

COMPARACIÓN ENTRE LA COLUMNA DE FLOTACIÓN MODIFICADA Y LA COLUMNA RECTA USANDO RELAVES DE ORO

L. Valderrama (1), J. Rubio (2) y S. Pérez (3)

1 - Instituto de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (IDICTEC). Universidad de Atacama. Avda. Copayapu # 485; Casilla 240. Copiapó - CHILE. lvalderr@gea.idictec.uda.cl

2 - Laboratorio de Tecnología Mineral, LTM7PPGEMM, Universidade do Sul. Federal do Rio Grande UFRGS / Porto Alegre - RS - BRASIL.

3 -Departamento de Metalurgia. Facultad de Ingeniería. Universidad de Atacama. Copiapó - CHILE.

RESUMEN

Este trabajo compara el comportamiento de una columna de flotación modificada y una columna recta convencional, a escala de laboratorio. El objetivo que cumple este trabajo es recuperar el oro que se pierde en los relaves de una planta de beneficio. La columna modificada de flotación permite la extracción selectiva del producto drenado o tercer producto, de la espuma; además posee una segunda agua de lavado, ubicada entre la alimentación y la zona de la espuma. Se realizaron caracterizaciones químicas y granulométricas del mineral tratado de la planta de beneficio y se estudiaron las variables de flujo: de aire, de alimentación y altura de espuma de ambas columnas de flotación. Los resultados promedios de los análisis químicos muestran que la alimentación contiene valores entre 1 a 1,5 [g/t], a su vez los resultados obtenidos permiten concluir que la columna modificada presenta características especiales para el enriquecimiento de estos relaves de oro. Los concentrados en la columna modificada alcanzan valores de 75 [g/t] con recuperaciones 13,0 % y razones de enriquecimiento de 46,0; en comparación con la columna recta, donde, se obtienen leyes de 65 [g/t] con recuperaciones 6,7 % y razones de enriquecimiento de 36,0.

1. INTRODUCCIÓN

El tratamiento de los relaves de flotación, hoy en día representan un tema de gran interés, debido a la variedad de especies valiosas que contienen.

El aprovechamiento de estos recursos es porque poseen un elevado potencial económico y además es una alternativa para solucionar los aspectos ambientales envueltos en la minería.

Actualmente millones de toneladas de estos recursos se descargan o se rechazan como relaves de flotación. Estas pérdidas de especies valiosas se han incrementado por la excesiva conminución de los minerales para liberar las especies útiles generando partículas muy finas para la flotación (los cuales producen pérdidas muy altas).

Diversos procesos han sido propuestos para recuperar estas partículas minerales, contenidas en los relaves "frescos" o antiguos. Los minerales valiosos presentes en los relaves se distribuyen en las fracciones gruesas y principalmente en las finas, esto último debido a la ineficiencia de la flotación en adherir las partículas pequeñas, menores a 10 micrones (Sivamohan, 1990).

La flotación columnar para la recuperación de especies, continúa creciendo constantemente en diversas aplicaciones industriales (Dobby y Finch, 1991). Las características principales en el uso de columnas son los bajos costos de capital y de operación; mejor adaptabilidad al control automático y un mejor funcionamiento metalúrgico. Aún, no son muchas las aplicaciones de las columnas en el tratamiento de relaves, debido a que no son muy conocidos (Rubinstein, 1994).

Una columna de la flotación es un reactor compuesto principalmente por una zona de colección y una zona de espuma. La zona de colección tiene el objetivo de adherir las partículas hidrofóbicas a las burbujas y la zona de espuma es responsable del enriquecimiento de la espuma (Dobby y Finch, 1991). La partícula que es desadherida de la burbuja vuelve a la zona de colección y salen de la columna aleatoriamente, hacia el concentrado o relave.

La columna de flotación modificada, C3P, su geometría y funcionamiento sirven para mejorar la transferencia de masa y la capacidad de la colección (Rubio, 1996). Esta columna separa las partículas drenadas, desde la zona de espuma (tercer producto) y utiliza un sistema de agua de lavado II, entre la alimentación y la zona de espuma.

El resultado de este equipo es que produce concentrados más enriquecidos al compararse con la columna de flotación convencional. Esta columna fue diseñada por el profesor J. Rubio en Universidad Federal do Rio Grande Do Sul-Brasil (U.F.R.G.S) para obtener tres productos de concentración en contracorriente. La columna de flotación de tres productos ha sido probada en los siguientes sistemas: como flotación rougher - flash de los sulfuros de cobre (Santander y otros, 1994); como flotación cleaner de alimentación de sulfuro de cobre (finos y gruesos) (Rubio, 1996, Valderrama y otros, 2001); como flotación rougher - cleaner de oro (Rubio, 1996); como flotación cleaner de concentrados de sulfuros de Zn-Pb

(Cabral y Rubio, 1996); como flotación rougher - cleaner de fluorita (Rubio y Rodríguez, 1992); como flotación rougher - cleaner de un mineral del oro (Carmona y Diaz 1995; Valderrama y otros, 2000).

Esta columna modificada está construida de tubos de vidrio de diámetro interno de 2,54 cm y una altura de 240 cm. Consiste fundamentalmente de dos tubos paralelos unidos por uno inclinado, el que forma un ángulo de 45° respecto al primer tubo. En este equipo se distinguen cuatro zonas de longitud variable, Zona de Lavado o Intermediaria. Se ubica entre el punto de alimentación y el punto de adición de agua de lavado II. Zona de inflexión. Ubicada entre el punto de agua de lavado II y la parte superior del tubo 2, de longitud variable. Zona de partículas drenadas. Esta se encuentra ubicada entre la parte superior del tubo 2 y el extremo inferior del tubo 1. Zona de Limpieza. Se ubica entre la parte superior de la columna y el extremo superior del tubo 2.

2. PARTE EXPERIMENTAL

Caracterización química de la muestra

La tabla I muestra los análisis químicos realizados al relave del circuito de flotación de oro de la Planta Manuel Antonio Matta, con una granulometría 100% bajo 140 ASTM.

Tabla I - Análisis químico de la muestra de relave

Elementos	Au (g/t)	Ag (g/t)	Cu _T (%)	S (%)	Fe (%)	As (%)	Sb (%)	SiO (%)
Leyes	1,5	2,0	1,90	2,5	7,4	0,02	0,01	42,5

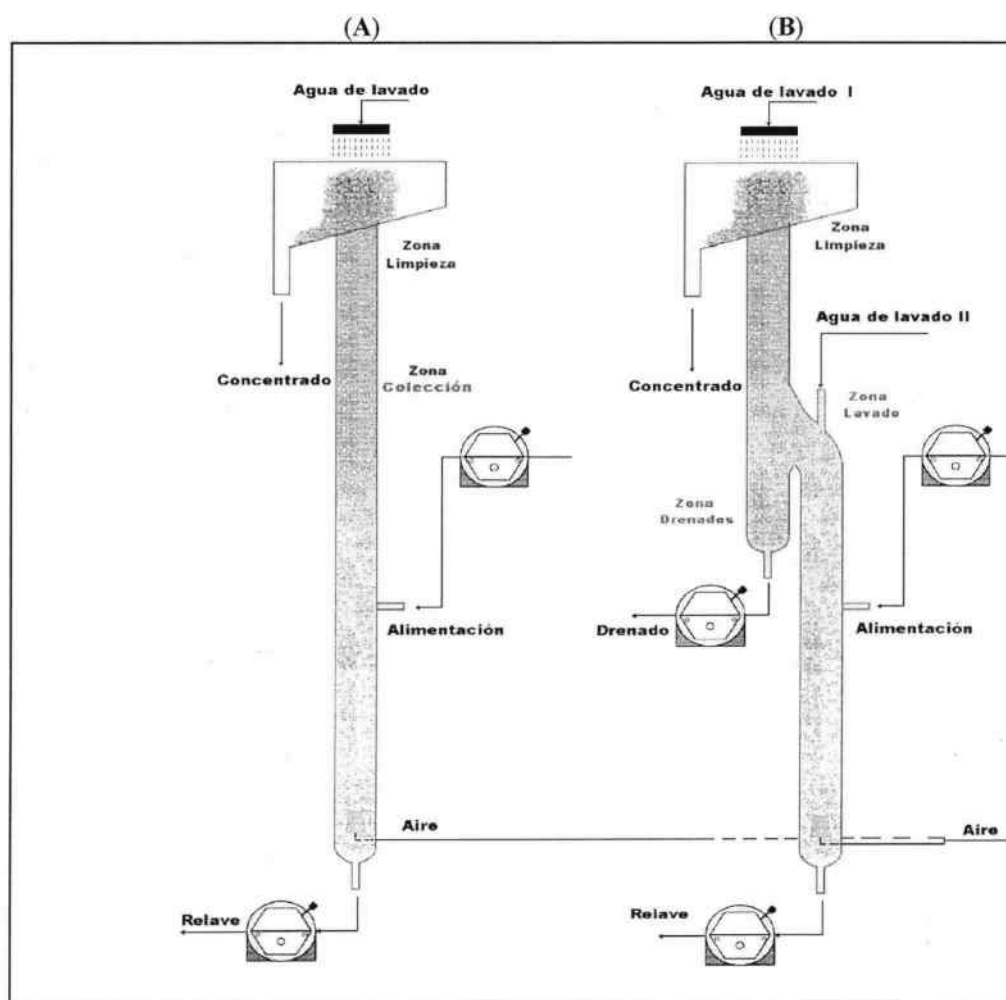


Figura - (A) Columna recta (B) Columna modificada de Flotación

El análisis fue realizado para identificar los constituyentes mineralógicos existentes en la muestra de relave. El análisis mostró que los minerales que conforman el relave son cuarzo, limonita, clorita, sericita, hematita, pirita, biotita, epidota, magnetita, calcita, malaquita, cuprita y oro nativo.

El grado de liberación del oro nativo, se encontraría entre 8 y 200 micrómetro: predominando los tamaños comprendidos

entre 8 y 70 micrómetro con un porcentaje de 67%, los tamaños superiores a 70 micrómetro representan el 33% restante.

Con respecto a la forma, el oro se aprecia en gránulos semi - redondeados y en menor cantidad arborescente - laminar. Apreciándose en su mayoría en estado liberado, en menor cantidad, lo hace incluido en limonita con cuarzo y esporádicamente en piritita.

Metodología

Se realizaron pruebas de flotación en la columna recta y en la columna modificada de laboratorio, con la muestra de relave fresco del circuito de flotación de oro de la planta Manuel Antonio Matta, con una ley promedio de 1,5 [g/t].

En cada prueba se colectaron muestras de alimentación, concentrado, drenado y relave, las que posteriormente fueron preparadas para análisis químico, según lo estandarizado por el Instituto de Investigación Científicas y Tecnológicas IDICTEC.

La tabla 2 indica las condiciones y parámetros operacionales usadas en las pruebas de flotación y las variables de operación (flujo de alimentación, agua de lavado I, flujo de aire) utilizadas en la columna recta y la columna modificada fueron las mismas a excepción del agua de lavado II.

Tabla II - Condiciones y parámetros operacionales

Columna	Recta / Modificada
Granulometría	76.56 % - 200 Tyler
Sólidos en flotación	14-22%
Agua de lavado utilizada	Potable Copiapó
pH	7,43
Tiempo Acondicionamiento	25 minutos
Tiempo de flotación	30 minutos
Agitación	550 r.p.m.
Reactivo	14 [g/t] Aceite de Pino

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La figura 2 muestra los resultados comparativos entre la columna convencional y la C3P en escala de laboratorio para muestras de relave del circuito de oro de la planta Matta. Se observa en la figura que las leyes de oro en los

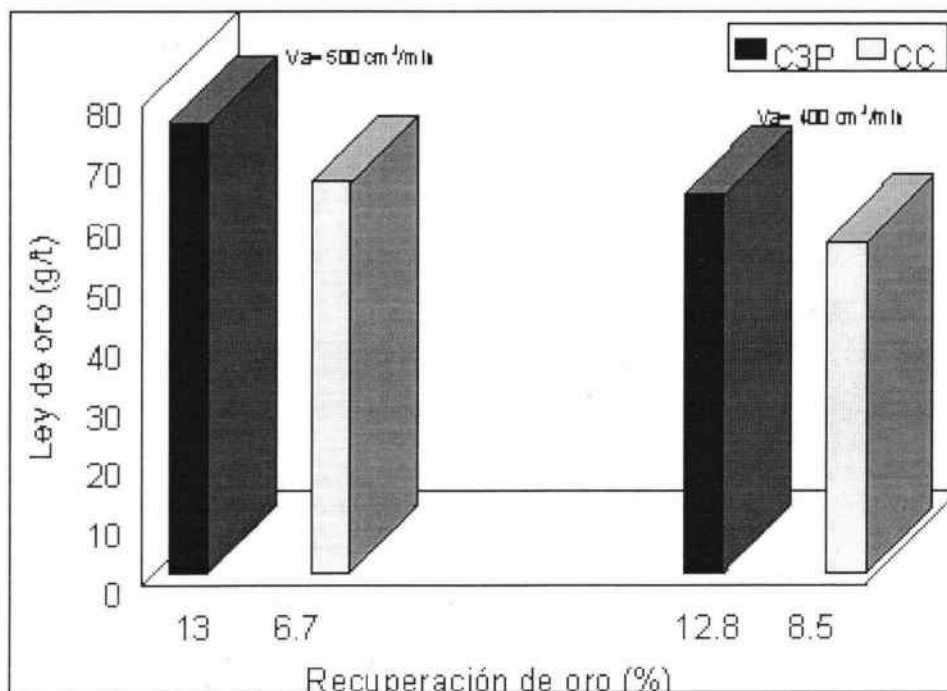


Figura 2 - Flotación de partículas oro en la C3P y CC. Efecto del flujo de alimentación

concentrados de la C3P son mayores que los obtenidos en la columna recta. Un aumento del flujo de alimentación (de 400

cm³/min para 500 cm³/min) produce un incremento en la ley de oro y en la recuperación en la C3P, no así en la columna recta.

En la C3P se obtienen concentrados con leyes de 75 [g/t] y 63,2 [g/t], y recuperaciones de 13,0% y 12,8% para los dos flujos de alimentación, mientras que en la columna recta, se obtienen leyes de 65,1 [g/t] y 55,3 [g/t], con recuperaciones de 6,7% y 8,5%.

La figura 3 muestra que la columna recta produce recuperaciones mayores que la columna de tres productos en casi todo el rango del flujo de aire estudiado. Las demás variables de operación fueron mantenidas constante (velocidad de alimentación 500 cm³/min, agua de lavado I 45 cm³/min, agua de lavado II 45 cm³/min, velocidad de drenado 60 cm³/min). La mayor recuperación de oro (20,1 %) fue obtenida usando un flujo de aire de 450 cm³/min.

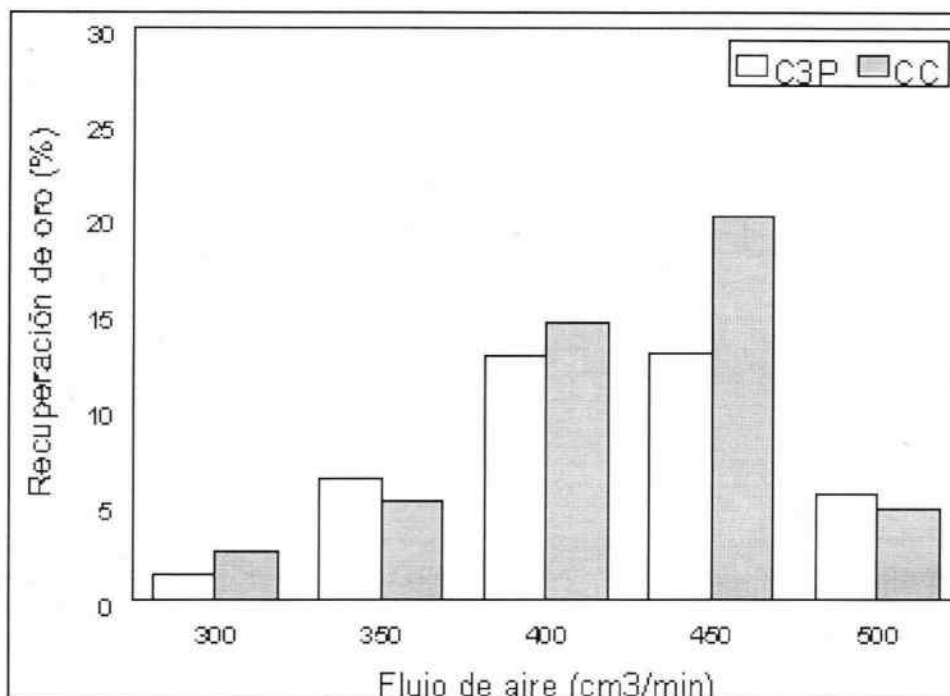


Figura 3 - Flotación de partículas de oro en la C3P y CC. Efecto del flujo de aire en la recuperación de oro

Los resultados presentados en la figura 4, permiten analizar el efecto del flujo de aire en la C3P y en la CC, a escala de laboratorio, en función de la ley de oro en los concentrados. Las demás variables de operación fueron mantenidas constantes como en el caso anterior. El efecto de esta variable muestra que la ley de oro en los concentrados en la C3P es mayor para los flujos (400 y 450 cm³/min) que en la columna recta. En la C3P son obtenidos concentrados casi con la misma ley de oro que el concentrado final producido en la planta. Esto ocurre porque en la C3P la zona de colección queda exenta de material drenado de la fase espuma (mixto y ultrafinos de ganga), caracterizándola como una columna enriquecedora.

La columna modificada, presenta ventajas significativas en relación a la columna recta convencional, produciendo concentrados de mayor ley y con menor contenido de impurezas. Esto es debido a la eliminación parcial de finos de ganga arrastrados a la zona intermedia y que el producto drenado de la fase espuma no se acumula en la interfase pulpa – espuma, como ocurre en la columna recta.

Con las muestras de relave de la Planta M.A. Matta y utilizando la columna modificada se obtienen concentrados más limpios que en la columna recta. Obteniéndose una recuperación final de 13% con una ley de oro en concentrado de 75 g/t.

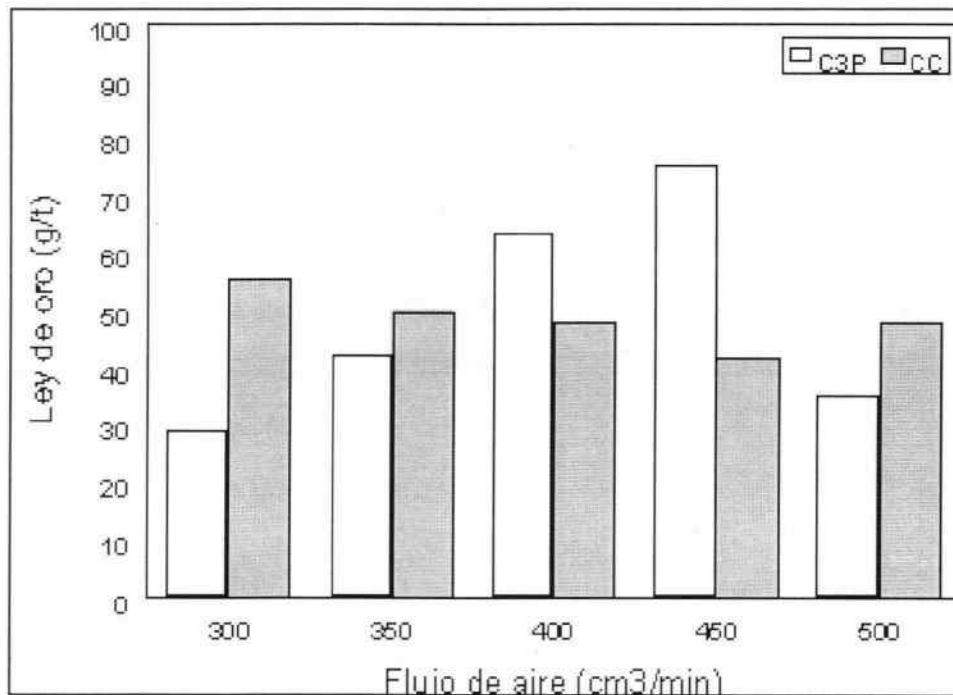


Figura 4 - Flotación de partículas de oro en la C3P y CC. Efecto del flujo de aire en la ley de oro

4. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en este estudio, son posibles las siguientes conclusiones:

- La columna modificada presenta características especiales para el enriquecimiento de estos relaves. Los concentrados obtenidos alcanzan leyes de 75 [g/t] con recuperaciones 13,0 % y razones de enriquecimiento de 46,0. Mientras que en la columna recta se obtienen concentrados con leyes de 65 [g/t], recuperaciones 6,7 % y razones de enriquecimiento de 36,0.
- La columna modificada esta libre de recirculaciones de los productos, en cambio en la columna recta, parte del material de la interfase pulpa - espuma contamina el concentrado y la otra parte drena hacia el relave. La columna recta presenta un comportamiento inestable al variar el flujo de aire, cambiando el régimen del flujo laminar a turbulento, creando vacíos o bolsones de aire, que impiden la adhesión burbuja partícula e influyendo en la recuperación.

5. BIBLIOGRAFIA

- Cabral, S. y Rubio, J., 1996. Flotacão coletiva de sulfetos de Zn e Pb em coluna C3P. Proc. III Mining Italian - Brazilian Congress (Ítalo - Brasileiro de Mineração). Canela - Brasil. Egatea, 11 /96, pp.522 - 530.
- Carmona, L. y Diaz, R. Aplicación de Columna Modificada en mena de oro. Universidad de Atacama. Copiapó - Chile, p 23 - 25, 1995.
- Dobby, G.S. y Finch, J.A. Column flotation: A selected review, Parte II; Min. Eng., (1991), Vol. 4, N° 7-11, p. 911-923.
- Rubinstein, J.B., 1994. Column flotation, Processes, Designs and Practices. Gordon and Breach Science Pub.
- Rubio, J. y Rodriguez, D., 1992. Processo de flotacão de finos de fluorita em coluna modificada. Proc. III Meeting of the Southern Hemisphere on Mineral Technology, Flotacão: Fundamentos, Prática e Meio Ambiente, M.J.G. Salum and V.S.T. Ciminelli, Belo HorizonteMG - Brasil, pp. 369 - 388.
- Rubio, J., 1996. Modified column flotation of mineral particles International Journal of Mineral Processing, pp. 183 - 196.
- Santander, M., Beas, E. y Rubio, J., 1994. Flotación en columna modificada de sulfuros de cobre. Proc. IV Southern Hemisphere Meeting on Mineral Technology, Concepción - Chile, S. Castro and J. Alvarez, (Eds.), 4: 165 - 178.
- Sivamohan, R. The problem of recovering very fine particles in mineral processing - A review. International Journal of Mineral Processing, Amsterdam, v. 28: p. 247- 288, 1990.
- Valderrama, L. Da Rosa, J.J., Santander M. y Rubio, J. Treatment of gold tailings with the 3PC - column flotation. In. Proc. of the XXI Intemational Mineral Processing Congress, Rome, Italy, 23 - 27 de julho de 2000, volume B, p. B9 - 30 - B9 - 36, 2000.
- Valderrama, L., Santander, M. y Rubio, J. Desarrollo de la columna de flotación de tres productos - C3P. Minerales (Chile), 56, 237, p. 13 - 18, 2001.