ESTUDIO DE UNA MUESTRA DE SKARN GRANATÍFERO DEL YACIMIENTO DE LA REGIÓN "HIERRO SANTIAGO" PARA SU EMPLEO COMO ABRASIVO EN PRÓTESIS DENTALES.

Yaysel Lozada García [(1)], Emilio Montejo Serrano [(1)], Eliecer Hidalgo Liriano[(1)], Ileana Cabrera Díaz[(1)]

Los abrasivos que se emplean en el pulido de las partes metálicas de las prótesis dentales, que se producen para la población por el Ministerio de Salud Pública (MINSAP), están constituidos por materiales sintéticos de granulometrías de - 0.3 + 0.2 mm, caros (a un precio de aproximadamente 277 USD/kg) y de difícil adquisición, lo que perjudica la prestación de este importante servicio. A partir de una solicitud del (MINSAP) al Ministerio de Energía y Minas (MINEM), para buscar una solución a este problema mediante el empleo de minerales cubanos, se ejecutó esta investigación para sustituir los abrasivos de importación por concentrados de granate, obtenidos de los Skarn granatíferos asociados a los yacimientos de magnetita de la región "Hierro Santiago". Se obtienen por un sencillo método de separación magnética de baja intensidad, abrasivos de granate de alta ley (> 90 %) en las fracciones granulométricas de interés. Las pruebas de uso realizadas por la Dirección de Estomatología del MINSAP, dieron resultados positivos. Se propone un flujo tecnológico con equipos existentes en el centro y se recomienda ejecutar una evaluación económica, para sustituir esta importación por microproducciones ejecutadas por el Centro de Investigaciones para la Industria Minero Metalúrgica.

Palabras clave: Abrasivos, skarn granatífero, empleo en prótesis dental

The abrasive used in metal parts polishing of dental prosthetics, which are produced for the population by MINSAP, consist of synthetic materials of particle sizes - 0.3 + 0.2 mm, expensive (at a price of approximately 277 USD / kg) and difficult to acquire, which damages the provision of this important service. From a request by the Minister MINSAP to MINEM, to find a solution to this problem through the use of Cuban minerals, this research was carried out to replace abrasives import garnetconcentrates, obtained from the garnet skarn associated with magnetite deposits in the region "Iron Santiago". They are obtained by a simple method of low intensity magnetic separation, garnet abrasive high grade (> 90%) in the particle size fractions of interest. Use tests conducted by the Stomatology Direction of Public Health Ministry, they gave positive results. A technological flow is proposed in the center with existing equipment and is recommended to perform an economic evaluation; to replace the import executed micro productions by the CIPIMM.

Keywords: Abrasives, garnet skarn, employment in dental prosthetics

Recibido: 9 de marzo del 2016
Aprobado en su forma original: 5 de abril del 2017

(1) Centro de Investigaciones para la Industria Minero Metalúrgica (CIPIMM), Varona 12028 Km1$^{1/2}$ Boyeros, La Habana, Cuba, CP-10800 Correo electrónico: yaisel@cipimm.minem.cu

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial entre las sustancias abrasivas que más se emplean para uso odontológico se encuentran: el **Esmeril**, el **Óxido de aluminio**, el **Granate**, el **Pómez**, el **Kieselguhr**, el **Trípoli**, y el **Rouge**. Precisamente de los abrasivos que se emplean en el pulido de las partes metálicas de las prótesis dentales, es el **Óxido de aluminio** el que se utiliza para la población cubana, el cual está constituido por materiales sintéticos.

En el país se consumen 1200 Kg por año de abrasivos para el pulido de las estructuras metálicas de prótesis dentales. Este insumo actualmente es de importación y según información suministrada tiene una granulometría entre 0,297 – 0,212 mm y no es arena sílice como inicialmente se dijo, sino corindón u oxido de aluminio (alúmina). El precio de este producto según esa información primaria es de 277 USD el Kg.

Ninguno de los materiales mencionados anteriormente se produce actualmente en el país, no obstante pudieran buscarse alternativas a corto y mediano plazo que permitan sustituir esta importación con minerales cubanos. Teniendo en cuenta que de estos materiales existen en Cuba yacimientos de los cuales se han extraídos concentrados de granate que se pudieran utilizar con estos fines, los cuales se mencionan a continuación:

- Depósitos existentes en la zona del Escambray en especial al depósito “La Belleza”, de donde se obtuvieron concentrados de granate del tipo almandina de hasta 80 % de pureza, por medio de una tecnología compleja combinando métodos hidrogravimétricos con separaciones magnéticas de alta y baja intensidad. Además son yacimientos sin explotar y en zonas intrincadas, por lo que dado el bajo consumo debe ser poco conveniente su apertura.

- Depósitos de Skarn Granatífero existentes en la región conocida como Hierro Santiago, asociados a los yacimientos de magnetitas, pues el Skarn está en las rocas encajantes del mineral de hierro (magnetita) y constituyen un escombro al explotarlo. En específico se estudió el Skarn Granatífero del depósito “La Yuca”.

El yacimiento “La Yuca” se encuentra ubicado en las estribaciones de la Gran Piedra. En el mismo los cuerpos meníferos de hierro están embebidos en los cuerpos de Skarn, que tienen una composición mineralógica variable de los minerales principales presentes, que son el granate y la magnetita, aunque existen otros en menor proporción. Este yacimiento posee una escombrera, la cual a través de una tecnología muy sencilla que emplea separación magnética de baja intensidad se logra producir concentrados de muy alta ley.

Teniendo en cuenta lo antes planteado se decidió estudiar para su empleo en abrasivo para prótesis dentales el Skarn granatífero del yacimiento “La Yuca” de donde se extrajo la muestra que se envió al Centro de Investigaciones para la Industria Minero Metalúrgica (CIPIMM) para estudiar su beneficio a fin de obtener concentrados de granate. Por lo tanto el objeto de este trabajo l es obtener concentrados de granate para pulido de prótesis dentales a partir de una muestra de Skarn granatífero de yacimiento antes mencionado, para ello se evaluó su rendimiento, propiedades principales, entre otras características.

MATERIALES Y MÉTODOS

La muestra tecnológica que se utilizó para esta investigación es un mineral con propiedades abrasivas del yacimiento ¨La Yuca¨ de Santiago de Cuba, se trajo al CIPIMM.

La muestra constó de 22 cajas de aproximadamente 30 kg. Cada caja se pesó para saber el peso real de cada Submuestra.

El objetivo de la preparación fue obtener un producto con el máximo rendimiento en fracción útil (+ 0.2 – 0.3 mm). Para lograrlo se siguió el esquema de preparación que aparece en la **Fig. 1 y Fig. 2** y con el que se pretende minimizar la producción de finos (- 0.1 mm). Las características de los equipos empleados

en la preparación se recogen en el **Anexo 1.** A las muestras de cabeza se les realizó análisis químico, análisis mineralógico y granulométrico.

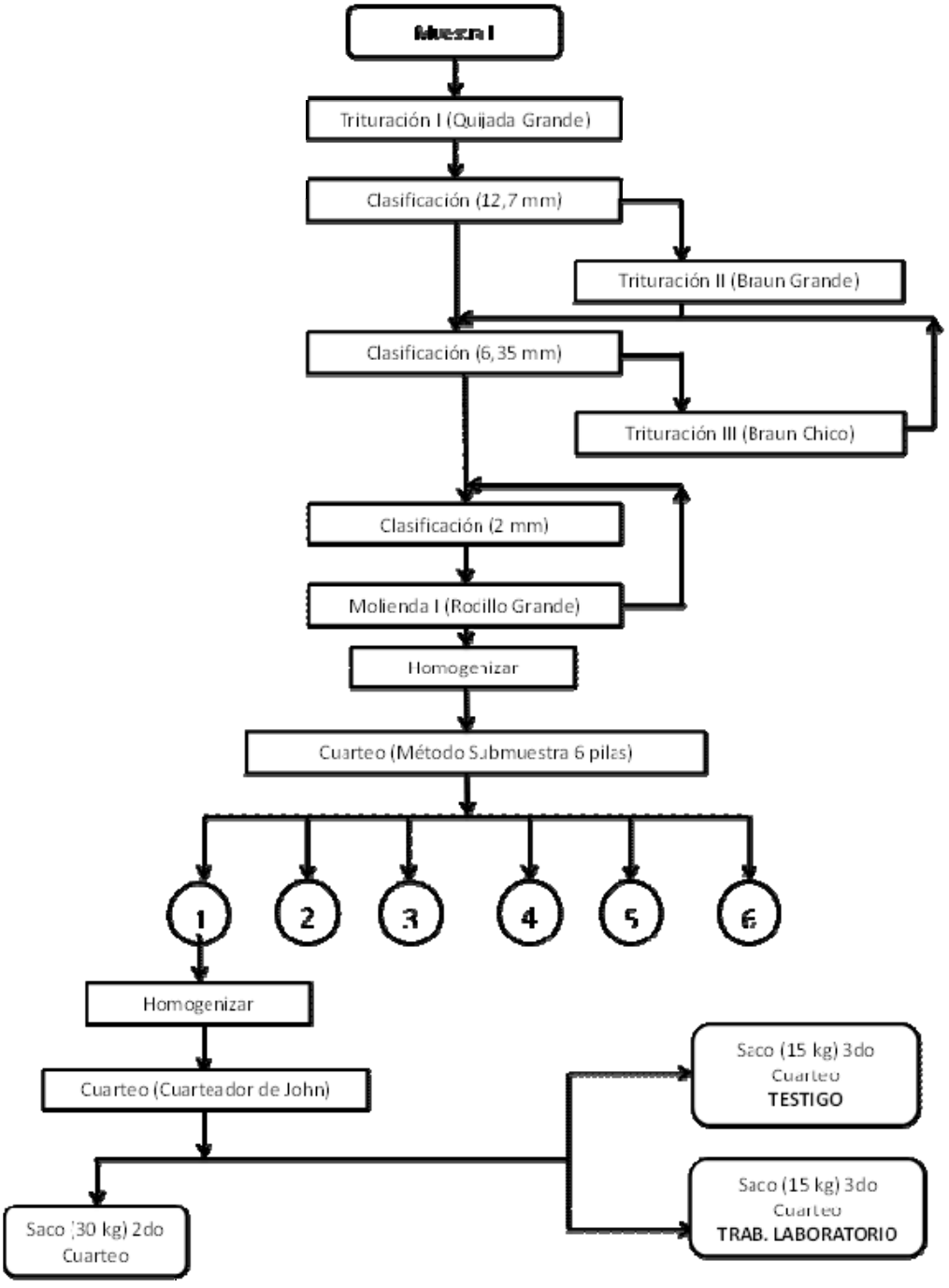


Figura 1. Esquema de preparación de muestra.

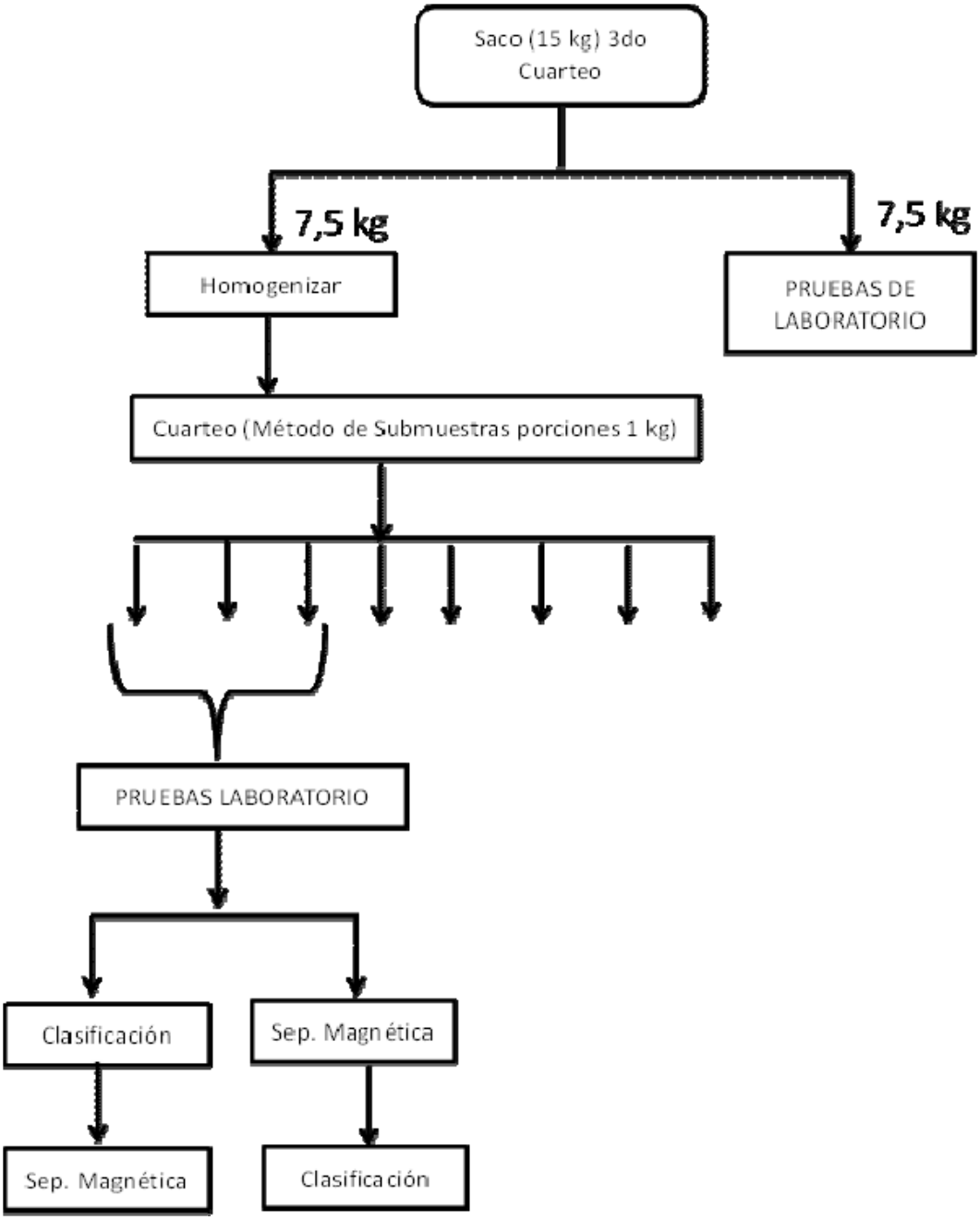


Figura 2. Esquema de preparación de muestra en el laboratorio.

Características del beneficio por separación magnética:

Se realizaron dos variantes de beneficio del mineral: clasificación- separación magnética y viceversa. La de mejor resultados fue la primera: clasificación-separación magnética.

La clasificación del mineral se realiza por diferentes tamices (2.0 mm, 1.0 mm, 0.84 mm, 0.5 mm, 0.3 mm, 0.2 mm, 0.1 mm, 0.074 mm) y luego la separación magnética.

En este beneficio se utiliza un equipo SM-138T de separación magnética de alta intensidad vía seca, de procedencia rusa.
Los flujos para el procesamiento de cada granulometría estuvieron en función de que la cama de mineral que se alimentó al rodillo magnetizado sea lo más delgada posible

(prácticamente de un grano de espesor) y que se extienda por toda la superficie del alimentador de forma que el rodillo del equipo funcione lo más eficientemente posible. Esto se logró regulando la chaveta de salida de la tolva de alimentación.

Una vez realizado la separación magnética las fracciones no magnéticas se envían para realizarle el cálculo mineralógico teniendo en cuenta las densidades de cada mineral presente. Las fracciones magnéticas se determinaron por balance respecto a la cabeza.

Se estudiaron diferentes intensidades para determinar el valor de la intensidad del campo magnético (Tesla) con el mayor concentrado de granate posible.

En la Figura 3 se muestra el esquema de separación magnética con el cual se obtiene el concentrado de granate final para las pruebas de uso.

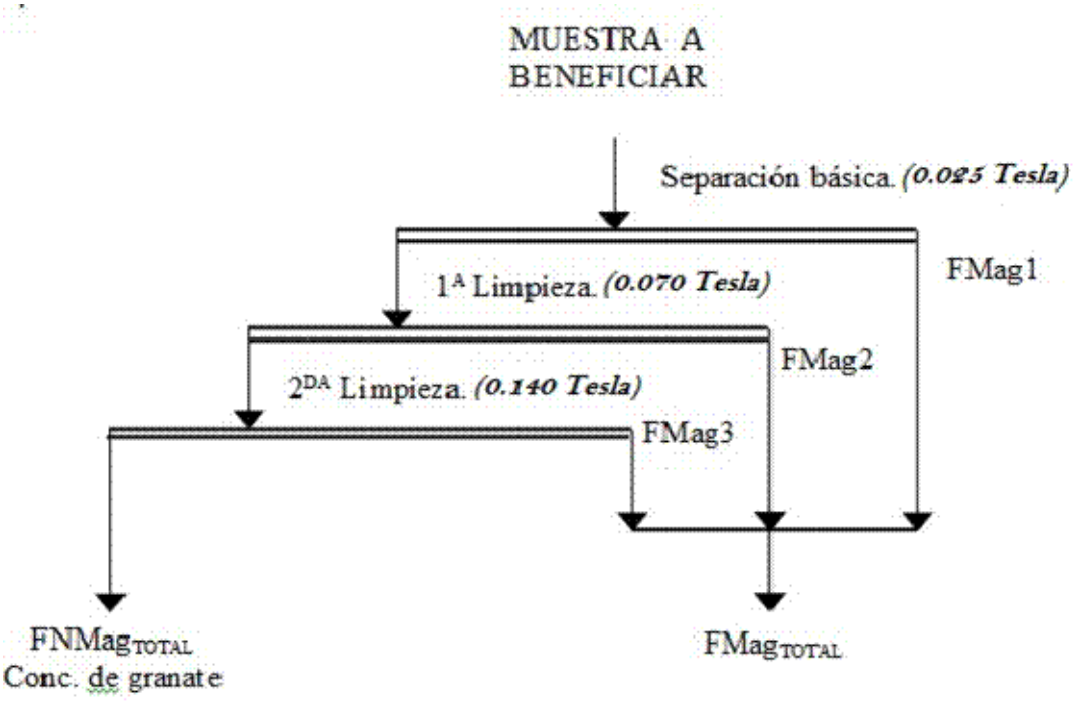


Figura 3. Esquema de beneficio por separación magnética vía seca.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A la fracción molida bajo 2 mm se le realizó la caracterización.

✓ Caracterización Química

Los resultados de la caracterización fueron:
Al_2O_3 – 1.34% Fe – 30.84% Ca – 26.13% Mg – 0.71% SiO_2 – 28.31%.

✓ **Caracterización Granulométrica y Mineralógica por fracciones**

La muestra enviada a mineralogía está compuesta por rocas del tipo Skarn granatífero-magnetítico. Las especies presentes en orden de importancia son: granate, magnetita, cuarzo, anfíbol, clorita, calcita y en menor proporción piroxeno y azurita.

El tipo de granate existente es la Andradita, de composición $Ca_3Fe_2[SiO_4]_3$ lo que fue identificado por análisis de difracción de Rayos X a una muestra monomineral, coincidiendo

este resultado con los Análisis Químicos realizados a la muestra.

El granate se presenta en masas granulares y en tamaños muy variados desde 6 hasta 0,1 mm. En tamaños menores de 0,045 mm el contenido disminuye. Por debajo de 0,8 mm se encuentra prácticamente todo el granate liberado.

En la tabla 1 aparecen los resultados de la caracterización granulométrica de la muestra de cabeza molida bajo 2 mm y el análisis mineralógico por fracciones respecto al granate, En ella se observa que el contenido total del granate es de alrededor de 60 % y que a partir de la fracción -0.25 + 0.1 mm el granate esta liberado.

En la tabla 2 se muestra los resultados de la caracterización mineralogica de las fracciones no magnéticas (concentrados de granate) de las diferentes granulometrías entregadas para las pruebas de uso en base al esquema de beneficio empleado. En ella se observa que no existe granate entrecrecido y que hay de un 80- 85% de granate total en las muestras.

Tabla 1. Resultados de la caracterización granulométrica y mineralógica por fracciones de la muestra de cabeza.

No	FRACCION GRANULOMETRIA (mm)	PESO (g)	% PESO	% PESO ACUM.	CONTENIDOS (%)			DISTRIBUCION (%)		
					Granate Libre	Granate entrecrecido	Granate Total			
1	+2,00	1,74	0,35	0,35	23,00	62,09	85,09	0,18	1,41	0,49
2	-2,00 + 1,00	105,01	21,06	21,41	27,00	39,70	66,70	12,59	54,50	23,21
3	-1,00 + 0,5	109,11	21,88	43,29	40,94	29,90	70,84	19,83	42,65	25,62
4	-0,5 + 0,25	109,38	21,94	65,22	64,00	1,01	65,00	31,08	1,44	23,56
5	-0,25 + 0,1	57,04	11,44	76,66	62,73	0,00	62,73	15,89	0,00	11,86
6	-0,1 + 0,074	19,86	3,98	80,65	59,84	0,00	59,84	5,28	0,00	3,94
7	-0,074	96,51	19,35	100,00	35,38	0,00	35,38	15,16	0,00	11,32
TOTAL		498,65	100,00		45,17	15,34	60,51	100,00	100,00	100,00

Tabla 2. Resultados de la caracterización granulométrica y mineralógica de las fracciones no magnéticas entregadas para pruebas de uso.

No	FRACCION GRANULOMETRIA (mm)	PESO (g)	% PESO	% PESO ACUM.	CONTENIDOS (%)			DISTRIBUCION (%)		
					Granate Libre	Granate entrecrecido	Granate Total			
1	- 0,42 +0,243 mm	50,00	25,00	25,00	82,69	0,00	82,69	24,66	0,00	24,66
2	-0,315 +0,212 mm	50,00	25,00	50,00	85,57	0,00	85,57	25,52	0,00	25,52
3	-0,42 + 0,315 mm	50,00	25,00	75,00	83,35	0,00	83,35	24,86	0,00	24,86
4	-0,212 +0,1 mm	50,00	25,00	100,00	83,64	0,00	83,64	24,95	0,00	24,95
TOTAL		200,00	100,00		83,81	0,00	83,81	100,00	0,00	100,00

En la tabla 3 se realiza el balance general del beneficio del Skarn granatífero donde los concentrados de granate tienen altos contenidos y la recuperación es superior al 76 %.

Tabla 3. Balance general del procesamiento del Skarn Granatífero del yacimiento ¨ La Yuca¨.

Producto	Peso (kg)	Rendimiento Peso (%)	Cont. Granate (%)	Recup. Granate (%)
Fracción -0,42 + 0,1 mm	53,95	56,70	76	86,25
FNMag -0,42 + 0,1 mm (concentrados)	40,27	42,32	90	76,18
FMag -0,42 + 0,1 mm	13,68	14,38	35	10,07
Fracción - 0,1 mm	41,20	43,30	12	13,75
Alimentación	95,15	100.00	50	100.00

La figura 4, es una vista en la Lupa Binocular Hundde de una muestra de concentrado de granate donde se observa el % del mismo y la presencia muy escasa de otros minerales después de realizarse el beneficio a la misma.

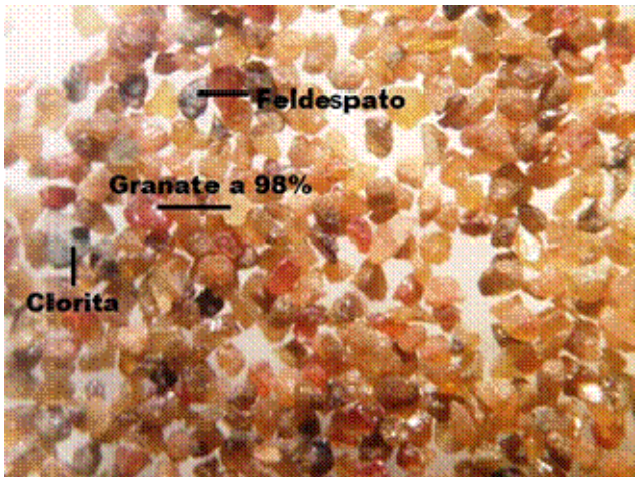


Figura 4. Vista de un concentrado de granate después de realizado el beneficio por separación magnética.

✓ Resultados de pruebas de uso en pulido de prótesis dentales.

Las pruebas se realizaron en el laboratorio de la clínica estomatológica ¨Puentes Grandes¨ en La Habana.

Las fracciones que se entregaron fueron:

1. **- 0.42 + 0.243 mm** (cantidad: 6.32 kg)
2. **- 0.42 + 0.315 mm** (cantidad: 2.72 kg)
3. **- 0.315 + 0.212 mm** (cantidad: 5.01 kg)
4. **- 0.212 + 0.1 mm** (cantidad: 8.82 kg)

El proceso de pulido de estructuras metálicas se realiza en un equipo de arenado que se muestra en la siguiente **figura 5**. Al cual se le añaden las estructuras metálicas luego de a ver culminado el proceso de colado. Este equipo tiene la función de pulir varias estructuras metálicas a la vez.



Figura 5. Arenadora para pulido de prótesis dentales.

Parámetros evaluados de forma preliminar por estomatología:

1. Pulido: el producto se comporta superior a los empleados tradicionalmente, pese a ser la granulometría más fina.
2. Densidad: Su densidad cercana a 4 g/cm^3 ayuda a la sedimentación del producto para su recirculación, lo que contribuye a un mejor trabajo del equipo de sandblasting (Arenadora).
3. Grado de degradación: pierde el color pero no llega a degradarse del todo, pero se mantiene puliendo. Pendiente de evaluar el rendimiento en el pulido de las prótesis.

En la figura 6, se muestra una pieza de estructura metálica de prótesis dental antes y después de ser pulida con el mineral abrasivo en la Arenadora.



Figura 6. Estructura metálica de una prótesis dental antes (1) y después (2) de ser pulida con el concentrado de granate.

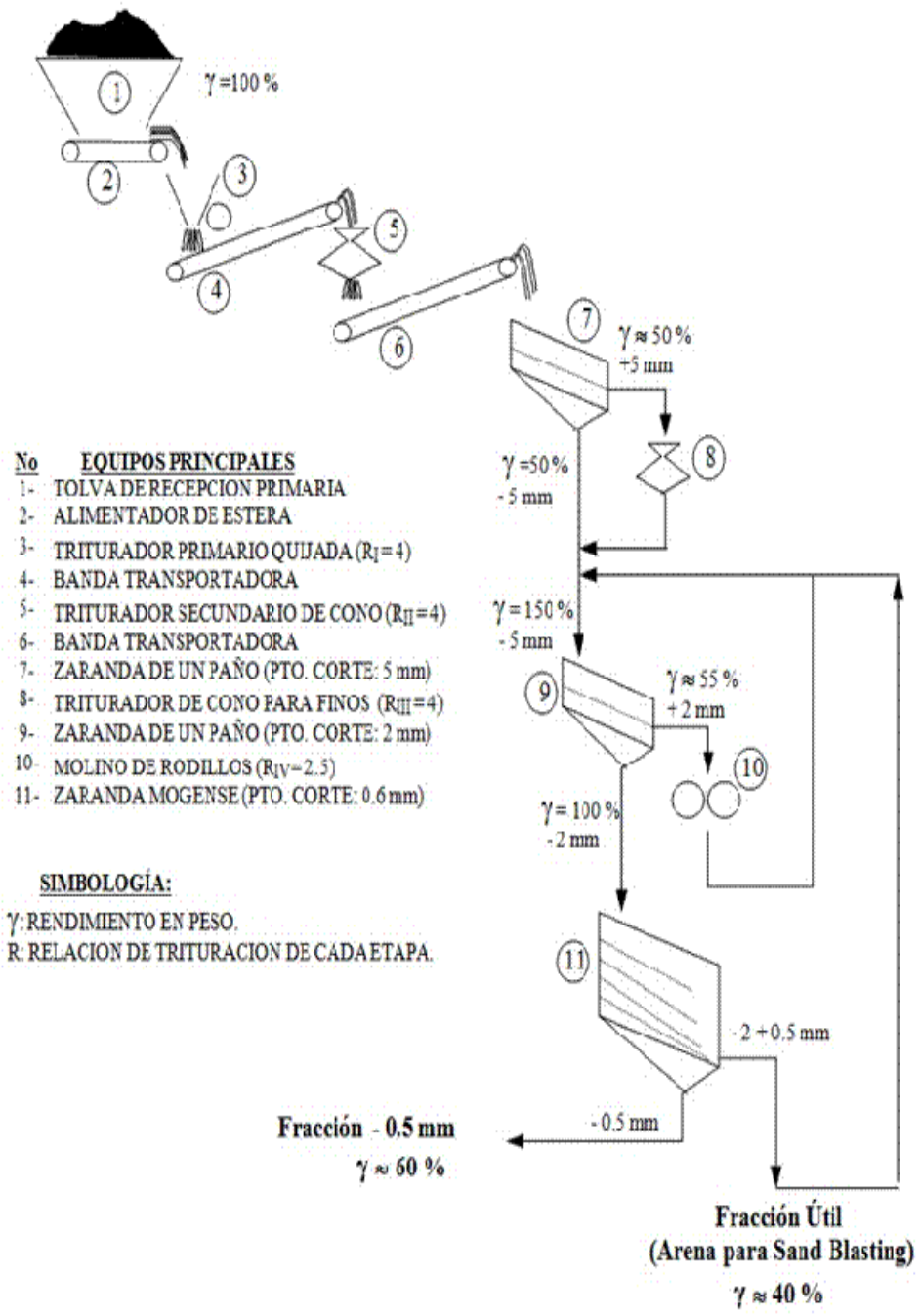
✓ Propuesta de flujo tecnológico.

En base a los resultados de este estudio y de forma preliminar se propone el flujo tecnológico que aparece en la Figura 7.

En el mismo se emplean tres etapas de trituración y una de molienda, no empleándose en ningún momento equipos de impactos que son altamente formadores de finos. También se emplean relaciones de trituración pequeñas,

con vista a minimizar el desgaste excesivo de los equipos.

Los rendimientos en peso que aparecen en la Figura son estimados muy preliminares para emplearse en los cálculos de la evaluación técnico - económica y que deberán comprobarse en pruebas de escala ampliada.



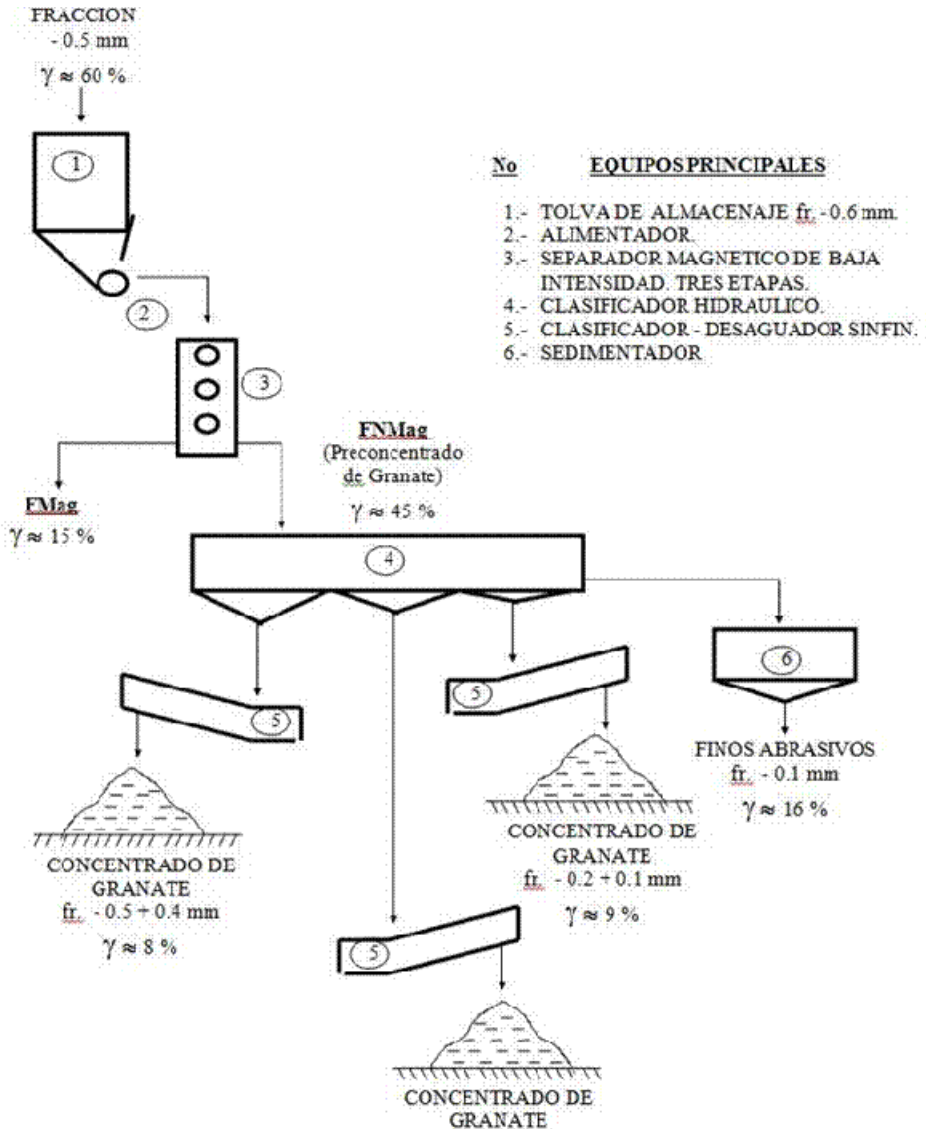


Fig. 8. Flujo tecnológico para realizar microproducciones en el CIPIMM.

CONCLUSIONES

1. **Se obtuvo en las pruebas un concentrado** de aproximadamente **90 %** de contenido de granate alcanzando una **recuperación** de 76 **%** y un **rendimiento** mayor de **40 %.**

2. Las **pruebas de uso preliminares** en el pulido de las partes metálicas de las prótesis dentales han dado **excelentes resultados**.

3. El flujo tecnológico propuesto no requiere de grandes inversiones en el CIPIMM, y conlleva a microproducciones que pueden sustituir importaciones.

BIBLIOGRAFÍA

Montejo, E; Cabrera, I.Marzo 2000. Estudio de una muestra de Skarn granatífero del yacimiento “La Yuca” para su empleo como abrasivo. Informe de trabajo.

Montejo, E; Cabrera,I. Julio 2000. Estudio del beneficio una muestra de Skarn granatífero del yacimiento “La Yuca”. Informe de trabajo.

ANEXOS

Anexo 1. Relación de equipos utilizados en la preparación de muestras.

Equipos	Características	
Molino de Quijada	Abertura (25 mm)	
Molino de rodillo cuarrugado	Abertura (6 mm)	
Molino de Quijada	Abertura (2mm)	
Tamizadora	Swequipo	