aireación, pH y granulometría; a ello se agrega sales pasivantes constituidas por acetato de Pb y Litargirio.

Mediante la cianuración convencional los consumos de reactivos para estos minerales son altos; pero al utilizar las referidas sales los consumos resultan bajos, manteniendo los mismos parámetros de control y realizando una sobremolienda al mineral.

La sobremolienda resulta ser aplicada luego de realizar la caracterización metalúrgica de la muestra, apoyada por la microscopia, pudiendo observarse que parte del material aurífero se halla ocluido en una matriz de pirrotita y piritas.

En consecuencia frente a ello se encontró que al ser la pirrotita un fuerte consumidor de álcali y cianuro; fue necesario realizar la pasivación del mineral sulfurado de oro, alterando significativamente la estructura del mismo, no permitiéndolo interactuar con el cianuro ni con el álcali; consiguiendo una disolución de oro del 97.78 % en un periodo de 24 h, en comparación con el de sin sales oxidantes que se alcanzó del orden de 94.50 % en disolución obtenido durante el proceso de cianuración convencional sin pretratamiento. Por otro lado, la disolución de oro para el mineral pre oxidado con aire fue del 93 % en 24 h de proceso; mientras que la disolución de oro del mineral cianurado sin pre oxidación fue del 80 % en 24 h de reacción.



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

En consecuencia las mayores recuperaciones se obtuvieron al realizar un pre-tratamiento del mineral, buen grado de liberación de la partícula y la dosificación adecuada de los reactivos de pasivación y de disolución.

**Palabras Claves:** Cianuración, oro, oxidación, pasivación.

### INTRODUCCION

Uno de los métodos actualmente más utilizados para la extracción de oro es el de cianuración, que consiste en la disolución de los metales preciosos a partir de un mineral molido y colocado en una solución alcalina diluida de cianuro.

A pesar de los problemas ambientales que presenta el uso del cianuro y de la gran cantidad de investigaciones sobre otros procesos de disolución menos contaminantes, actualmente, se sigue utilizando ampliamente debido a su bajo costo y a su simplicidad del proceso.

El análisis químico es fundamental para el control y seguimiento del proceso de obtención del oro por cianuración y del grado de liberación de las partículas. Por otro lado desde el punto de vista de operación de la planta de cianuración se debe tener en cuenta: consumo de reactivos y eficiencia del proceso; y, por otro lado, desde el punto de vista ambiental: toxicología y daños al medio ambiente.

Actualmente las empresas mineras de oro del mundo, están utilizando la cianuración por sus ventajas sobre las de la amalgamación, debido a que producen menos contaminación y una mayor recuperación de oro.

La cianuración es también eficiente en presencia de minerales sulfurosos, pues produce una atmósfera fuertemente oxidante capaz de romper la armazón de estos minerales; y por ende consumo de álcali y cianuro. Frente a lo cual la utilización del acetato de plomo previa oxidación con aireación, permite controlar y minimizar los consumos de álcalis y cianuro en los parámetros adecuados.

En consecuencia la utilización de los insumos objeto de este tema son para mejorar y minimizar costos de las plantas frente a los minerales de sulfoarseniuros sin recurrir a otros procesos ni tostación.

### 1. ALCANCES

Para desarrollar los aspectos de la cianuración convencional con la utilización de sales de Pb, es necesario preliminarmente identificar los efectos que han de producir los elementos a ser utilizados durante el proceso.

Todo ello va incluir adicionalmente la caracterización mineralógica al microscopio con el fin de observar el tipo de estructura de como los elementos minerales están asociados; antes de realizar las pruebas experimentales respectivas.



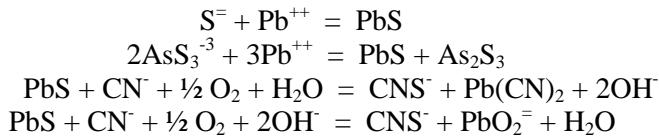
## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

### Efecto de las sales de Pb

Las sales de Pb (nitrato, acetatos) realizan dos funciones como agentes aceleradores: una de ellas es precipitar a los sulfuros solubles y la otra de descomponer tioarsenitos o tioantimoniuros. En consecuencia el sulfuro de Pb al ser precipitado es posteriormente oxidado a tiocianato (sulfoarseniuro) según las reacciones:



Los diversos compuestos de Pb formados como hidróxido, cianuro, plumbitos, etc, son ligeramente solubles en soluciones alcalinas de cianuro permitiendo adicionalmente precipitar más sulfuros y descomponer a tioarsenitos; entonces las soluciones de lixiviación quedan finalmente exentas de elementos nocivos de As y Sb.

### Efecto del As-Sb

Muchas veces la presencia de estos elementos hace difícil e imposible la recuperación, alcanzándose niveles bajos, debido a que deterioran a las soluciones perdiendo su poder lixivante. El As y Sb se disuelven formando compuestos complejos de acción reductora que retardan o inhiben la disolución de Au entonces se necesita prevenir la disolución de estos o atenuar los agentes de descomposición para controlar la arseniuración, pero una manera de explicar los efectos retardantes de tioarsenito y tioantimonatos, sulfuros alcalinos en la disolución de Au, se deben:

- Los sulfuros formados durante la descomposición de los minerales de As y Sb en soluciones  $CN^-$  consumen el  $O_2$  necesario para la disolución del Au
- Arsenitos, antimonitos, tioarsenitos, tioantimonitos son reductores fuertes, debido a la formación de complejos.
- Defecto inhibitor de la disolución del Au para los compuestos resultantes de la descomposición de minerales de As y Sb es un fenómeno superficial, estos compuestos o iones se adhieren a la superficie expuestas al Au y se previene parcialmente dicho efecto debido a la interacción del Au, controlado por las sales de Pb.

Las alternativas para disminuir el efecto nocivo en varios procesos implica costos de tratamiento, presentándose las siguientes formas de solución: uno es tostación parcial o total para formar  $As_2O_3$  recuperado en gases de tostación para evitar la contaminación que es inhibitor en cianuro; otras alternativas es el control de la alcalinidad de solución (pH=11 es más adecuado) y la adición de agentes aceleradores como sales de Pb debido a que con el pH sigue siendo baja.

El proceso consiste esencialmente en atacar minerales de oro en soluciones diluidas, conteniendo menos de 0.20% de CNNa con pH alcalino, añadiendo un ligero exceso de soda caustica para aquellos minerales que se hubieran vuelto ácidos debido por la oxidación de la pirita, pirrotita.



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

Es necesario usar soluciones diluidas para disolver el oro, pero tienen poca acción sobre la pirita y otros minerales básicos; las dificultades en el tratamiento por cianuración se presentan principalmente cuando el oro está finamente encapsulado (ocluido) y diseminado en los minerales sulfurados, donde se encuentra en alto porcentaje con tamaños menores de 20 micras, inclusive se tiene la presencia de oro submicroscópico, entonces la sola presencia de sulfuros de hierro y metales base de minerales de arsénico, antimonio, bismuto, etc.; hacen difícil su tratamiento por cianuración convencional.

Los elementos que consumen el cianuro son llamados cianicidas; en nuestro caso presencia de pirita, pirrotita, antimonita, arseniuros; comúnmente encontramos al oro asociado a estos tipos de compuestos. El tratamiento metalúrgico para dichos minerales o concentrados se realiza en determinadas condiciones.

Otra forma de atacar el problema generalmente es mediante una oxidación (química-térmica) que se realiza como un pre-tratamiento podemos mencionar la pre-aireación con cal, oxidación a presión, tostación y lixiviación bacteriana, entre otras.

Nagy [3] establece para que el oro se disuelva completamente en soluciones alcalinas de cianuro, se debe satisfacer ciertos requerimientos, tales como:

- El oro debe estar como partículas discretas y limpias
- Deben estar ausentes de impurezas que puedan inhibir la reacción
- Se debe disponer de un adecuado suministro de oxígeno

Hasta donde concierne al segundo requerimiento, muchas minas de oro poseen constituyentes que se descomponen en soluciones de cianuro lo que ocasiona la aparición de compuestos, en soluciones que pueden inhibir la reacción de disolución del oro.

Demopoulos [1], Macassi [1], Ponciano [1] nos dice que la refractariedad de las menas o concentrados es determinada por la resistencia que ofrecen estos materiales a la extracción directa de los metales preciosos por técnicas convencionales de cianuración alcalina. Esta refractariedad puede ser causada por:

- Diseminación fina o encapsulamiento de oro fino en pirita, pirrotita y/o arsenopirita
- Presencia de elementos carbonáceos (que precipitan al oro disuelto)
- Presencia de cianicidas (consumidores de cianuro); y
- Presencia de agentes consumidores de oxígeno

### **Influencia del oxígeno**

El oxígeno o alguna sustancia oxidante es necesaria para ayudar la acción disolvente del cianuro; el oxígeno se une al hidrógeno que podría ser liberado y disminuye las pérdidas de cianuro en la forma de ácido cianhídrico gaseoso.



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

El mas importante efecto de la extra aireación de la solución es disminuir el consumo de cianuro; la solubilidad del oxígeno en la solución de cianuro alcanza alrededor de 8 mg/L; y esta solubilidad no se altera por el aumento de la proporción de cianuro en la solución. La proporción de la disolución del oro en el cianuro crece con la cantidad de oxígeno presente de aquí la necesidad de airear las soluciones.

La descomposición del NaCN es facilitada por la afinidad del Na por el oxígeno libre, con lo cual queda en libertad el CN naciente para unirse al oro.

Algunos otros constituyentes del mineral tienden también a unirse con el oxígeno; lo cual retarda la operación y obliga a demorar horas y aun días de tratamiento; lo que en condiciones mas favorables podría demorar minutos o pocas horas a lo mucho.

Los agentes oxidantes fueron agregados en el molino de bolas. Es de notar que a pesar de la constante introducción de oxígeno en los agitadores el contenido de este elemento no crece sino decrece conforme avanza la extracción de oro.

### **Acción del cianuro sobre las gangas minerales**

Las gangas terrosas comunes, tales como sílice, silicatos alcalinos y alcalinos-terrosos, no ejercen acción sobre las soluciones de cianuro. Los carbonatos de tierras alcalinas, tampoco ejercen influencia.

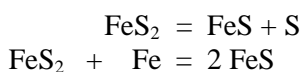
La acción de los sulfuros de los metales pesados varía con su estado. Los sulfuros metálicos no descompuestos son muy lentamente atacados por el cianuro; pero los parcialmente descompuestos lo son con mayor facilidad y algunas veces actúan como cianicidas. Los minerales arsenicales tienen efectos análogos.

### **Manera como se descomponen los sulfuros metálicos**

Cuando la pirita, pirrotita o marcasita han estado sujetas a la acción del aire y de humedad (interperismo) antes del tratamiento, se forman compuestos que son nocivos a la solución; un cambio que sufre la pirita es la pérdida de un átomo de oxígeno convirtiéndose en sulfuro de la forma FeS.

La oxidación también permite la formación de sulfato ferroso y ácido sulfúrico libre; una descomposición más avanzada es el nacimiento del sulfato férrico  $Fe_2(SO_4)_3$ , el cual por pérdida de ácido pasa a sulfato básico  $2Fe_2O_3 \cdot SO_3$ . Se forman también hidratos férrico y ferroso ( $FeO(OH)_3$  y  $FeO(OH)_2$ ); todas estas sales de hierro y el ácido libre son dañinas a la solución de cianuro.

El sulfato ferroso se produce no solo por la separación de un átomo de azufre sino también por la acción del hierro de los equipos de molienda:





## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

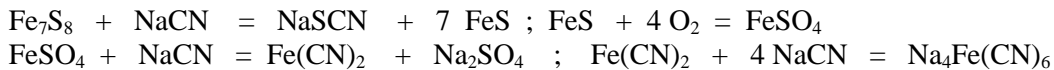
Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

La pirrotita es considerada un cianicida, especialmente en soluciones alcalinas; además ella puede provocar al mismo tiempo la descomposición de las gangas minerales, con soluciones de cianuro oxigenadas sean acidas o alcalinas, la pirrotita entra en vigorosa acción y permite la descomposición de pequeñas cantidades de pirrotita mineral causando graves efectos.

La pirrotita y el hierro separadamente actúan o reaccionan lentamente con el ácido sulfúrico diluido, cuando actúan conjuntamente la reacción se hace vigorosa. Un átomo de azufre de la pirrotita ( $\text{Fe}_x\text{S}_{(x+1)}$ ), es fácilmente liberado, mientras el compuesto restante es fácilmente oxidado con producción de sulfato ferroso o férrico.

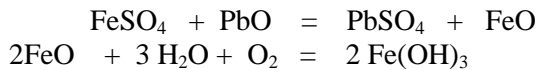
La descomposición de la pirrotita por el NaCN es más enérgica que de la pirita:



Cuando está presente la pirrotita se suele agregar litargirio y/o sales pasivantes en los molinos, el cual reacciona de la forma:



Como ya se dijo este hidróxido férrico tiene poca acción sobre el cianuro. El sulfuro ferroso se convierte en sulfato ferroso en la forma que ya conocemos, y si la alcalinidad es bien controlada reacciona con el litargirio en la siguiente forma:



La **arsenopirita** causa similarmente pérdida de cianuro cuando se descompone; se forman sulfuros alcalinos los cuales absorben oxígeno y se requiere aumentar la aireación de la solución. En cambio la **estibina** es aún más dañina y los minerales que la contienen son generalmente refractarios al tratamiento por el cianuro.

En consecuencia los sulfuros descompuestos actúan como cianicidas, pero entre todos, los minerales de cobre son probablemente los más dañinos a este respecto; estas también actúan como desoxidantes, requiriendo mucha aireación y también se pueden neutralizar los sulfuros solubles agregando sales de plomo, mercurio, etc.

En los relaves el cianuro es rápidamente convertido en cianato y por hidrolisis se convierte en amoníaco y probablemente a urea; posiblemente pueda también formarse algo de sulfocianuro.

### **Acción de los sulfuros solubles en la solución de cianuro**

Un porcentaje pequeño de sulfuro soluble que esté presente en la solución de cianuro, retarda la disolución del oro; ello se debe en parte, a que el sulfuro sustrae oxígeno de la solución.



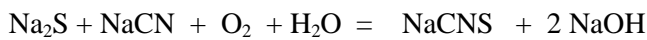
## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

Algunas muestras de oro puro se disuelven con gran dificultad, si han sido previamente sumergidas en soluciones de sulfuro o si trazas de sulfuros solubles o sulfocianuros están presentes en la solución. La dificultad desaparece si los sulfuros son eliminados, sea por precipitación con sales de plomo o por la acción de ciertas sustancias oxidantes.

Se ha observado que los sulfuros solubles provienen del cianuro comercial y de la acción del cianuro sobre los sulfuros de hierro existentes en el mineral; ellos se convierten en sulfocianuros, con consumo de cianuro y oxígeno, en esta forma:



Los sulfuros alcalinos son comúnmente eliminados por la disolución de sales de plomo o mercurio; inversamente, una acumulación de metales básicos en la solución puede ser eliminada por la adición de sulfuros solubles. Se ha observado que los sulfuros solubles oxidan fácilmente y rara vez se encuentran en soluciones; pero que las sales de plomo ofrecen las siguientes ventajas:

- Remueven los iones de azufre y así acelera la disolución del oro que está dentro del sulfuro.
- Retardan la formación de sulfocianuro y la separación de azufre libre.
- Controlan la tendencia nociva del cobre.

Pero se observa que:

- Un exceso de plomo es dañino; pero lo es menos cuando está en forma de litargirio.
- El plomo es más favorable con minerales de plata o de plata – oro que con los de solo oro.

### 2. SECUENCIA EXPERIMENTAL

En la presente investigación se realizaron una serie de pruebas entre las cuales se encuentra el trabajo experimental; las cuales se estructuraron en etapas que se desarrollaron para alcanzar los objetivos propuestos en el plan de trabajo.



Figura 01. Secuencia experimental de la investigación

## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

### 3. CARACTERIZACION MICROSCOPICA

El mineral utilizado para las pruebas inicialmente para caracterizarlo se realizó un estudio microscópico, con el fin de observar como es la forma estructural del mineral y en función de ello determinar cuál será el comportamiento durante el procesamiento.

De las imágenes (ver figura 02) se puede apreciar que existe una asociación del elemento áurico conjuntamente con la pirrotita; y otra parte de la muestra esta ocluida y semiocluida en los sulfoarseniuros; por lo cual requerirá un mayor grado de liberación de partícula (sobremolienda) con ello se alcanzara óptimas recuperaciones.

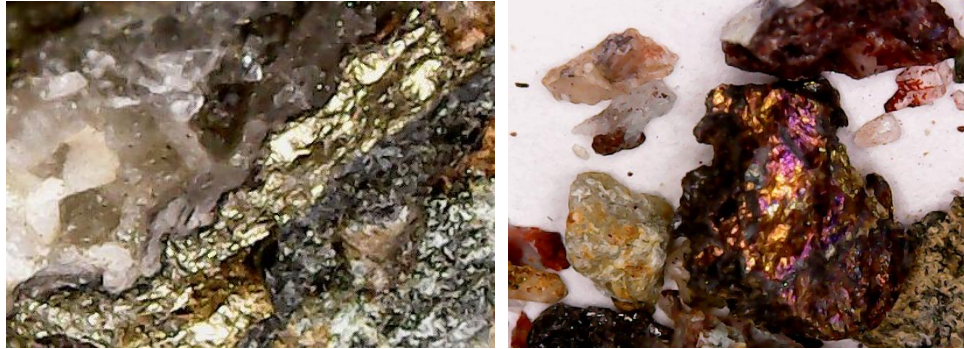


Figura 02. Vistas microscópicas del mineral de sulfuros. Minerales de pirita con pirrotita asociando al Au ocluidom y en la siguiente imagen mineral de bornita asociado con chalcopirita (Fuente: RHB/SCP-Mayo 2015)



Pero también apreciamos que el comportamiento de los sulfuros resultan consumidores de oxígeno y cianuro; es decir su comportamiento es cianicida, por ende requiere el control de los referidos elementos como proponemos.

En consecuencia este análisis microscópico me permitió determinar el grado de liberación y forma estructural del mineral; para entender cómo será su comportamiento en determinados procesos metalúrgicos que se deberán emplear.

### 4. APLICACIÓN TECNOLÓGICA

Para la investigación se dispuso un mineral constituido por un complejo de sulfoarseniuros con mineral aurífero ocluido y semiocluido, con mínima presencia de oro al esto libre asociado con una matriz de cuarçifera.

#### 4.1. Pruebas Experimentales



**“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”**

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

Se realizaron una serie de pruebas con distintos parámetros e insumos como se indican; dentro de los cuales para todas las pruebas mostradas; se trabajó con los datos siguientes:

- Fuerza de cianuro del 0.15%
- Con pH 10.5
- Dilución 3:1
- Tiempo de 16 horas
- Grado de liberación 100% pasante malla 170; excepto la prueba con sobremolienda que fue del 100% pasante malla 240

Tabla 01. Balance metalúrgico de cianuración convencional

Productos	Pesos	Ensaye (gr/Tm)	Cont. Met (gr)	% Recuperac.
Cabeza	1.0 Kg	14.5	14.5	100.00
Soluc. Pregnamt	2.85 L	4.0702	11.6	80.00
Relave	0.90 Kg	3.2222	2.9	20.00

Tabla 02. Balance metalúrgico de cianuración con sales oxidantes

Productos	Pesos	Ensaye (gr/Tm)	Cont. Met (gr)	% Recuperac.
Cabeza	1.0 Kg	14.5	14.5	100.00
Soluc. Pregnamt	2.90 L	4.6517	13.49	93.00
Relave	0.90 Kg	1.1222	1.01	7.00

Tabla 03. Balance metalúrgico de cianuración con sobremolienda y sales oxidantes

Productos	Pesos	Ensaye (gr/Tm)	Cont. Met (gr)	% Recuperac.
Cabeza	1.0 Kg	14.5	14.5	100.00
Soluc. Pregnamt	2.90 L	4.7241	13.70	94.50
Relave	0.88 Kg	0.9091	0.80	5.50

Tabla 04. Balance metalúrgico de cianuración con sobremolienda, sales oxidantes y pretratamiento



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

Productos	Pesos	Ensaye (gr/Tm)	Cont. Met (gr)	% Recuperac.
Cabeza	1.0 Kg	14.5	14.5	100.00
Soluc. Pregnamt	2.90 L	4.8897	14.18	97.78
Relave	0.90 Kg	0.3556	0.32	2.22

### 5. RESULTADOS

Tabla 05. Estudio comparativo de consumos de los tres sistemas de cianuración utilizados

Controles y Parámetros	C. Convencional	C con sales oxidantes	C. con sobremolienda y sales oxidantes	C. con sobremolienda, sales oxidante y pretratamiento
Cianuro	6 Kg/Tm	3.2 Kg/Tm	2.8 Kg/Tm	2.5 Kg/Tm
OHNa				
Acetato de Pb	0.00	0.11 Kg/Tm	0.09 Kg/Tm	0.09 Kg/Tm
Aireación	Sin adición de aire	Sin adición de aire	Con adición de aire	Con adición de aire
Molienda	Sin sobremolienda	Sin sobremolienda	Con sobremolienda	Con sobremolienda

En consecuencia como puede verse una preaireación preliminar posteriormente la adición de sales de sales de Pb permite el control y pasivación de los compuestos cianicidas; como se puede ver en la tabla 05. Observándose disminución del consumo de cianuro y de álcali estandarizándose.

### CONCLUSIONES

1. Por medio de la caracterización mineralógica microscópica, se determinó la presencia estructural de pirita, pirrotita, arsenopirita, antimonita, especies de mayor importancia en la muestra de cabeza; además cuarzos, trazas de óxidos de hierro.
2. Las sales de plomo permiten pasivar la superficie activa, principalmente de la pirrotita y de elementos ferruginosos activos que tienden a formar sulfuros ferrosos que son altamente activos (consumen oxígeno y cianuro) comportándose como elementos cianicidas que frente al plomo quedan inhibidos.
3. Los análisis comparativos demuestran la eficiencia del proceso utilizado consiguiéndose una recuperación del 97.78% con pretratamiento y remolienda respectiva.



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

4. Al realizar un acondicionamiento solo de oxigenación conjuntamente de sales de plomo y una remolienda posterior antes de la cianuración convencional permite reducir los costos de operación de la producción y una mejor eficiencia de recuperación del elemento aurífero.

### BIBLIOGRAFIA

1. “Metalurgia del oro y la plata”; Ing. Ernesto Diez Canseco, UNI 1974, Lima.
2. “Informe de investigación de cianuración de minerales sulfoarseniuros de Huancavelica”; Ing. Roberto Huamaní Bernal, Arequipa 2002
3. Tesis “Modelo de la pre-aireación en concentrados de oro piritico, para la optimización del proceso de cianuración”; Mg. Vidal Sixto Aramburu Rojas, Lima 2003.
4. “Refractariedad de concentrados auríferos”; Vladimir Arias Arce, UNSM 2005, Lima.
5. Copias y documentos varios.

### AGRADECIMIENTOS

Por la presente dejo constancia de mi agradecimiento al Ing. Roberto Huamaní Bernal, quien dirigió en forma acertada y brindó su invaluable apoyo en el presente; de la misma manera al Ing. Alberto Suero Rojas que contribuyo con su experiencia al desarrollo de este humilde trabajo de investigación.

### INFORMACIÓN DE LOS PARTICIPANTES



**Ing. Roberto Pedro Huamaní Bernal,**

Natural de Arequipa-Perú, con CIP 100760 Ingeniero Metalurgista - UNSA.

Actualmente: Docente de la Escuela de Ing. Metalúrgica de UNSA–Arequipa, Supervisor Minero Metalúrgico de la minera SMRL El Serrano. Asesor de GEO.GPR Latinoamérica y de SUWIT SAC; cuenta con más de 15 años de experiencia en el sector minero metalúrgico.

Anteriormente: Ex docente del ISEP Honorio Delgado Espinoza – Arequipa. Trabajos realizados de geoquímica y prospección geológica en La Libertad, trabajos de fundición en Lima, trabajos de producción de cal en Cerro de Pasco, adecuamiento metalúrgico de polimetálicos y prospección geológica en Huancavelica, tratamiento de minerales auríferos en Puno, tratamiento de minerales auríferos en Cusco, tratamiento de minerales auríferos y prospección geológica en Moquegua.



**Stefany Cruz Pozo,**

Natural de Arequipa-Perú, alumna de la Escuela de Ing. Metalúrgica - UNSA.

Actualmente: practicante adjunta del Ing. Roberto Pedro Huamaní Bernal, en investigaciones metalúrgicas y geometalúrgicas. Conformante del equipo de apoyo de GEO.GPR Latinoamérica y de la empresa SUWIT SAC.



**“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”**  
Multidisciplinario  
21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México



**“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”**  
Multidisciplinario  
21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México



**“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”**  
Multidisciplinario  
21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México