

Estudio a escala ampliada de separación hidráulica de los abrasivos granatíferos



Large-scale study of hydraulic separation of granatiferous abrasives

CU-ID: 2144/v13e10

Yaysel Lozada García^{1*}, Emilio Montejo Serrano²

RESUMEN: A partir de estudios de separación hidráulica a escala de laboratorio realizados con el mineral granatífero del Yacimiento “La Yuca”, perteneciente a la región Hierro Santiago, se obtuvieron concentrados entre un 80-95 % de contenido de granate. Siguiendo el mismo esquema tecnológico desarrollado en el Centro de Investigaciones para la industria Minero-Metalúrgico (CIPIMM), consistente en separación magnética- clasificación hidráulica, el objetivo de este trabajo es obtener concentrados mediante columnas hidráulicas con un alto % de contenido de granate a escala ampliada, para ser utilizado entre otros usos, en el pulido de estructuras metálicas de prótesis dentales. La columna hidráulica de planta piloto diseñada en el Centro, para clasificar los concentrados a escala ampliada, se fundamenta en el principio de la ley de Stokes, similar a las columnas utilizadas en las pruebas de laboratorio, donde define la velocidad de caída de una partícula en el seno de un fluido. Los resultados obtenidos en la prueba a escala ampliada, fueron de un 62.56 % de rendimiento en peso, con un 83.36 % de recuperación de la fracción útil, con un valor de hasta un 95% de contenido de mineral de granate en la fracción de interés.

Palabras clave: Mineral granatífero, concentrados, ley de Stokes.

ABSTRACT: Based on laboratory-scale hydraulic separation studies conducted with the granatiferous ore from the "La Yuca" deposit, belonging to the Hierro Santiago region, concentrates were obtained between 80-95% of garnet content. Following the same technological scheme developed in the Research Center for the mining-metallurgical industry (CIPIMM), consisting of magnetic separation - hydraulic classification, the objective of this work is to obtain concentrates through hydraulic columns with a high percentage of garnet at scale expanded, to be used among other uses, in the polishing of metal structures of dental prostheses. The hydraulic column of pilot plant designed in the center to classify the concentrates on an enlarged scale works from the Stokes law similar to the columns used in the laboratory tests, where it defines the speed of fall of a particle within a fluid. The results obtained in the extended scale test were 62.56% yield by weight, with 83.36% recovery of the useful fraction, with a value of up to 95% of garnet mineral content in the fraction of interest.

Key words: Granatiferous mineral, concentrates, Stokes law.

INTRODUCCIÓN

Existen diferentes métodos de clasificación de minerales, entre ellos se encuentran la clasificación por tamices y la clasificación hidrogravimétrica.

Los hidroclasificadores son equipos que efectúan la clasificación de las partículas en función de sus diferencias de velocidad de desplazamiento relativo en el seno de un medio fluido. Lo cual indica que en este tipo de medios todos los procesos se realizan por vía húmeda.

Recibido: 09/07/2021

Aprobado en su forma original: 07/12/2021

¹Centro de Investigaciones para la Industria Minero Metalúrgica (CIPIMM), La Habana, Cuba

²Grupo Empresarial Geominero-Salinero. (Geominsal), La Habana, Cuba. montejo@gms.minem.cu.

*Correo electrónico: yaysel@cipimm.minem.cu.

Este tipo de clasificación se utiliza en la separación de partículas finas y muy finas con tamaños de corte comprendidos entre 0.2 mm y 2 mm, siendo el medio más económico que se puede emplear cuando se requieren altas capacidades de tratamiento.

En el año 2017, se llevó a cabo un proyecto de investigación, donde se estudió el mineral granatífero del yacimiento Hierro Santiago, en el cual se utilizó una tecnología que consistía en la separación magnética y luego clasificación hidráulica en columnas de laboratorio, para la obtención de concentrados de granate, posteriormente estas fracciones obtenidas a diferentes granulometrías, se sometieron a pruebas de uso en los laboratorios de prótesis del país, y en preparación de pastas para el pulido de piezas metálicas en el Centro de Investigaciones Metalúrgicas (CIME), obteniendo resultados muy positivos, lo que permitió dar paso a esta nueva investigación, que tiene como objetivo la obtención de estos concentrados mediante columnas hidráulicas a escala ampliada, con vistas a corroborar los resultados de laboratorio, utilizando esta alternativa más económica y sencilla, de clasificación hidrogravimétrica.

MATERIALES, EQUIPOS Y MÉTODOS

Materiales y equipos empleados en la investigación

La muestra tecnológica empleada en la investigación es un mineral con propiedades abrasivas del yacimiento "La Yuca" de Santiago de Cuba, a la que se le realizó Microscopia óptica, los resultados obtenidos demostraron la presencia alta del mineral de granate tipo andradita y la presencia de magnetita.

Los equipos fundamentales utilizados fueron:

- Separador magnético SM-138T de alta intensidad vía seca.
- Clasificador hidráulico de planta piloto, con diámetro interior de 102 mm y de área transversal de 81.7 cm².
- Tamices (0.42-0.315-0.212-0.106 mm).

Metodología empleada

La metodología que se empleó en esta investigación, se derivó de un procedimiento novedoso desarrollado en el CIPIMM, el cual se explica a continuación:



Figura 1. Separador magnético SM-138T de alta intensidad vía seca.

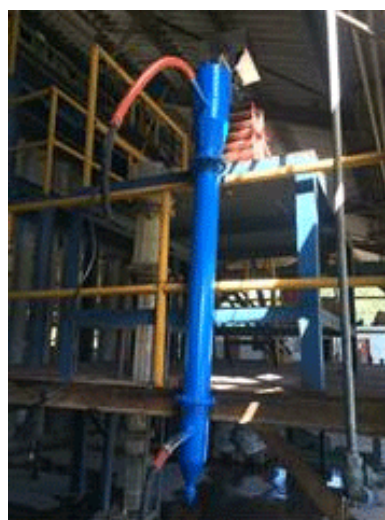


Figura 2. Clasificador hidráulico de planta piloto, con diámetro interior de 102 mm y de área transversal de 81.7 cm².



Figura 3. Tamices (0.42-0.315-0.212-0.106 mm).

1- La muestra tecnológica se separa magnéticamente por vía seca, a partir del esquema que se observa en la [Figura 4](#), donde se muestra la intensidad del campo magnético a emplear en el equipo para cada una de las separaciones (básica y de limpiezas).

2- Luego de obtener la fracción no magnética total (FNMag_{total}), que no es más que el mineral concentrado de granate, se pasa a realizar la clasificación hidráulica en columna.

A través de esta clasificación se obtienen 2 fracciones: fracción fina (fracción de no interés) y la fracción gruesa (fracción de interés). En la [Figura 5](#), se muestra esquema que describe lo explicado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ley de Stokes

A partir de esta ley se han desarrollado todos los equipos de hidroclasificación que existen en el mundo, por la cual se calcula la velocidad de caída de la partícula en el seno de un fluido (agua), a partir de la fórmula siguiente:

$$V_m = \frac{4\pi (\delta - \delta') g d^2}{3k \mu}$$

Dónde:

V_m: Velocidad de caída de la partícula en el seno del fluido

μ: viscosidad del fluido,

g: aceleración de la gravedad,

d: radio de la esfera,

k: es una función del radio de la partícula.

Se debe conocer que esta ley solo se aplica para partículas sólidas cayendo en el seno de un fluido (como son las esferas de cuarzo de hasta 0.05 cm de radio) bajo condiciones de flujo laminar o viscoso donde las velocidades de transporte o desplazamiento son bajas.

Prueba a escala ampliada.

Dado los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio y en la prueba a escala semi ampliada del proyecto de investigación ejecutado en el año 2017 en el centro, se decidió realizar una prueba a escala ampliada utilizando las mejores condiciones de estas pruebas, para la que se construyó una columna hidráulica de planta piloto, donde a partir de sus dimensiones se

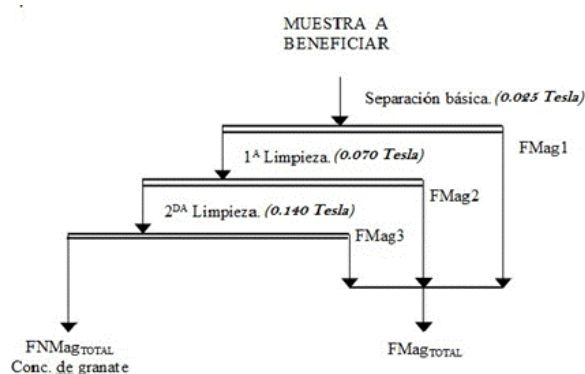


Figura 4. Esquema de separación magnética a emplear en el equipo.

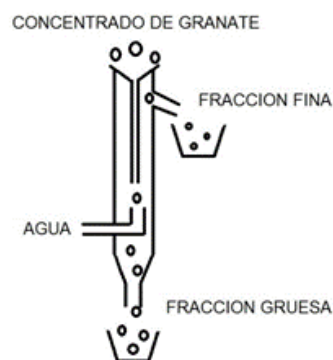


Figura 5. Columna de clasificación hidráulica

calculó la velocidad del fluido para la obtención del mayor rendimiento y mayor recuperación posible en la fracción de interés para era el pulido de prótesis dentales y pulido de otras piezas metálicas de acero inoxidable.

Para esta prueba se realizó un análisis granulométrico de una muestra de cabeza del mineral concentrado de granate, donde los resultados aparecen en la [tabla 1](#).

Basado en las dimensiones de la columna diseñada y construida para esta prueba se calcularon las velocidades del fluido, a partir de la ley de Stokes, donde los cálculos se encuentran recogidos en la [tabla 2](#), que se muestra a continuación.

Condiciones de la prueba a escala ampliada:

- **Equipo empleado** : clasificador hidráulico de planta piloto.
- **Cantidad de muestra:** 10 kg.
- **Flujo del sólido:** 2.5 kg/min.
- **Velocidad del agua:** 14.20 cm/s.

Tabla 1. Análisis granulométrico de la muestra de cabeza de concentrado de granate utilizado en la prueba a escala ampliada.

FRACCION GRANULOMETRIA (mm)	PESO (g)	% PESO	% PESO ACUMULADO
+0.4 mm	0.00	0.00	0.00
-0.4 + 0.315 mm	0.00	0.00	0.00
-0.315 + 0.212 mm	1.50	0.71	0.71
-0.212 + 0.106 mm	55.30	26.35	27.06
-0.106 mm	153.10	72.94	100.00
TOTAL	209.90	100.00	

Tabla 2. Cálculo de las velocidades de caída de la partícula para la columna hidráulica de planta piloto.

Diámetro partícula (mm)	Veloc. Caída (cm/s)	Flujo (L/min)
0.5	39.47	193.5
0.3	14.21	69.7
0.2	6.32	31.0
0.1	1.58	7.7

Tabla 3. Resultados de la prueba a escala ampliada.

PRODUCTO	Rend. Peso (%)	Contenido fu (%)	Recup. de fu (%)
Grueso _{Bas.}	62.56	44.03	83.36
Fino _{Bas.}	37.44	14.69	16.64
Alimentación (cabeza)	100.00	33.02	100.00

Fu : fracción útil

Tabla 4. Contenido de Granate de las fracciones obtenidas en la prueba a escala ampliada.

Productos	% Contenido de granate	
	Fracción -0,315 +0,212 mm	Fracción -0,212 +0,106 mm
FRACCIÓN FINA	60	85
FRACCION GRUESA	95	90

Los resultados de la prueba a escala ampliada en cuanto a recuperación y rendimiento de la fracción útil, se muestran en la [tabla 3](#).

En esta prueba ampliada se obtuvo un rendimiento en peso del producto grueso (fracción de interés) de **62.56 %**, esto corrobora los resultados de las pruebas anteriores (laboratorio y semi ampliada), a pesar de que no se realizó una clasificación de limpieza a esta fracción para obtener una mayor recuperación, los resultados fueron de un **83.36 %** de **recuperación** de la fracción útil.

A los productos obtenidos durante la prueba (fracción fina y fracción gruesa) se les determinó el % de contenido de granate, siendo este el mineral de mayor interés en esta investigación debido a las propiedades abrasivas del mismo y dada los requerimientos solicitados para el pulido de piezas metálicas.

En la [tabla 4](#) se muestran los resultados obtenidos por mineralogía en la determinación del contenido del mineral antes mencionado.

Los resultados muestran que el mayor % de contenido de granate se encuentra en la fracción gruesa, donde los valores oscilan de un 90-95%.

CONCLUSIONES

1. Se demostró que el empleo de la clasificación hidráulica en columnas es una alternativa sencilla para la obtención de concentrados de granate.
2. Los resultados obtenidos en la prueba a escala ampliada corroboraron los resultados de laboratorio obtenidos en la investigación anterior, con un 62.56 % de rendimiento en peso, con un 83.36% de recuperación de la fracción útil, y un valor de hasta un 95% de contenido de mineral de granate en la fracción de interés.

BIBLIOGRAFÍA

- Brown. G. G. 1967. "Operaciones Básicas de la Ingeniería Química". La Habana.
- Fueyo, C.L. 1999. Equipos de trituración, molienda y clasificación. Tecnología Diseño y aplicación: Madrid.
- Jiménez-Carballo, C. A. 2018. Dinámica de fluidos viscosos.
- López Arzola & Claudia Delia. 2017. Beneficio hidráulico en columna de mineral de granate para el pulido de prótesis dentales. Diss. Universidad Tecnológica de la Habana José Antonio Echeverría, Available: <<https://scholar.google.es/scholar?q=uso+del+granate+en+pulido+de+pr%C3%B3tesis+dental>>, [Consulted: January 23, 2020].
- Lozada, Y. 2017. Investigación tecnológica de los Skarn granatíferos de la región Hierro Santiago, La Yuca para la obtención de concentrados de granate para abrasivos dentales, Informe de Investigación, II-192, La Habana, Cuba: Centro de Investigaciones para la Industria Minero Metalúrgica.
- Montejo, E & Cabrera, I. 2000. Estudio de una muestra de Skarn granatífero del yacimiento "La Yuca" para su empleo como abrasivo. Informe de trabajo, La Habana, Cuba: Centro de Investigaciones para la Industria Minero Metalúrgica.
- Sánchez, L. A. A. 2017. Ley de Stokes. Innovación, *Ciencia y tecnología*, 1(1): 4-4.

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)