



ESTUDIOS DE REACTIVOS PARA LA FLOTACIÓN DE SILICATOS CONTENIDOS EN CONCENTRADOS DE HIERRO

L. Valderrama¹, J. Chamorro¹, B. Zazzali¹, A. Rodríguez², A. Díaz³

¹Departamento de Metalurgia, Universidad de Atacama, Avenida Copayapu 485, Copiapó, Chile.

²Superintendente Planta Cerro Negro Norte, CAP Minería, Copiapó, Chile

³Empresa Nacional de Minería, El Salado, Chile.

luis.valderrama@uda.cl

RESUMEN

La presente investigación busca optimizar la dosificación de reactivos en la flotación inversa en una celda neumática. Se realizaron pruebas para evaluar la eficiencia de los reactivos Lilafлот D 817 M, mezcla Clariant y Sokem 504 C, con mineral proveniente de la planta de Pellets y Minas El Romeral. Las variables estudiadas fueron dosificaciones de colector, espumante y depresante. Cada prueba incluyó tres etapas de flotación, cuya cinética de flotación permitió simular tres celdas en serie. La mejor calidad del concentrado para ambas muestras se logró con las siguientes dosificaciones: 140 gt^{-1} de colector Lilafлот D 817 M, 50 gt^{-1} de espumante y nula dosificación de depresante. Para la muestra de Planta de Pellet se obtuvo un concentrado con una ley de 69,7 % de hierro, reduciéndose su contenido de sílice a 1,45 %, mientras que con la muestra de Minas El Romeral se logró un concentrado de 71,37 % de hierro y 0,42 % de sílice.

Palabras claves: Minerales de hierro, reactivos de flotación, silicatos.

ABSTRACT

This research seeks to optimize the dosing of reagents in reverse flotation in a pneumatic cell. Tests were conducted to evaluate the efficiency of the reagents Lilafлот D 817 M, Clariant and Sokem 504 C, with ore from mines El Romeral and Pellets Plant. The studied variables were the dosages of collector, frothers and depressants. Each test included three stages of flotation, whose flotation kinetics allowed to simulate three cells in series. The best quality concentrate for both samples was achieved with the following dosages: 140 gt^{-1} collector Lilafлот D 817 M, 50 gt^{-1} frothers and zero depressant dosage. For Pellets Plant sample was obtained a concentrate with a degree of 69.7% iron, reducing its content of silica to 1.45%, whereas with the sample of Minas El Romeral a concentrate of 71.37 % of iron and 0.42 % silica was produced.

Keywords: Iron minerals, flotation reagents, silicates.

1. INTRODUCCIÓN

Debido a la gran competitividad que existe actualmente, ya sea en los mercados nacionales e internacionales, las empresas han debido perfeccionar sus procesos; probando reactivos y dosificaciones, diferentes a las usadas regularmente, con el fin de obtener un concentrado con mayor ley, para luego transformarlo en un Pellets que cumpla con las normas y estándares exigidas en el mercado [1, 2].

La ventaja de este proceso es que permite producir pellets de calidad uniforme al separar la operación de endurecimiento en dos etapas, una parrilla móvil para el secado y precalentado de los pellets verdes y un horno rotatorio para lograr la uniformidad en el quemado [3, 4].

El producto obtenido en la mina Los Colorados, que contiene entre 58% al 61% de hierro, se denomina preconcentrado. Este producto es enviado a la Planta de Pellets, donde es alimentado a los procesos de molienda y concentración magnética vía húmeda, con el propósito de reducir las partículas a una granulometría adecuada para eliminar las impurezas y obtener una superficie específica adecuada para la peletización. El concentrado magnético se filtra, luego se mezcla con cal hidratada y caliza de alta pureza y se envía a los discos peletizadores, que actúan como aglomerantes en el proceso de balling y escorificante en la etapa de endurecimiento térmico [5].

Minas El Romeral se ubica al Noreste de la ciudad de La Serena y se conecta a su puerto de Guayacán a través de una línea férrea de 38 km. Su capacidad alcanza a los 3,9 millones de toneladas anuales: 800.000 toneladas de granzas, 2.000.000 toneladas de finos y 1.100.000 toneladas de Pellet Feed.

En planta Pellets la flotación se realiza en dos líneas paralelas que poseen tres celdas de flotación neumática cada una, con una capacidad de 48 m³ y 4,5 m diámetro interior. Los reactivos utilizados en esta etapa para la depresión de fierro y colección de sílice son: 200 gt⁻¹ Dextrina-182, 120 gt⁻¹

Lilafлот D-817-M y 50 gt⁻¹ MIBC [4, 6].

El proceso de flotación entrega como productos finales un concentrado de hierro y una cola final, que es enviada al cajón de traspaso, para luego se enviada al mar a través del emisario submarino.

La presente investigación busca optimizar la dosificación de reactivos, mediante flotación neumática inversa, en la que se depresa la especie útil, la magnetita (Fe₃O₄), y se flota la impureza, que corresponde a la sílice (SiO₂). El material utilizado en las pruebas fue proporcionado por Planta de Pellets y Minas El Romeral [4].

2. METODOLOGIA

2.1 Materiales y Equipos.

El material proveniente de las plantas de Pellets y Minas El Romeral se homogenizó en un agitador de 1.000 L de capacidad, conectado a una bomba centrífuga encargada de recircular la muestra para un mejor efecto de mezclado. Durante este proceso de homogeneización de la pulpa se tomó una muestra de cabeza. Una vez finalizada la homogenización el material se guardó en tambores para su tratamiento posterior.

En las pruebas de flotación se utilizó una celda neumática de laboratorio, de 20 cm de diámetro y 25 litros de capacidad. La pulpa se acondicionó en un estanque agitador de acero inoxidable de 50 litros acoplada a una bomba peristáltica SP-25.

El estudio se dividió en tres etapas. En la primera etapa, en el tiempo 0, se colectó muestras tanto para la cola como para el concentrado. La segunda etapa, que abarcó desde el tiempo 0 hasta los 8 minutos, cada 2 minutos se realizó un muestreo (con un vaso precipitado) solamente a las colas, pues el concentrado se muestreó a los 8 min. Para la tercera etapa, se procedió de la misma forma, desde los 8 minutos hasta 16 minutos. A partir del minuto 16 se continuó flotando, pero el concentrado no retornó al estanque sino que se depositó en un balde, el cual se denominó concentrado final.

Los productos obtenidos en las pruebas (muestras de cabeza, concentrados y colas) se dejaron sedimentar en forma natural; posteriormente se extrajo la mayor cantidad de agua posible y se trasvasió la muestra en bandejas. Las bandejas fueron secadas en un horno de secado, a una temperatura de 90 °C, por un tiempo de alrededor de 3 horas. Finalmente, las muestras fueron disgregadas, homogeneizadas y cuarteadas, obteniéndose paquetes preparados para su respectiva caracterización. El análisis granulométrico se realizó en una serie de tamices que consideró las mallas 100, 150, 200, 270, 325 y -325. La muestra para análisis químico fue reducida de tamaño y analizada por los elementos: Fe y SiO₂; en casos particulares se analizaron los elementos V, TiO₂, Na₂O, K₂O, Cu, P y S.

2.2 Procedimiento de Operación de Celda Neumática.

Para cada una de las pruebas de flotación en la celda neumática, se consideraron tres etapas de flotación, las que se obtuvieron a través de cinéticas realizadas a las muestras, es decir, simulando tres celdas en serie.

La pulpa fue transportada a la celda neumática mediante una bomba peristáltica, siendo el volumen tratado de 35 L y el porcentaje de sólido de 35%, lo que determinó un tiempo de flotación de 8 minutos por etapa.

Antes de ingresar la alimentación a la celda, el material se desfloculó magnéticamente por

medio de una bobina. El tiempo de flotación se inicia una vez que la celda se llenó y la espuma empieza a rebosar, debido a que el cono se encuentra sumergido un 90% de su altura.

El concentrado obtenido se recircula al agitador mediante una manguera, manteniendo un caudal de alimentación constante de 4,5 L/min. El aire fue inyectado al sistema de aireación por medio de un compresor. El tiempo de acondicionamiento fue de 10 minutos para el depresante y 5 minutos para el colector y espumante. La figura 1 muestra la celda neumática y los equipos anexos utilizados en las distintas pruebas.

Las pruebas de cinética de flotación se realizaron tomando muestras simultáneas de la alimentación y descarga, a intervalos de tiempo de 0, 1, 3, 5, 8, 15, 20, 25, 30, 40, 60 min, siendo el tiempo total por prueba de 60 min. y la altura del cono constante (90% sumergida).

Las diferentes pruebas se obtuvieron a partir de un diseño experimental factorial del tipo 2ⁿ, con una repetición con el nivel medio. Las variables consideradas fueron la dosificación de colector, de espumante y de depresante. La respuesta analizada fue el porcentaje de Fe en el concentrado, lo que fue corroborado por los modelos matemáticos de pruebas entregadas por el software "Statgraphics".

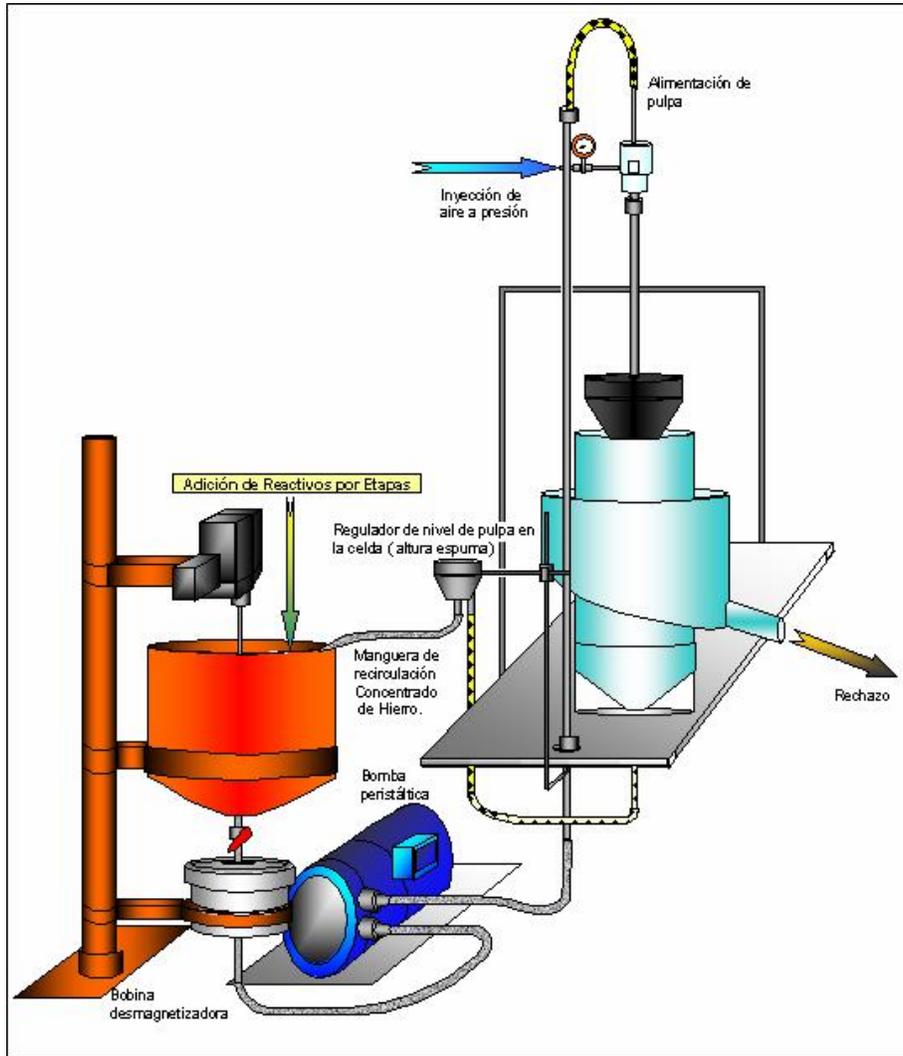


Figura 1. Disposición de los equipos para las pruebas de flotación.

En las pruebas de flotación el tiempo de acondicionamiento fue de 5 min cuando no se agrega depresante y de 15 min cuando se agrega depresante.

La salida de la espuma se limpió constantemente usando una pizeta con agua. Para que se realice la flotación se necesita un flujo de aire, el que se reguló mediante un flujómetro ubicado en el tablero de control. La mayoría de las veces las muestras se

tomaron en la alimentación, concentrado y colas, las que fueron secadas y analizadas químicamente.

3. RESULTADOS

Los análisis químicos realizados a las muestras de alimentación, tanto como para Minas El Romeral y como para Planta Pellets, se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Análisis químico de alimentación de Planta Pellets y Minas El Romeral

| Componente | Fe | P | S | SiO ₂ | V | Cu | Ti | Na ₂ O | K ₂ O |
|----------------|-------|-------|-------|------------------|------|-------|-------|-------------------|------------------|
| Planta Pellets | 67,97 | 0,01 | 0,012 | 2,7 | 0,30 | 0,001 | 0,110 | 0,08 | 0,06 |
| El Romeral | 67,03 | 0,024 | 0,045 | 3,67 | 0,32 | 0,14 | 0,008 | 0,23 | 0,05 |

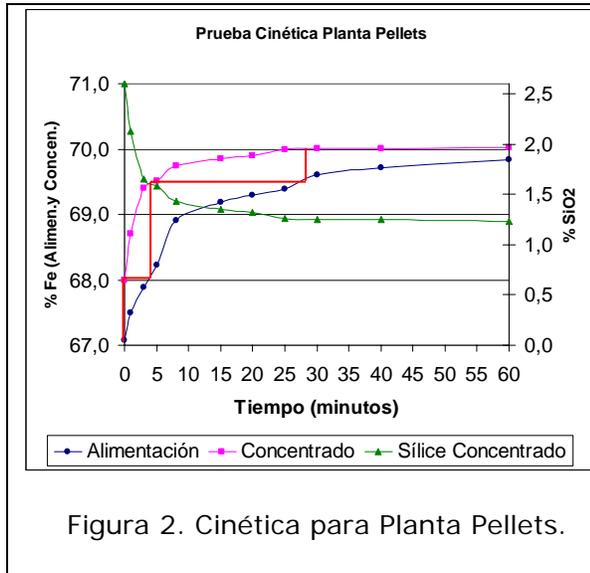


Figura 2. Cinética para Planta Pellets.

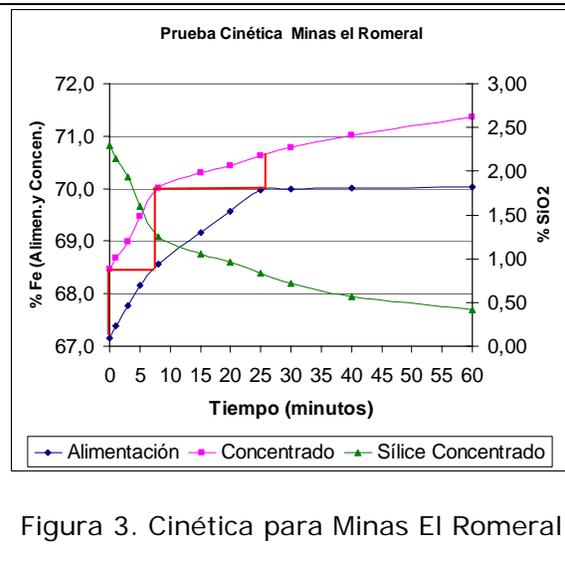


Figura 3. Cinética para Minas El Romeral

Las figuras 1 y 2 muestran los resultados de las cinéticas de flotación, para las tres etapas de flotación de ambos materiales.

El diseño experimental realizado para estas pruebas, junto a las respuestas obtenidas, se muestran en las tablas 3 a 7. El principal análisis se hace directamente sobre las respuestas obtenidas, debido a que este tipo

de diseño presenta todos los resultados y además todas las combinaciones posibles entre los factores involucrados. Los resultados de este diseño, obtenidos con la ayuda del programa computacional "Statgraphics", fueron analizados en los diagramas Pareto para la determinación de los factores más influyentes.

Tabla 2. Resultados obtenidos con reactivo Lilafлот D 817 M, con muestra de Planta Pellets.

| Nº | Reactivos | | | Concentrado | | Relaves | | Cálculos | | |
|----|------------------|------------------|------------------|-------------|------------------|---------|------------------|----------|-------|------------------------|
| | Colec. | Esp. | Depr. | Fe | SiO ₂ | Fe | SiO ₂ | Rp | Rm Fe | Elim. SiO ₂ |
| | gt ⁻¹ | gt ⁻¹ | gt ⁻¹ | % | % | % | % | % | % | % |
| 1 | 80 | 20 | 0 | 68,63 | 2,18 | 44,68 | 18,32 | 97,87 | 98,60 | 15,48 |
| 2 | 140 | 20 | 0 | 69,38 | 1,67 | 49,27 | 15,22 | 93,93 | 95,61 | 37,06 |
| 3 | 80 | 50 | 0 | 69,04 | 1,90 | 47,65 | 16,32 | 98,27 | 98,80 | 13,14 |
| 4 | 140 | 50 | 0 | 69,70 | 1,45 | 55,32 | 11,15 | 95,41 | 96,32 | 26,94 |
| 5 | 80 | 20 | 50 | 68,22 | 2,45 | 43,08 | 19,40 | 99,84 | 99,90 | 1,25 |
| 6 | 140 | 20 | 50 | 68,29 | 2,40 | 46,50 | 17,09 | 99,36 | 99,56 | 4,39 |
| 7 | 80 | 50 | 50 | 68,73 | 2,11 | 42,78 | 19,60 | 99,42 | 99,64 | 5,13 |
| 8 | 140 | 50 | 50 | 69,50 | 1,59 | 50,82 | 14,18 | 96,41 | 97,35 | 24,92 |
| 9 | 110 | 35 | 25 | 68,91 | 1,99 | 44,71 | 18,30 | 99,09 | 99,41 | 7,79 |

Tabla 3. Resultados obtenidos con reactivo mezcla Clariant, con muestra de Planta Pellets.

| N° | Reactivos | | | Concentrado | | Relaves | | Cálculos | | |
|----|------------------|------------------|------------------|-------------|------------------|---------|------------------|----------|-------|------------------------|
| | Colec. | Esp. | Depr. | Fe | SiO ₂ | Fe | SiO ₂ | Rp | Rm Fe | Elim. SiO ₂ |
| | gt ⁻¹ | gt ⁻¹ | gt ⁻¹ | % | % | % | % | % | % | % |
| 1 | 80 | 20 | 0 | 68,23 | 2,39 | 51,47 | 13,17 | 99,46 | 99,59 | 2,88 |
| 2 | 140 | 20 | 0 | 68,53 | 2,20 | 56,61 | 9,86 | 96,22 | 96,86 | 14,95 |
| 3 | 80 | 50 | 0 | 68,61 | 2,15 | 52,74 | 12,35 | 97,16 | 97,81 | 14,36 |
| 4 | 140 | 50 | 0 | 68,76 | 2,05 | 57,23 | 9,46 | 94,10 | 95,04 | 22,41 |
| 5 | 80 | 20 | 50 | 68,18 | 2,43 | 50,35 | 13,89 | 99,44 | 99,59 | 3,13 |
| 6 | 140 | 20 | 50 | 68,17 | 2,43 | 53,39 | 11,93 | 98,92 | 99,15 | 5,10 |
| 7 | 80 | 50 | 50 | 68,27 | 2,37 | 52,05 | 12,79 | 98,77 | 99,06 | 6,32 |
| 8 | 140 | 50 | 50 | 68,38 | 2,30 | 57,27 | 9,44 | 99,10 | 99,25 | 3,60 |
| 9 | 110 | 35 | 25 | 68,68 | 2,10 | 52,72 | 12,36 | 98,18 | 98,60 | 9,81 |

De las tablas 2, 3 y 4 se puede indicar que la variable más significativa para el proceso en Planta Pellets es la dosificación del espumante, sin importar el tipo de colector utilizado. Para la mezcla Clariant y Sokem 504 C, se observa que el colector tiene poca importancia, ya que se encuentra en el último lugar.

Analizando estos resultados sobre la base de maximizar la ley de hierro en el concentrado

obtenido, se observa en los efectos principales, donde se produce un efecto positivo en los factores dosificación de colector y de espumante, en cambio con la dosificación del depresante se tiene una influencia negativa. En lo referente a minimizar el contenido de sílice, la dosificación de colector y de espumante tienen un efecto positivo; no así la dosificación del depresante, que lo afecta negativamente.

Tabla 4. Resultados obtenidos con reactivo Sokem 504 C, con muestra de Planta Pellets.

| N° | Reactivos | | | Concentrado | | Relaves | | Cálculos | | |
|----|------------------|------------------|------------------|-------------|------------------|---------|------------------|----------|-------|------------------------|
| | Colec. | Esp. | Depr. | Fe | SiO ₂ | Fe | SiO ₂ | Rp | Rm Fe | Elim. SiO ₂ |
| | gt ⁻¹ | gt ⁻¹ | gt ⁻¹ | % | % | % | % | % | % | % |
| 1 | 180 | 20 | 0 | 68,63 | 2,35 | 35,92 | 22,25 | 99,69 | 99,84 | 2,82 |
| 2 | 230 | 20 | 0 | 68,78 | 2,26 | 38,65 | 20,59 | 99,83 | 99,91 | 1,49 |
| 3 | 180 | 50 | 0 | 68,74 | 2,28 | 42,42 | 18,30 | 99,77 | 99,86 | 1,80 |
| 4 | 230 | 50 | 0 | 68,87 | 2,20 | 40,64 | 19,38 | 98,80 | 99,29 | 9,69 |
| 5 | 180 | 20 | 50 | 68,30 | 2,55 | 35,92 | 22,25 | 99,10 | 99,53 | 7,31 |
| 6 | 230 | 20 | 50 | 68,60 | 2,37 | 40,75 | 19,31 | 99,39 | 99,64 | 4,77 |
| 7 | 180 | 50 | 50 | 68,72 | 2,29 | 39,02 | 20,37 | 98,86 | 99,35 | 9,33 |
| 8 | 230 | 50 | 50 | 68,73 | 2,29 | 41,08 | 19,11 | 98,99 | 99,39 | 7,88 |
| 9 | 205 | 35 | 25 | 68,58 | 2,38 | 39,51 | 20,07 | 99,24 | 99,56 | 6,05 |

Tabla 5. Resultados obtenidos con Lilafлот D 817 M, con muestra de Minas El Romeral.

| N° | Reactivos | | | Concentrado | | Relaves | | Cálculos | | |
|----|------------------|------------------|------------------|-------------|------------------|---------|------------------|----------|-------|------------------------|
| | Colec. | Esp. | Depr. | Fe | SiO ₂ | Fe | SiO ₂ | Rp | Rm Fe | Elim. SiO ₂ |
| | gt ⁻¹ | gt ⁻¹ | gt ⁻¹ | % | % | % | % | % | % | % |
| 1 | 80 | 20 | 50 | 67,53 | 3,30 | 45,07 | 20,15 | 99,69 | 99,79 | 1,87 |
| 2 | 80 | 50 | 0 | 69,84 | 1,57 | 44,67 | 20,44 | 97,62 | 98,46 | 24,13 |
| 3 | 110 | 35 | 25 | 69,58 | 1,76 | 49,00 | 17,20 | 98,49 | 98,93 | 12,97 |
| 4 | 80 | 20 | 0 | 69,27 | 2,00 | 54,30 | 13,22 | 95,46 | 96,40 | 23,96 |
| 5 | 80 | 50 | 50 | 69,15 | 2,09 | 49,90 | 16,52 | 98,86 | 99,17 | 8,38 |
| 6 | 140 | 50 | 0 | 71,37 | 0,42 | 63,97 | 5,97 | 89,05 | 90,08 | 63,46 |
| 7 | 140 | 50 | 50 | 70,79 | 0,86 | 61,62 | 7,73 | 94,44 | 95,12 | 34,69 |
| 8 | 140 | 20 | 50 | 70,04 | 1,42 | 51,68 | 15,19 | 96,79 | 97,61 | 26,21 |
| 9 | 140 | 20 | 0 | 71,15 | 0,59 | 64,82 | 5,33 | 93,05 | 93,63 | 40,41 |

Con respecto a las tablas 5, 6 y 7 se observa la variable más significativa para el proceso en Minas El Romeral es la dosificación del colector. Para Lilafлот D 817 M y Sokem 504 C, se apreció que el depresante se encuentra como segundo lugar.

Para maximizar la ley de hierro en el concentrado, se observa en los efectos principales que se produce un efecto positivo en los factores: dosificación de colector y de espumante, en cambio con la dosificación del depresante se tiene una influencia negativa. En lo referente a minimizar el contenido de sílice, la dosificación de colector y de espumante tienen un efecto positivo; no así la dosificación del depresante, que lo afecta negativamente.

Se aprecia que el reactivo que tuvo mejor comportamiento en las flotaciones y

utilizando dosificaciones de 80 gt⁻¹ como mínimo, fue Lilafлот D 817 - M. Este reactivo actúa sin problemas, pero como condición se debe utilizar una cantidad de 20 gt⁻¹ de espumante como mínimo, y es recomendable trabajar sin depresante. Las mejores leyes alcanzadas son 71,37% de Fe y 0,42% de SiO₂, con dosificaciones de 140 gt⁻¹ de colector y 50 gt⁻¹ de espumante.

El reactivo mezcla Clariant las mejores leyes alcanzadas son 70,84% de Fe y 0,65% de SiO₂, con dosificaciones de 140 gt⁻¹ de colector y 50 gt⁻¹ de espumante.

Con el reactivo Sokem 504 C, las mejores leyes alcanzadas son 70,66% de Fe y 1,02% de SiO₂, con dosificaciones de 230 gt⁻¹ de colector, 50 gt⁻¹ de espumante y sin depresante.

Tabla 6. Resultados obtenidos con la mezcla Clariant, con muestra de Minas El Romeral.

| N° | Reactivos | | | Concentrado | | Relaves | | Cálculos | | |
|----|------------------|------------------|------------------|-------------|------------------|---------|------------------|----------|-------|------------------------|
| | Colec. | Esp. | Depr. | Fe | SiO ₂ | Fe | SiO ₂ | Rp | Rm Fe | Elim. SiO ₂ |
| | gt ⁻¹ | gt ⁻¹ | gt ⁻¹ | % | % | % | % | % | % | % |
| 1 | 80 | 20 | 0 | 67,18 | 3,50 | 50,31 | 16,66 | 99,41 | 99,56 | 2,76 |
| 2 | 80 | 50 | 0 | 69,66 | 1,57 | 58,90 | 9,96 | 95,72 | 96,36 | 22,08 |
| 3 | 80 | 50 | 50 | 68,22 | 2,69 | 47,69 | 18,71 | 99,66 | 99,76 | 2,32 |
| 4 | 80 | 20 | 50 | 67,10 | 3,57 | 48,79 | 17,85 | 99,89 | 99,92 | 0,54 |
| 5 | 140 | 20 | 0 | 70,57 | 0,86 | 62,43 | 7,21 | 97,67 | 97,93 | 16,68 |
| 6 | 140 | 50 | 50 | 69,94 | 1,35 | 56,40 | 11,91 | 97,86 | 98,27 | 16,17 |
| 7 | 140 | 20 | 50 | 69,67 | 1,56 | 52,48 | 14,97 | 95,35 | 96,45 | 31,87 |
| 8 | 110 | 35 | 25 | 69,58 | 1,63 | 54,75 | 13,20 | 94,54 | 95,65 | 31,84 |
| 9 | 140 | 50 | 0 | 70,84 | 0,65 | 59,92 | 9,17 | 94,60 | 95,39 | 44,62 |

Tabla 7. Resultados obtenidos con reactivo Sokem 504 C, con muestra de Minas El Romeral.

| N° | Reactivos | | | Concentrado | | Relaves | | Cálculos | | |
|----|------------------|------------------|------------------|-------------|------------------|---------|------------------|----------|-------|------------------------|
| | Colec. | Esp. | Depr. | Fe | SiO ₂ | Fe | SiO ₂ | Rp | Rm Fe | Elim. SiO ₂ |
| | gt ⁻¹ | gt ⁻¹ | gt ⁻¹ | % | % | % | % | % | % | % |
| 1 | 180 | 20 | 0 | 68,60 | 2,40 | 58,83 | 9,36 | 93,35 | 94,24 | 21,72 |
| 2 | 180 | 50 | 50 | 68,10 | 2,76 | 51,57 | 14,53 | 96,37 | 97,23 | 16,55 |
| 3 | 180 | 20 | 50 | 67,27 | 3,35 | 54,56 | 12,40 | 98,27 | 98,59 | 6,12 |
| 4 | 180 | 50 | 0 | 69,90 | 1,48 | 57,48 | 10,32 | 89,53 | 91,23 | 44,95 |
| 5 | 205 | 35 | 25 | 70,02 | 1,39 | 61,64 | 7,36 | 98,57 | 98,74 | 7,13 |
| 6 | 230 | 20 | 50 | 70,06 | 1,44 | 57,06 | 10,63 | 96,54 | 97,16 | 20,92 |
| 7 | 230 | 20 | 0 | 70,58 | 1,07 | 57,70 | 10,18 | 96,58 | 97,19 | 25,11 |
| 8 | 230 | 50 | 50 | 70,29 | 1,28 | 57,33 | 10,44 | 97,15 | 97,66 | 19,35 |
| 9 | 230 | 50 | 0 | 70,66 | 1,02 | 59,79 | 8,70 | 97,98 | 98,28 | 15,02 |

4. CONCLUSIONES

Las diversas pruebas de flotación muestran que la mejor calidad de concentrado se obtiene con Lilafloc D 817 M, con dosificaciones de 140 gt⁻¹ de colector, 50 gt⁻¹ de espumante y sin depresante, obteniéndose una ley de hierro de 69,70 % y una reducción el contenido de sílice a 1,45 %. En el caso de los reactivos Sokem 504 C y mezcla Clariant, se concluye que los reactivos no son adecuados para la flotación de los minerales estudiados, ya que se requiere dosificaciones muy altas, y se obtienen leyes de concentrado inferiores al mínimo para una la ley de corte (69,00% Fe y 1,90% SiO₂).

5. REFERENCIAS

- [1] Iwasaki, I. Iron Ore Flotation – Historical Perspective and Future Prospects, in *Advances in Flotation Technology*, Parekh, B.K., and Miller J.D., 1999, p. 231-243.
- [2] Houot, R. Beneficiation of Iron Ore by Flotation, *Inter. J. Min. Process*, Vol 10, 1983, p 183-204.
- [3] Díaz, D. Obtención de Concentrado de Hierro desde el Bajo Flujo del Espesador de Colas en Planta de Pellets Huasco. Trabajo de Titulación, Universidad de Atacama, 2003.
- [4] Díaz A. Estudio de flotación de silicatos en concentrados de hierro. Trabajo de Titulación, Universidad de Atacama. 2007.
- [5] Iwasaki, I., Carlson, W.J. The use of starches and starch derivatives and depressants and flocculants in iron ore beneficiation, *Society of mining engineers, AIME Transactions*, Vol. 244, 1969, p 88-98.
- [6] Szatkowski, M., and Freyberger, W. L. The effect of bubble size distribution on selectivity of Iron Flotation, *International Journal of Mineral processing*. 1983.