

Aumento de recuperación de concentrado fosfático y mejoramiento de la calidad del agua en espesador convencional

Increased recovery of phosphate concentrate and improvement of water quality in conventional thickener

Rubén H. Olcay Barreda<sup>1</sup>  
Christian A. Hernández Osorio<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>UNAP, Universidad Arturo Prat, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Metalurgia y Minas, Av. Arturo Prat #2120, Chile ([rolcay@unap.cl](mailto:rolcay@unap.cl), [chernand@unap.cl](mailto:chernand@unap.cl))



## RESUMEN

**E**l presente trabajo evaluó la substitución de antiespumante por floculante en un espesador convencional de concentrado fosfático, con objetivo de aumentar al máximo la recuperación en masa y viabilizar la reutilización del agua del sobrenadante al proceso de flotación. La evaluación consistió en la caracterización físico-química de los concentrados obtenidos, selección de floculante y dosis requerida mediante pruebas de sedimentación discontinua en probetas de 1000ml con concentraciones de 10% en masa de pulpa alimentada, también fueron realizados ensayos de flotación discontinua de mineral fosfático con las aguas del sobrenadante obtenidas con el uso de cada reactivo. Los principales resultados obtenidos fueron una densidad media del concentrado de  $2,69\text{g/cm}^3$  y granulometría muy fina con 100% pasante en 100 micrones, el análisis químico indicó principalmente la presencia de pentóxido de difósforo y óxido de calcio, con menor cantidad de óxidos de magnesio, dióxido de silicio, óxido férrico entre otros. Las pruebas de floculación indicaron como ideal la adición de 30g/TMS de concentrado alimentado, la reducción de turbidez y dureza del sobrenadante con uso del floculante comparado al antiespumante fue del 99% y 94% respectivamente. Los ensayos de flotación indicaron que es viable la reutilización del sobrenadante con uso de floculante, pero no con uso de antiespumante. Se estima industrialmente un aumento de 15% en recuperación en masa de concentrado fosfático y reutilización de  $140\text{m}^3/\text{h}$  de agua de proceso, por lo cual se recomienda la substitución del antiespumante por floculante.

**Palabras Clave:** fosfato, floculación, reutilización de agua.

## ABSTRACT

The present work evaluated the replacement of antifoam by flocculant in a conventional thickener of phosphate concentrate, with the objective of increase to the maximum of mass recovery and allow the water reuse of overflow in the flotation process. The evaluation consisted in the physical-chemical characterization of the concentrates

obtained, the choice and concentration of flocculant determined by experiments of discontinuous sedimentation in cylinder graduate of 1000ml with concentrations of 10% in mass of slurry fed, also was made batch flotation tests of phosphate mineral with use of overflows obtained with each reagent. The main results were an average density of the concentrate of  $2,69\text{g/cm}^3$  and granulometry very fine with 100% passing in 100 microns, the chemical analysis indicated mainly the presence of diphosphorus pentoxide and calcium oxide with lower amount of magnesium oxide, silicon dioxide and ferric oxide among others. The flocculation tests indicated ideally the addition of 30g/DMT of concentrate fed, the reduction of turbidity and hardness of overflow with use of flocculant compared to antifoam was 99% and 94% respectively. The flotation tests indicated that the reuse of overflow using flocculant is feasible, but not with the use of antifoam. It is estimated industrially an increase of 15% in mass recovery of phosphate concentrate and reuse of  $140\text{m}^3/\text{h}$  of process water. For which it is recommended the replacement of the antifoam by flocculant.

**Keywords:** Phosphate, flocculation, water reuse.

## INTRODUCCIÓN

Una de las principales bases para la sustentabilidad de los procesos minero-metalúrgicos es la de generar el mínimo posible de desperdicios tanto de insumos como de productos por diversos motivos, tales como: costos operacionales, cuidados ambientales, aspectos legales entre otros. El presente trabajo objetiva evaluar la substitución del uso de antiespumante por floculante en el espesador convencional de concentrado fosfático. La selección del floculante se realizó en escala de laboratorio con pruebas de sedimentación discontinua y desempeño de la flotación mineral con uso del sobrenadante con antiespumante y floculante para efectos comparativos, se busca aumentar la recuperación en masa de concentrado fosfático del espesador convencional y mejorar la calidad del agua del sobrenadante para recirculación al proceso de concentración mineral. Se esperan generar mejoras de proce-

so, tales como de tipo ambiental y económica en la cadena productiva.

## PARTE EXPERIMENTAL

La caracterización de la muestra mineral formada por la alimentación al espesador de concentrado consistió en la determinación de la densidad media por picnómetro, análisis de fluorescencia de rayos x, análisis granulométrico por tamizaje y Cilas para tamaños inferiores a 400# Tyler. Los floculantes evaluados fueron de tipo: aniónico (FlocA1 y FlocA2), catiónico (FlocC1 y FlocC2) y no iónico (FlocN1 y FlocN2). Para la selección del floculante se realizaron pruebas de sedimentación discontinua y espesamiento en probetas de 1000ml con pulpas de 10% de sólidos en masa, las soluciones de floculante tuvieron una concentración de 0,025%M/V, las dosis evaluadas fueron de 10, 20, 30, 40 y 50g/TMS en donde se determinó la velocidad de sedimentación y analizó el porcentaje de sólidos de sus sedimentos, también fue analizado el sobrenadante en parámetros de turbidez, dureza y pH. Las pruebas de flotación fueron realizadas en celda Denver de 3000ml con uso del sobrenadante tratado con floculante y antiespumante mediante procedimiento establecido para mineral fosfático de la operación industrial.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La densidad media del concentrado fosfático que alimenta al espesador convencional fue de 2,69g/cm<sup>3</sup>, determinada a través de tres mediciones conforme se presenta en la Tabla 1. El análisis químico de dicha muestra mineral se presenta en la Tabla 2.

Tabla 1. Densidad del concentrado fosfático de la alimentación al espesador convencional.

Concentrado	Muestra I	Muestra II	Muestra III	Media
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	2,69	2,70	2,68	2,69

Tabla 2. Análisis químico del concentrado fosfático por fluorescencia de rayos x.

Composición (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	27,73	51,61	1,89	0,73	0,35	0,63	0,16	0,12

Como puede ser observado en la Tabla 2, los principales compuestos presentes en el concentrado son el pentóxido de difósforo y óxido de calcio, también fue evidenciada la presencia en menores cantidades de óxidos de magnesio, dióxido de silicio, óxido férrico entre otros.

La granulometría del concentrado fosfático se realizó por tamizaje entre 65 y 400# Tyler y granulómetro Cilas para la fracción menor 400# Tyler, las Figura 1(a) y 1(b) presentan los respectivos resultados obtenidos.

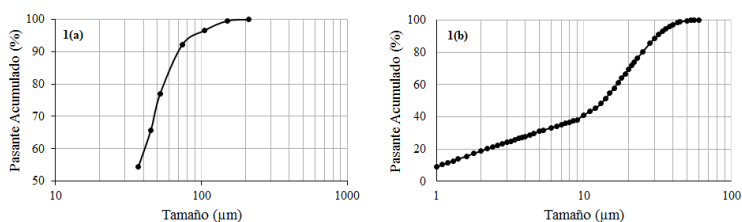


Figura 1. (a) Granulometría superior a 400# Tyler, (b) Granulometría inferior a 400# Tyler.

Se observa en la Figura 1(a) que el 80% pasante del concentrado fosfático posee un tamaño inferior de 60µm y que la fracción de mineral menor a 37µm fue de aproximadamente 55%. En la Figura 1(b) se observa que el 80% pasante tiene un tamaño de 25µm, es decir, el concentrado fosfático contiene una cantidad considerable de partículas muy finas que desfavorecen la velocidad de sedimentación natural y aumentan el consumo de reactivos. La velocidad de sedimentación del concentrado fosfático sin adición de floculante fue de 0,075cm/s, la Figura 2 presenta los resultados de la velocidad de sedimentación obtenida con el uso de los diferentes tipos y dosis de floculantes.

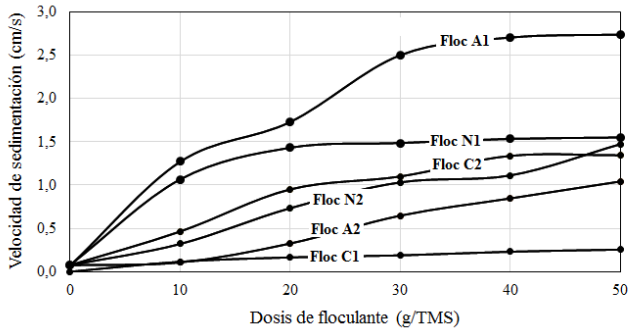


Figura 2. Velocidades de sedimentación versus tipo y dosis de flocculantes.

El mejor desempeño lo obtuvo el flocculante FloccA1, para una dosis de 30g/TMS se obtuvo una velocidad de sedimentación de 2,50cm/s, es decir, un incremento de 33 veces. En la Figura 3(a) se presenta el porcentaje de sólidos del sedimento para diferentes dosis del flocculante FloccA1 y en la Figura 3(b) se presenta la turbidez obtenida del sobrenadante después de 600s de sedimentación discontinua.

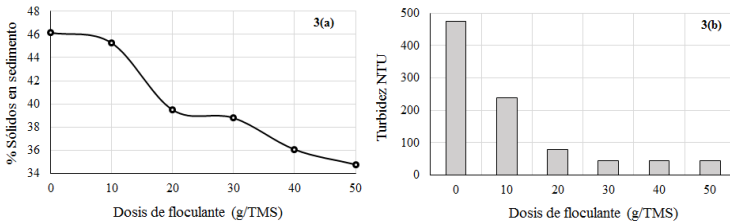


Figura 3. (a) Porcentaje de sólidos del sedimento versus dosis de flocculante FloccA1, (b) Grado de turbidez del sobrenadante versus dosis de flocculante FloccA1.

En la Figura 3(a) es posible observar que el porcentaje de sólidos en masa fue de 46% sin adición de flocculante y para una dosis de 30g/TMS presentó una reducción en torno del 15% por la mayor retención de agua en el sedimento, se espera que dicha diferencia en escala industrial sea menor por la reducción del consumo específico de flocculante por tonelada de concentrado, debido al mayor tiempo de residen-

cia y el sistema de rastras presentes en el espesador convencional. A pesar del corto tiempo de sedimentación en laboratorio para la colecta de muestras, se obtuvieron en las mediciones de turbidez resultados favorables, con reducciones en torno del 90%. El pH del sobrenadante con adición de floculante a diferentes dosis presentó una baja variación, siendo que el valor del pH natural del sobrenadante fue de 8,20.

La Tabla 3 presenta el análisis de los sobrenadantes obtenidos después del tratamiento de la alimentación del espesador convencional de concentrado con floculante y antiespumante.

Tabla 3. Análisis del sobrenadante después de tratamiento con floculante y antiespumante.

Agua Sobrenadante	Fosfatos (ppm)	Fluoruros (ppm)	Calcio (ppm)	Magnesio (ppm)	Dureza (ppm)	pH (H <sup>+</sup> )
c/Floculante	3,40	0,25	13,30	4,90	0,50	8,22
c/Antiespumante	28,70	0,30	155	7,50	8,50	9,42

Los resultados indican que el uso de sobrenadante con tratamiento mediante floculación no debe generar problemas en los indicadores de flotación por la baja dureza presentada, a diferencia del uso de antiespumante. Las siguientes Figuras 4(a) y 4(b) presentan los resultados del porcentaje de sólidos en masa obtenidas del espesador convencional de concentrado y las pruebas de flotación mineral en escala de laboratorio con uso de cada sobrenadante obtenido.

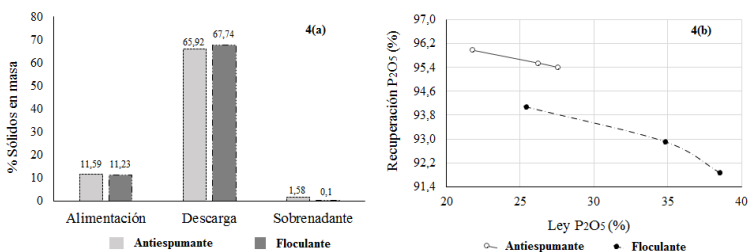


Figura 4. (a) Porcentaje de sólidos en masa del espesador convencional con uso de antiespumante y floculante, (b) Pruebas de flotación en escala de laboratorio con cada sobrenadante.

Conforme la Figura 4(a) se estima una recuperación en masa de concentrado fosfático de aproximadamente un 15%. La Figura 4(b) confirma que la recirculación del sobrenadante mediante el uso del floculante seleccionado es viable debido a que cumple con los requisitos de calidad exigidos para el concentrado fosfático. Los valores de turbidez industrial del sobrenadante con floculante fueron mejores a los obtenidos en laboratorio, menores a 10NTU, debido al mayor tiempo de residencia en el espesador convencional y otras variables.

Las Figuras 5(a) y 5(b) presentan el análisis granulométrico realizado a todos los flujos del espesador convencional de concentrado, es decir, flujos de alimentación, descarga y sobrenadante con utilización de floculante y antiespumante.

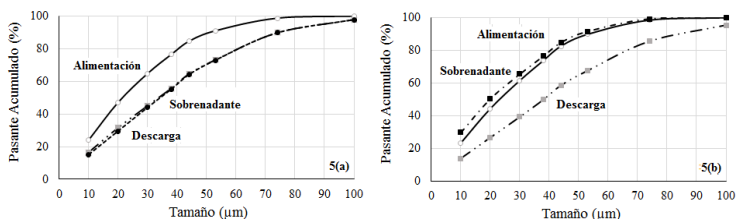


Figura 5. (a) Análisis granulométrico de los flujos del espesador de concentrado con utilización de floculante, (b) Análisis granulométrico de los flujos del espesador de concentrado con utilización de antiespumante.

Como puede ser observado en la Figura 5(a), el uso de floculante favorece de forma significativa la sedimentación de las partículas finas presentes en la alimentación del espesador convencional, la distribución granulométrica en los flujos del sobrenadante y descarga son muy similares, disminuyendo la presencia de partículas de concentrado en el flujo del sobrenadante.

En la Figura 5(b) se presenta la acción del antiespumante, en la cual no se aprecia una distribución granulométrica que favorezca la sedimentación de las partículas finas, lo que genera una mayor probabilidad de pérdidas de concentrado fosfático por el flujo del sobrenadante. El tamaño medio de las partículas ( $d_{50}$ ) presente en el sobre-



nadante con uso de floculante y antiespumante fue en torno de 35 y 20 $\mu$ m respectivamente, es decir, un aumento de aproximadamente un 75% en el tamaño medio de las partículas presentes en el sobrenadante.

## CONCLUSIONES

Mediante el trabajo realizado queda en evidencia que la sustitución del reactivo antiespumante por floculante si es posible y ofrece diversos beneficios en la cadena industrial, principalmente generando una mayor productividad a través del aumento del rendimiento en masa de concentrado fosfático y mejorando la calidad del sobrenadante proveniente del espesador convencional, posibilitando de esta forma su uso en los diversos procesos de concentración mineral, como por ejemplo en la etapa de flotación.

Se espera una reducción considerable del consumo específico de floculante por tonelada alimentada de concentrado, debido al mayor tiempo de residencia que se tiene en el espesador convencional entre otras variables. Se estima un aumento de aproximadamente un 15% en la recuperación en masa de concentrado fosfático, mejoras de la calidad del sobrenadante en parámetros como turbidez y dureza que favorecen el desempeño de la flotación mineral.

Los principales aportes que se esperan a la operación industrial son una mayor eficiencia operacional del espesador convencional de concentrado fosfático y un aumento en los indicadores de reutilización de aguas de proceso que pueden ser superiores al 1Mm<sup>3</sup> anuales, aumentando la sustentabilidad económica y ambiental del proceso minero-metalúrgico.

## REFERENCIAS

1. Bocayer D., Coufort C., Liné A., Do – Luang Z., “Experimental analysis of floc. Size distributions in a 1 – L jar under different hydrodynamic and physicochemical conditions.” Journal of Colloid Interface Science, 2005.

2. Beeson S.A, Poole C. "Recovery of Phosphate Minerals from Silicate and Carbonate Ores Using Selective Flocculation", Beneficiation of phosphates, Society for Mining, metallurgy, and Exploration, Inc. 1999.
3. Yongqiang. L, Ning. L, Xuming. W and Miller.J. "Improved Phosphate Flotation with Nonionic Polymers", Florida Institute of Phosphate Research. 2001.