

*Fundación Patiño*

*Pablo Pérez- Estudiante becario*

*Trabajo de investigación Verano 2003*

## ***Fabricación de Sulfato de cobre pentahidratado***

### ***Introducción:***

Como sucede cada año empleamos las vacaciones de verano que nos otorga la fundación para poder realizar un trabajo de investigación que encare algún aspecto social, cultural, económico o político de nuestro país. Este año traté de abordar un tema que este relacionado de manera mas estrecha con mi futura profesión. Me pareció una buena opción este pequeño proyecto de micro empresa, lo elegí por dos razones: la primera porque se trata de una empresa química y la segunda el hecho de poder apreciar los conocimientos que me faltan o que ya poseo para poder realizar una actividad de este tipo en mi país.

El proyecto trata sobre la fabricación del sulfato cúprico pentahidratado. Este producto químico es necesario en una amplia cantidad de industrias como son la minera, la agrícola, la textil, la de curtido de cuero, la de conservación de la madera, la de tratamiento de asfaltos naturales, la de la manufactura del acero, etc. Crear una empresa de este tipo es una interesante opción económica, puesto que actualmente este producto es importado al país a razón de una media de 1100 dólares americanos la tonelada. Este hecho es lamentable, puesto que nosotros siendo los dueños de los recursos naturales vendamos estos a un precio que se podría catalogar de regalado y compramos esta misma materia prima ya procesada en el extranjero a precios elevados. El proceso de producción esta explicado paso a paso en la siguiente sección. He tratado de exponer las etapas mas importantes de la producción, esperando poder ser lo suficientemente claro.

### ***Proceso de Producción:***

Antes de explicar el proceso de producción mismo, creo conveniente dar las características químicas del producto. Estas son presentadas en el cuadro siguiente:

<b><i>Formula química</i></b>	CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O
<b><i>Densidad</i></b>	2.284 g/ml
<b><i>Pureza</i></b>	98-99%
<b><i>Cobre mínimo</i></b>	25%
<b><i>Insolubles en Agua</i></b>	0.1% max.
<b><i>Hierro máximo</i></b>	0.2%

La producción total que tiene el proyecto como objetivo, es de 660 ton/año a un precio de 900 dólares americanos, con un costo de producción de 500. El proceso de fabricación es denominado "Lixiviación químico-bacteriana", la materia prima a utilizarse es mineral pallado de cobre, proveniente de la mina Veta Verde situada en la parte meridional del altiplano cuprífero. Este mineral posee un 10 % de cobre soluble y 5% de cobre insoluble, de los cuales se espera recuperar un 99%.

La composición del mineral es presentada de manera mas detallada en el cuadro siguiente:

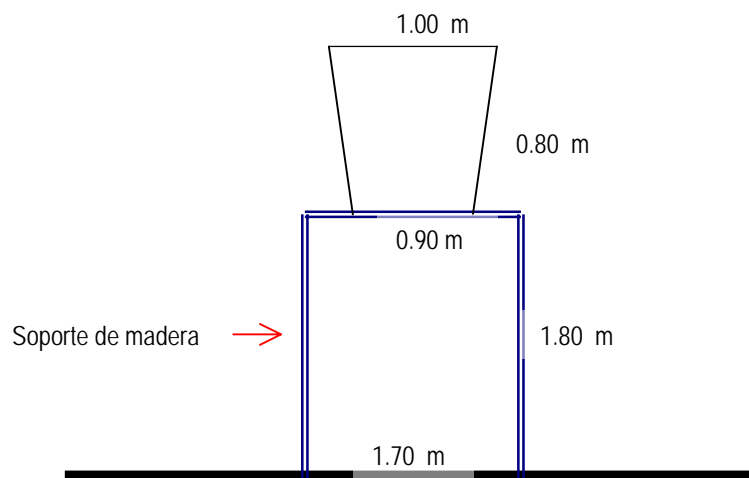
Cu <sub>2</sub> O	4.42%	Cobre Soluble 10%
CuO	3.00%	
Cu(OH) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	2.4%	
Cu nativo	2.38%	Cobre Insoluble 5%
Cu <sub>2</sub> S	3.88%	
CuS	1.96%	
Ag	40 g/ton	
Au	Indicios	
SiO <sub>2</sub>	75.40%	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.00%	
CoO	1.00%	
FeO	1.95%	
CaO	1.25%	
As	0.16%	

Como podemos ver 12.2% de la composición del mineral presenta compuestos de cobre soluble, y 5.84% de cobre insoluble. Es importante definir bien estos dos grupos puesto que las soluciones lixiviantes son diferentes para ambos casos.

Explicaré el proceso de producción paso a paso, en cada etapa también trataré de describir la estructura de las instalaciones.

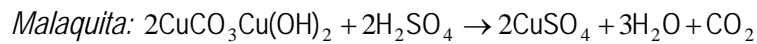
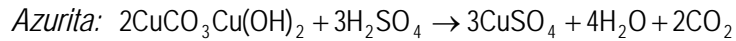
#### Agitadores mecánicos para lixiviación:

Estos serán de forma cónica fabricados de fibra de vidrio reforzada (FIBROBLAST), cada uno esta equipado de un agitador mecánico de potencia 330 RPM. Las dimensiones y la estructura de apoyo para cada agitador mecánico son detalladas en el croquis siguiente:

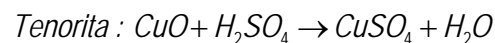
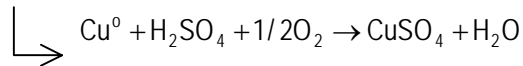
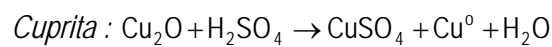


Como hemos indicado los principales compuestos de cobre encontrados en el mineral pallado, son los carbonatos, los óxidos y los sulfuros siendo estos últimos sales insolubles en ácido sulfúrico. El proceso de lixiviación a realizarse en los tanques, deberá hacerse con ácido sulfúrico para el primer grupo y con sulfato ferroso para el segundo. Cada proceso es explicado con las ecuaciones estequiométricas siguientes:

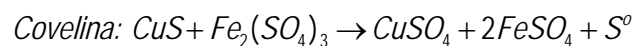
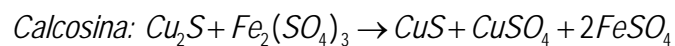
Carbonatos:



Óxidos :



Sulfuros :



En cada agitador se procesarán 250 kilogramos de mineral pallado, esta masa de mineral posee un volumen de 83 lts. Para que la lixiviación sea eficaz, la mezcla en el agitador debe contener un 70 % de sólidos, y la solución lixivante debe tener una concentración de 150 g/lit. Como hemos dicho las cantidades de ácido sulfúrico a utilizar, son calculadas con las ecuaciones estequiométricas, pero se debe tener en cuenta un incremento del 40% sobre la cantidad teórica debido a la presencia de impurezas en el mineral.

El tiempo de lixiviación para cada carga de mineral es de dos a tres horas, en el cual se puede recuperar un 95 % del cobre contenido.

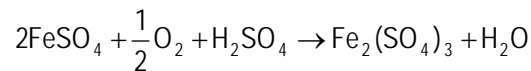
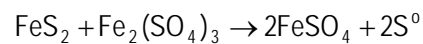
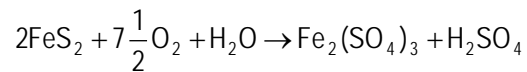
- Cajón percolador para separación sólido-liquido:

Este se utilizará para la separación sólido-liquido de esta primera etapa de la producción. Este debe tener un volumen de 1.9 m<sup>3</sup>, lo que representa una resistencia de 4.75 ton. De esta solo el 50 %, es la capacidad aprovechable para una optima separación.

### Proceso de auto abasto de sulfato férrico:

Para poder eliminar una parte de los gastos en la compra de este reactivo, cuyo precio fluctúa entre 200 y 250 dólares la tonelada, se pensó en este método de auto abasto con la ayuda de las T. Ferroxidasas y las T. Thiooxidasas.

Estas bacterias realizan las reacciones siguientes:



Lo interesante de este proceso es su sencillez de realización. La estructura requerida, es un tanque de hormigón armado de un capacidad aproximada de 5 metros cúbicos. En el cual se colocan unos 2 metros cúbicos de agua impregnada de estas bacterias. Esta agua proviene de la mina Santa Rita localizada al sur del departamento de Oruro. Finalmente, se añaden un metro cúbico de pirita (mineral rico en sulfuro de hierro).

La solución lixiviante resultante tiene un contenido de ácido sulfúrico y sulfato férrico, con una concentración aproximada de 150g/l. Con un pH situado entre 1.5 y 3.5. La mezcla de la solución lixiviante y el concentrado de bacterias se evita por la diferencia de densidades.

### Estanque para solución preñada y solución de lavado:

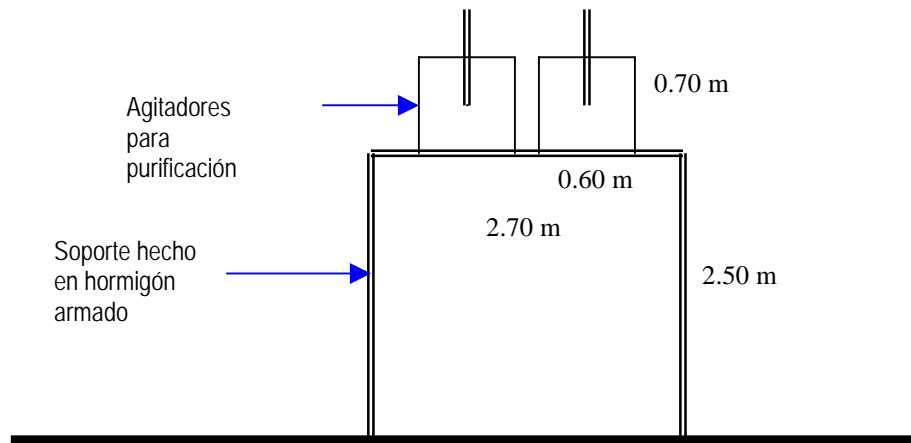
Las dimensiones del estanque hecho en cemento rígido son las siguientes: 2.65m × 3.55 m × 0.70 m. Esto representa un volumen de 6.58 m<sup>3</sup>, del cual el 50% es el volumen aprovechable.

Para drenar rápidamente la solución preñada, es necesario de sedimentar el lodo que podría pasar el percolador, con este fin se añade el floculante "Separan" que tiene la ventaja de no reaccionar con el sulfato de cobre ya formado. Concluido el drenaje de la solución preñada, se debe efectuar el lavado de los rípios restantes en el percolador. Este lavado se efectúa a presión, se estima que la concentración de cobre en la solución de lavado es de 2 g/l. El ripio lavado se debe descargar manualmente, y depositados en el sitio destinado como deposito de desmontes.

La solución preñada es bombeada en los agitadores de purificación, para la eliminación de las impurezas de hierro, arsénico y antimonio. Las impurezas de zinc, níquel y cobalto serán removidas al momento de la cristalización final. Un detalle muy importante es que las soluciones purificadoras tengan un pH neutro, para obtener luego una cristalización perfecta del producto, esta situación se verifica con la coloración azul profunda que poseen los cristales puros.

### Agitadores para purificación de las soluciones preñadas:

Son dos, construidos de PVC de 1/4 de pulgada de espesor, con agitadores de 330 RPM; estos deberán estar montados, como se muestra en el esquema siguiente.



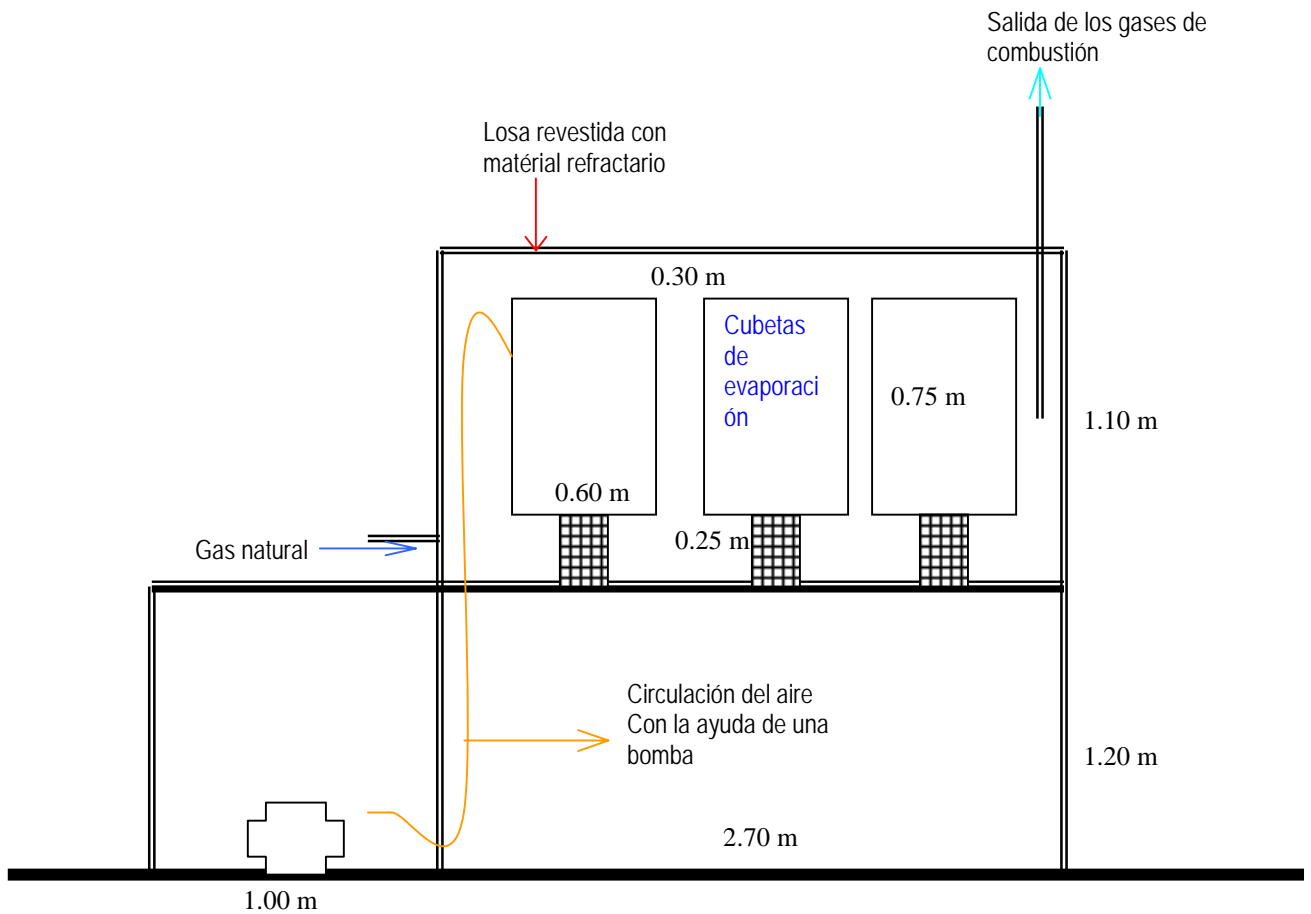
La capacidad de cada agitador es de 150 litros, el tiempo de purificación depende del contenido en impurezas de la solución preñada, pero como media el tiempo es de 2-4 horas. Este proceso se realizara con piedra caliza finamente molida.

#### Horno túnel y cubetas de evaporación para saturación acuoso de sulfato de cobre:

El horno túnel es construido a partir de hormigón armado, sus paredes deben ser de ladrillo refractario. Es importante que toda la superficie interior del horno sea refractaria. El horno funcionará a partir de gas natural, por lo que se prevee una futura instalación propia en la misma fabrica.

Este horno tiene como función el secado y la cristalización misma del producto final. La cristalización se efectúa en 3 cubetas de 212 litros. Las cubetas son hechas a partir de cobre colado de 1/4 de pulgada de espesor, con un revestimiento interior de planchas de plomo de 3mm de espesor o con revestimiento de fibra de vidrio. Estas cubetas deben soportar trabajar a una temperatura de 150 grados Celsius.

La instalación final del horno se muestra en el croquis siguiente:



### Cajones cristalizadores y tolva para estockamiento:

Serán 4 para la cristalización final y 2 para el lavado; todos estos contenedores tienen las mismas dimensiones con un volumen de 300 litros. Se construirán en hormigón armado e interiormente serán revocadas con asfalto y arena granítica. Para ayudar a la cristalización se utilizarán núcleos de plomo, que son cintas de aproximadamente 1 metro de largo con un ancho de 1 centímetro.

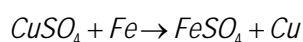
El tiempo de cristalización es de aproximadamente 4 días, es la razón por la cual se construirán 4 cajones cristalizadores para que la producción sea diaria. Pero hay que considerar que el verdadero determinante de la velocidad de producción, es el proceso de lixiviación.

Como última etapa, tenemos la eliminación de vestigios de ácido sulfúrico y sulfato férrico. Los cristales son lavados con agua en dos cajones adicionales, después de esta operación se descargarán los cristales en la tolva dispuesta al lado de los cajones lavadores y estos serán secados con aire caliente. Después de esta operación los cristales están listos para su empaque y su comercialización. Es importante mencionar que la tolva debe tener una capacidad de almacenamiento de 2 toneladas, es decir una producción de 2 semanas.

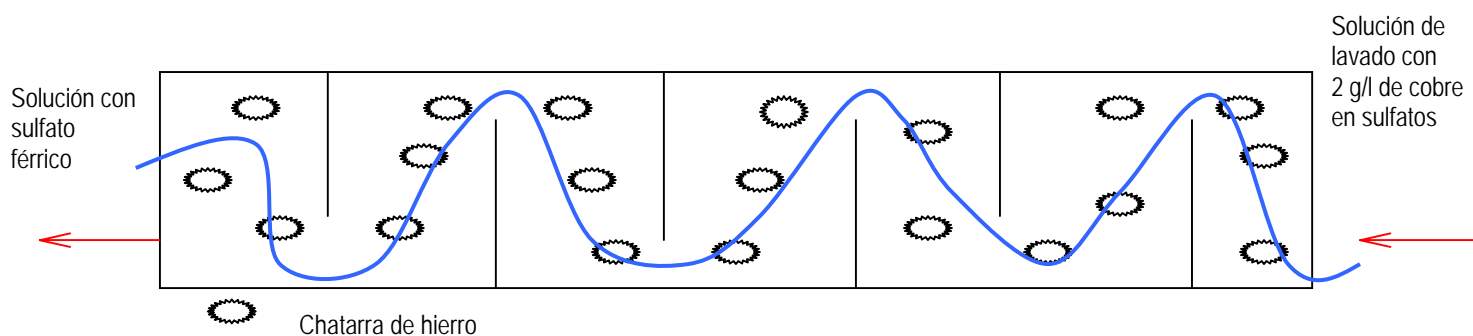
## Canaleta para cementación de cobre

Esta etapa tiene como objetivo recuperar el cobre contenido en las soluciones de lavado, provenientes de los ripsos de lixiviación y del lavado del producto cristalizado. Como ya mencionamos estas soluciones tienen un contenido en cobre de aproximadamente 2 gramos por litro.

Para dicha recuperación se instalará una canaleta de madera con su tanque de alimentación, este también de madera con una capacidad de 1 metro cúbico. La cementación del cobre se realizará con la ayuda de chatarra de hierro, la ecuación química que rige esta reacción es la siguiente.



La utilidad del sulfato férrico ya la hemos comentado anteriormente, en la lixiviación del cobre insoluble y la purificación de las soluciones preñadas. La estructura de la canaleta es presentada en el diseño siguiente:



## Conclusión:

Este proyecto fue desarrollado por el Ingeniero metalúrgico Narciso Cardozo quien tiene años de experiencia en la minería de nuestro país. La planta piloto de este proyecto ya tiene un año de funcionamiento, los resultados obtenidos han sido conformes a las expectativas de producción. Se espera poder instalar la planta definitiva para los primeros meses del siguiente año.

Como ya mencioné anteriormente el objetivo principal de este pequeño trabajo de investigación es la elucidación de cuales son los vacíos en mi formación y de que conocimientos debo nutrirme en mis restantes años de estudio para poder trabajar en el sector productivo de mi país. Pienso que este sector es el mas interesante para la formación que estoy adquiriendo, puesto que combina la aplicación de conocimientos científicos con el movimiento económico.

Viendo este proyecto, he podido apreciar que mis conocimientos de licencia serán largamente suficientes para la comprensión completa de los procesos químicos. Me refiero a procesos químicos como todo el conjunto de: reacciones, calculo de reactivos, calculo de rendimientos, etc. Sin embargo, veo que tengo una falta total de conocimientos en lo que se refiere al diseño y la planificación mismo de la planta. Esto constituye una pequeña iluminación para mi persona, puesto que puedo apreciar que si me faltan conocimientos para el diseño de una pequeña planta como esta, es evidente que también me

faltarán en la incursión de empresas mas grandes como son la de fomento y la petrolera. Campos que atraen largamente mi interés.

Creo que los pequeños vacíos en mi formación serán fácilmente colmados, puesto que mi educación de primer ciclo me permite ya, comprender lo mas esencial en una industria de este tipo, el proceso químico en si.

La educación de segundo ciclo que me será otorgada ya me permitirá poder encarar los problemas con un mayor conocimiento sobre los procesos a gran escala. Pero sería ideal de poder realiza algún curso de especialización que me permita de tener una visión industrial amplia y de esta manera contribuir a mi país, no solo intelectualmente sino también económicamente. Lastimosamente es en este segundo punto donde creo que la ayuda debe ser prioritaria, al menos hasta que podamos salir de la profunda crisis en la cual nos encontramos.

### ***Referencias:***

- Toda la información contenida en este trabajo, ha sido proporcionada por el proyecto "Elaboración del sulfato cúprico pentahidratado" elaborado por el ingeniero Narciso Cardozo, y la visita a su planta piloto situada en Vinto-Cochabamba.