

de Yacimientos Minerales y la de Topografía de Minas, así como en la Facultad de Geología, a la especialización de Geología y Exploración de Yacimientos Minerales Sólidos.

Una de las direcciones principales de investigación abordadas en este CES, único en el país para la formación de especialistas de la rama minero-metalúrgica, es la geometrización de los yacimientos laterítico-niquelíferos del N. E. de la provincia de Holguín.

De forma general el objetivo de esta parte de la topografía minera, que constituye en sí la etapa generalizadora de toda su información es investigar la forma de los cuerpos, sus condiciones de yacencia, la distribución especial de las propiedades del macizo minero, sus componentes útiles y dañinos, las reservas de los cuerpos, expresando todo esto matemáticamente en los diferentes planos y perfiles.

Los materiales de la geometrización de yacimientos sirven de base, por la correcta proyección, planificación y ejecución de los trabajos mineros, para la solución de problemas relacionados con la distribución racional de las excavaciones de exploración que suministren la suficiente exactitud para la exploración y explotación, la valorización cualitativa y cuantitativa de los minerales, sus condiciones técnico-mineras de explotación y sus propiedades tecnológicas en concordancia con las exigencias de la tecnología minera [ 2 ].

Para la realización de estas tareas es necesario conocer la dinámica del grado de conocimiento de cada uno de ellos, todo lo cual conforma el modelo geológico-matemático del yacimiento.

El contenido de este modelo puede resumirse en:

1. El análisis estadístico de los diferentes parámetros que caracterizan el yacimiento, como son:

- Las leyes de distribución de los indicadores, su esperanza matemática, dispersión y exactitud de determinación.
- Las interrelaciones estadísticas entre los parámetros independientes: ecuaciones de regresión, relaciones correlacionales, coeficientes e índices de correlación, funciones de autocorrelación y covarianza de los parámetros, los cuales caracterizan la variabilidad de los mismos y determinan la densidad óptima del muestreo y la distribución de las excavaciones de exploración, indispensables y suficientes para la representación espacial de la distribución de los indicadores investigados.

2. La caracterización geólogo-geométrica del macizo minero y del yacimiento mediante el conocimiento de:

- La estructura del macizo y del yacimiento, la forma del macizo, la geometría de la superficie de las rocas, la distribución de los diferentes tipos de minerales y su mineralización.
- La interdependencia entre la estructura de los cuerpos y la distribución de los componentes.

#### REFERENCIAS

1. OGLOVIN, D. N.: **Topografía minera**. Ed. Nedra, Moscú, 1981.
2. UCHACOV, I. N.: **Geometría minera**. Ed. Nedra, Moscú, 1978.

CDU : 622.7.016.34 : 622.750/764 (729.16)

## ESTUDIO DE LA PREPARACION DE MINERAL Y SU INFLUENCIA EN LA VELOCIDAD DE SEDIMENTACION

Ing. Pedro Enrique Beyris Mazar, Instructor Docente del Departamento de Química Procesos del ISMMMOA.

Ing. José Falcón Hernández

Candidato a Doctor en Ciencias Técnicas, Profesor Titular del ISMMMOA

#### RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo la determinación de la influencia de la preparación de la pulpa en la velocidad de sedimentación en la planta de níquel "Comandante Pedro Sotto Alba" de Moa. El mismo se realizó a escala de laboratorio simulando el proceso industrial para lo cual se llevaron a cabo una serie de experiencias con minerales de los distintos frentes de arranque de la mina, haciendo determinaciones de los por cientos de sólidos antes y después de la sedimentación, mediciones de pH, conductividad y otros parámetros básicos para el proceso.

El proceso industrial de la empresa "Comandante Pedro Sotto Alba" de Moa se caracteriza por ser de lixiviación ácida. El producto que llega a lixiviación es la pulpa espesada en los sedimentadores de la empresa, la cual a su vez es producida en la planta de preparación de pulpa.

En la planta de preparación de pulpa se realiza el lavado y cribado del mineral, separando las fracciones limoníticas y serpentiniticas, y se obtiene una pulpa con 25% de sólidos, aproximadamente, que es enviada a los tanques espesadores donde debe obtenerse una pulpa espesada hasta 47,5% de sólidos, según diseño. Este por ciento de sólidos no ha sido posible alcanzarlo y mantenerlo durante la operación, y el promedio más alto para un mes de trabajo ha sido de 44,76% [2]. La disminución del por ciento de sólidos en la pulpa enviada a lixiviación influye en la capacidad de la planta y en los índices tecnológicos de esta operación.

El presente trabajo tiene como objetivo el estudio de la influencia de la preparación de la pulpa sobre la velocidad de sedimentación simulando el proceso industrial a escala de laboratorio.

#### ABSTRACT

The objective of this work is to determine the influence of the preparation of the pulp on the sedimentation speed in the "Comandante Pedro Sotto Alba" nickel plant, in Moa. It was done, at a laboratory scale, simulating the industrial process, for which, a series of experiments with minerals from different sloping faces in the mine were carried out, determining the solid percents before and after sedimentation, pH, conductivity measurement and other parameters, basic to the process, were equally determined.

Se utilizó como materia prima el mineral limonítico que se procesa en la empresa "Comandante Pedro Sotto Alba" y que se encuentra en la capa superior del yacimiento, encontrándose en la inferior la serpentinita. La primera está compuesta principalmente por mineral de hierro y un contenido alto de alúmina.

La fracción inferior de serpentinita tiene alto contenido de Mg, bajo de Fe y algo más alto de Ni que la limonita; además presenta el contenido de Co más bajo que la capa superior. Sin embargo, debido al alto contenido de Mg se incrementa el consumo de  $H_2SO_4$  en la lixiviación, lo que hace poco económico su tratamiento y almacenamiento para su futura utilización [3].

La planta de preparación de pulpa presenta el siguiente flujo tecnológico: el mineral de los diferentes frentes de la mina se alimenta a una criba con orificios de 250 mm donde se separan los pedazos de gran tamaño. El producto cernido pasa a otras cribas con orificios de 127 mm. El producto - 127 mm se somete a lavado en máquinas lavadoras de paletas, y el producto - 250 + 127 mm

se lava en un cilindro lavador. El producto de ambas máquinas se somete a proceso de cribado en cribas con orificios de 10 y 0,833 mm, respectivamente. Las cribas poseen un sistema de duchas para incrementar la efectividad del lavado y el cribado.

El producto retenido por las cribas constituye el rechazo, y el cernido en la criba 0,833 mm constituye la pulpa preparada que se envía a espesadores.

El trayecto hasta los espesadores se realiza por gravedad a través de una tubería de concreto con un diámetro de 609,60 mm y una longitud de 4,2 km, durante el transporte la pulpa se mantiene en intensa agitación.

Para simular el proceso a escala de laboratorio se utilizó el esquema de ensayos que se muestra en la Figura 1 que consiste en lo siguiente: el mineral de las diferentes muestras con agua en relación 3:1, se agitó en un agitador mecánico (de aspas) de laboratorio. El tiempo de agitación varió para los diferentes ensayos en 15, 30 y 45 minutos. La pulpa se cribó posteriormente en un tamiz de 0,83 mm (20 mallas). El producto retenido se secó y pesó. La pulpa cernida se distribuyó en las probetas de 500, 1 000 y 2 000 cm<sup>3</sup> en las cuales se realizaron ensayos de sedimentación, determinando cada 10 minutos hasta dos horas las profundidades de sedimentación del sólido en las probetas. Al utilizar probetas de diferentes diámetros se verifica la influencia que pudiera tener esto en la sedimentación.

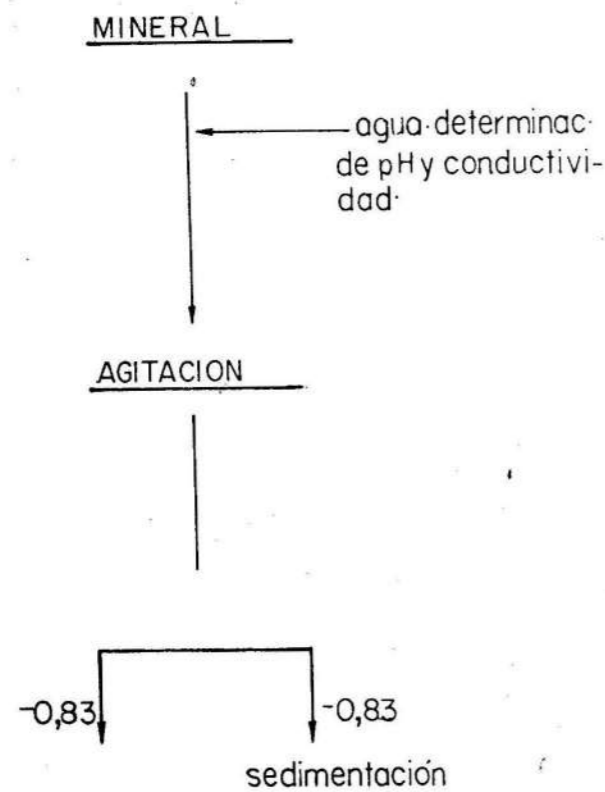


Fig. 1. Determinación del contenido de sólido de la fracción -0,074 mm (200 mallas), pH y conductividad de la pulpa.

Se tomó un tiempo de dos horas por cuanto la determinación de las condiciones de sedimentación en la zona libre y de transición es suficiente para conocer el comportamiento de la sedimentación.

En los ensayos se determinaron, además, el pH y la conductividad del agua limpia utilizada para los ensayos de la fase líquida (agua) de la pulpa. Además, se determinó el contenido de sólidos en cada probeta y a este se le determinó su contenido, -0,074 mm (200 mallas).

Para la realización de los ensayos se utilizó mineral de los frentes de arranque de la mina que se encontraban en explotación: D-30, D-2, D-24 y D-29 cuyas características principales se expresan a continuación:

D-30

Es un frente de poca potencia y presenta grandes fragmentos de serpentinitas duras intercaladas con la masa laterítica. Este es el mayor contenido (%) de Mg y SiO<sub>2</sub> y el más bajo de Co y Fe. Además, presenta la menor densidad.

D-2

Tiene gran potencia de 25 a 30 metros; no presenta los fragmentos de serpentinita dura, en el fondo aparecen ciertas cantidades de serpentinitas blandas. Es el de más bajo por ciento de Ni y sílice, siendo el por ciento de Al el más alto de todos los frentes. El contenido de Mg es relativamente bajo.

D-29

Se caracteriza por ser un frente de gran potencia, aproximadamente 30 metros; el mineral presenta un color pardo oscuro, es una masa compacta donde no hay serpentinita, tiene el más alto contenido de Ni y Fe y relativamente alto en Al, siendo bajo en Mg y Si.

D-24

Es un frente de potencia media. Oscila entre 6 y 8 metros. Presenta una coloración más oscura que los demás frentes y aparecen fragmentos de serpentinita en la masa laterítica. Tiene un alto contenido de Ni y Fe, siendo el de más bajo por ciento de Mg.

TABLA 1. Composición química de las muestras de los frentes.

Frentes	Ni (%)	Co (%)	Fe (%)	Mg (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	Al (%)	δ
D-30	1,20	0,085	36,7	4,08	12,70	4,02	3,33
D-24	1,49	0,141	47,2	0,105	2,24	4,80	3,69
D-2	1,01	0,089	44,1	0,135	2,10	6,23	3,51
D-29	1,63	0,168	47,4	0,135	2,51	5,25	3,69

Se realizaron varias series de ensayos utilizando una relación L:S [1] inicial 3:1 (ensayos A), y otras en las cuales se incrementó la cantidad de sólidos proporcionalmente a la cantidad retenida +0,83 mm (ensayos B).

Los resultados promedios de sedimentación para las series de ensayos A y B se muestran en las Tablas 2 y 3, respectivamente, y en las Tablas 4 y 5 se muestran los restantes parámetros que fueron controlados.

En el trabajo "Influencia..." se exponen detalladamente los resultados de las experiencias realizadas con los distintos frentes.

En las primeras dos tablas se observa que para todos los frentes al aumentar el tiempo de agitación la profundidad de sedimentación disminuye para un intervalo dado. Esto se comprueba tanto en los ensayos A (Figura 2) como en los ensayos B (Figura 3).

TABLA 2. Profundidad promedio de sedimentación de los frentes para distintos tiempos de agitación. ENSAYOS A

Tiempo de sedimentación	D-30			D-24			D-2			D-29		
	15'	30'	45'	15'	30'	45'	15'	30'	45'	15'	30'	45'
10	29	23	9	13	3	1	6	3	2	2	1	1
20	56	49	22	34	5	2	11	5	3	3	2	2
30	80	68	42	52	7	3	14	7	5	5	3	3
40	104	89	55	66	10	5	18	8	6	6	4	3,3
50	129	113	61	74	13	6	19	11	7	7,3	4,3	4
60	138	121	69	76	15	8	26	13	8	8,3	4,8	4,3
70	142	124	70	81	17	10	29	15	10	9,3	5,2	5,33
80	145	127	73	83	20	13	31	17	7	11	6,2	5,67
90	147	130	76	85	22	14	34	19	12	12	6,27	6,67
100	150	132	78	88	24	16	36	21	13	13	6,67	7,3
110	151	134	80	91	25	18	38	22	14	14	7,1	2,3
120	153	135	82	92	27	21	40	24	14	15,67	7,8	8,6

TABLA 3. Profundidad promedio de sedimentación de los frentes para distintos tiempos de agitación. ENSAYOS B

Tiempo de sedimentación	D-30			D-24			D-2			D-29		
	15'	30'	45'	15'	30'	45'	15'	30'	45'	15'	30'	45'
10	11	4	4	4	2	1	5	2	2	2	1	2
20	27	7	7	7	3	2	10	4	4	3	2	3
30	49	12	15	11	4	3	14	6	5	4	3	3
40	67	16	23	15	6	5	17	7	6	5	3	4
50	89	22	26	19	8	6	22	8	8	6	4	5
60	29	27	30	23	10	9	25	8	8	7	4	6
70	103	32	33	25	12	10	28	11	10	8	5	7
80	106	35	36	28	15	11	30	13	12	9	5	8
90	109	38	38	30	17	13	32	14	13	10	6	9
100	112	40	40	32	19	14	34	16	14	10	7	9
110	113	43	43	34	22	15	36	17	15	12	7	10
120	115	45	45	39	23	16	38	18	16	13	7	10

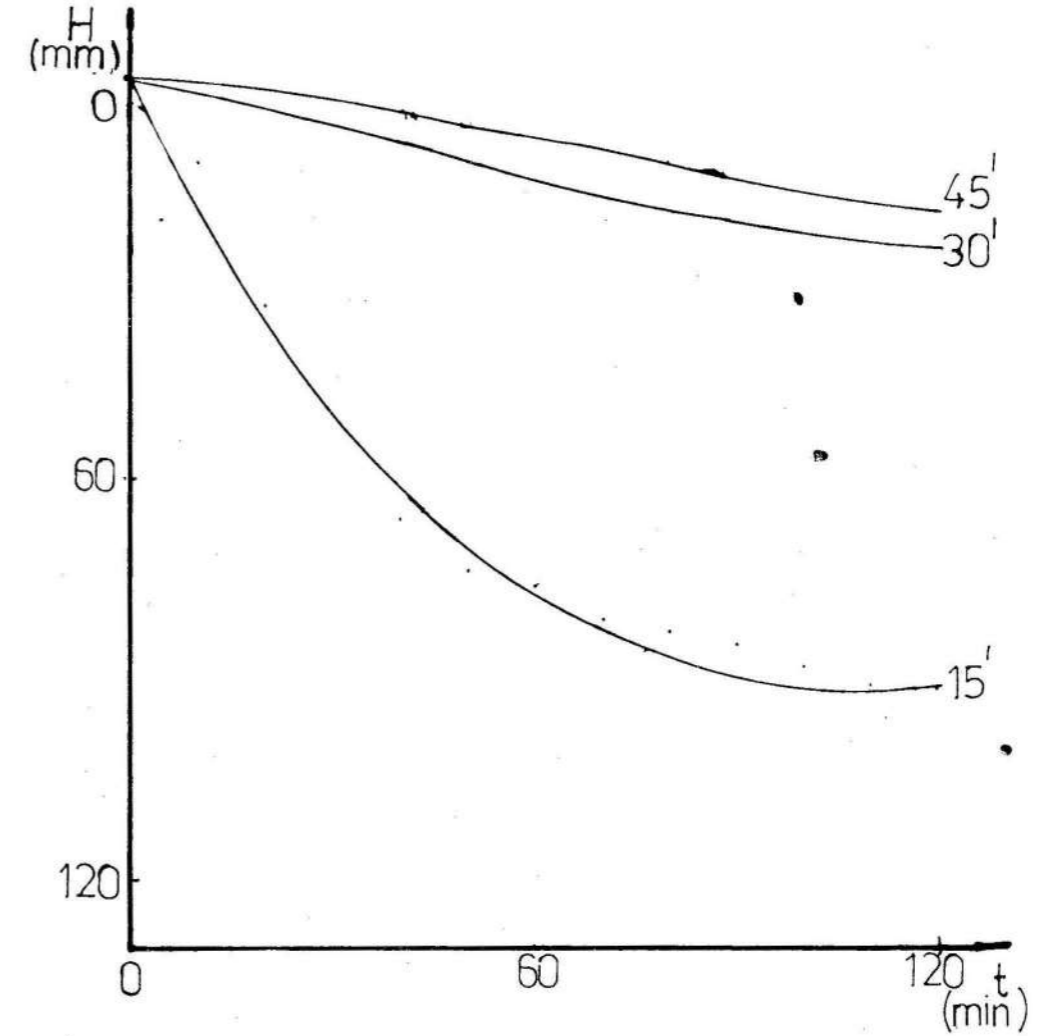


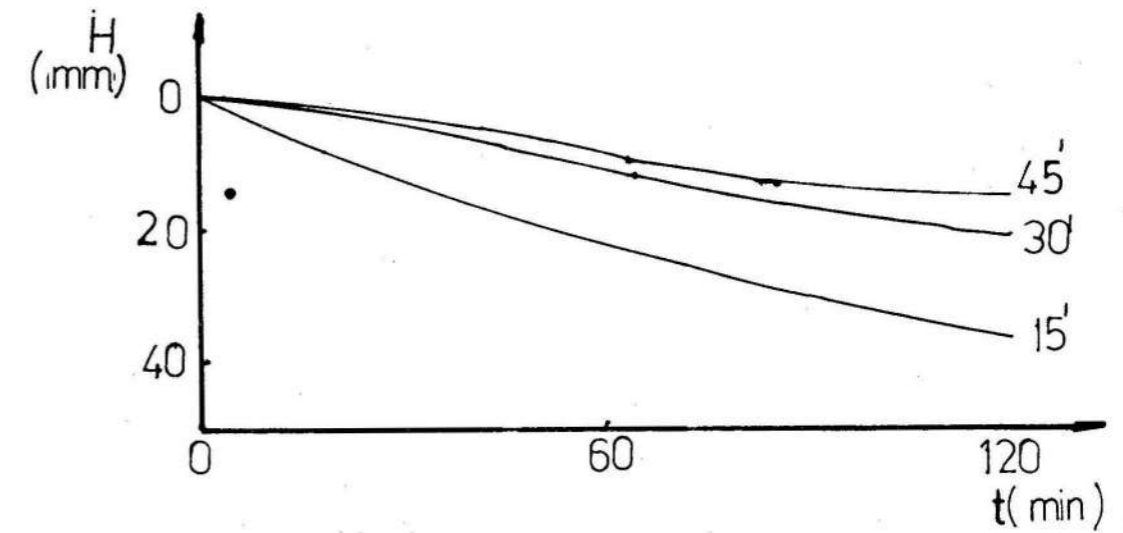
Fig. 2. Comportamiento de la sedimentación en el tiempo del frente D-24 para los distintos tiempos de agitación (Ensayos A).

**TABLA 4. Comportamiento de distintos parámetros en el proceso de sedimentación de los frentes ENSAYOS A**

	D-30			D-24			D-2			D-29		
	15'	30'	45'	15'	30'	45'	15'	30'	45'	15'	30'	45'
% producto retenido + 0,83	24,0	23,5	13,0	6,0	0,5	0,2	11,0	10,0	10,2	4,0	1,0	0,7
% producto - 0,074 mm	81,2	79	77,8	74,2	67,7	73,4	72,5	83,0	88,5	78,6	74,3	80,0
% sólido inicial (Pr)	14,3	17,1	33,6	21,9	23,3	21,8	23,6	25,5	24,9	23,5	25,4	23,8
% sólido final (Pr)	30,1	31,4	44,6	31,3	28,0	24,5	27,0	27,5	26,1	24,7	26,0	24,5
pH del agua inicial	8,47	8,40	8,45	8,31	8,28	8,10	8,13	8,43	8,1	8,49	8,50	8,10
pH final	7,39	7,28	7,4	7,3	7,29	7,33	7,5	6,31	6,14	6,9	7,2	6,6
Conductividad inicial	0,26	0,38	0,43	0,23	0,20	0,31	0,5	0,26	0,2	0,23	0,30	0,45
Conductividad final	0,15	0,27	0,19	0,27	0,18	0,17	0,25	0,21	0,16	0,15	0,19	0,23

**TABLA 5. Comportamiento de distintos parámetros en el proceso de sedimentación de los frentes ENSAYOS B**

	D-30			D-24			D-2			D-29		
	15'	30'	45'	15'	30'	45'	15'	30'	45'	15'	30'	45'
% producto retenido + 0,83 mm	28,5	17	14,5	5,0	0,1	0,01	15,1	11,1	10,6	1,5	1,2	1,3
% producto - 0,074 mm	76,2	73,3	78,5	67,8	68,5	74,0	73,8	75,2	78,5	75,2	78,8	71,9
% sólido (Pr) inicial	21,1	25	34,9	23,1	24,2	22,3	24,5	24,7	23,7	24	25,1	23,5
Final	31,4	29,1	40,7	26,5	27,6	25,4	27,8	26,1	25,3	24,8	25,8	24,3
pH del agua inicial	8,0	8,62	8,36	8,00	8,32	8,20	8,40	8,40	8,14	8,20	8,20	8,60
Final	7,2	7,3	7,42	7,4	7,24	6,86	6,25	6,5	6,8	7,49	6,57	6,87
Conductividad inicial	0,37	0,19	0,21	0,43	0,24	0,29	0,26	0,28	0,24	0,24	0,35	0,35
Final	0,27	0,23	0,33	0,19	0,18	0,26	0,24	0,23	0,18	0,22	0,20	0,26



**Fig. 3. Comportamiento de la sedimentación en el tiempo del frente D-24 para los distintos tiempos de agitación (Ensayos B).**

Comparando los ensayos A y B se obtiene que las profundidades de sedimentación son menores al ser mayor el tiempo de agitación, como aparece ilustrado en la Figuras 2 y 3, lo cual indica que al aumentar el por ciento de sólido la sedimentación se realiza con mayor dificultad. Esto se representa con gráficos en el frente D-24, aunque podría tomarse cualesquiera de los utilizados en los ensayos.

También se puede inferir que en los frentes que poseen en su composición química alto contenido de Mg, SiO<sub>2</sub> y abunda la serpentinita dura con una baja densidad, la velocidad de sedimentación es mayor. En este caso el D-30 es el que mayor profundidad de sedimentación alcanza debido a las características anteriormente explicadas, y en aquellos frentes, en la medida que van disminuyendo estas características la profundidad de sedimentación alcanzada decrece.

En las Tablas 4 y 5 se recogen los otros indicadores que se controlan, y se observa la disminución en un mismo frente de arranque del por ciento retenido -0,83 mm al aumentar el tiempo de agitación, lo cual indica que la efectividad del lavado aumenta proporcionalmente al tiempo de agitación.

La medición del pH y la conductividad de la pulpa mostraron que ambos disminuyen después de haberse efectuado la sedimentación, existiendo, por tanto, relación entre la composición iónica de la pulpa y la velocidad de sedimentación que requerirá de análisis posteriores.

Se llegó a las siguientes conclusiones:

- La profundidad de sedimentación es mayor en los frentes que presentan en su composición material

serpentinítico, lo que implica que la velocidad de sedimentación de tales minerales es mayor independientemente del por ciento de sólido.

- Los minerales de los distintos frentes estudiados presentan diferencias significativas en las velocidades de sedimentación al variar el tiempo de agitación.

- Los ensayos indican que el tiempo necesitado para el rompimiento y lavado de la fracción -0,83 mm presenta variaciones, ya que el contenido de la misma se incrementa proporcionalmente al tiempo de agitación en la preparación de la pulpa, pero ello no se manifiesta de igual forma para la fracción 0,074 mm.

- En todos los casos existe disminución de pH en el agua utilizada. También disminuye la conductividad del agua en la mayoría de los casos.

#### REFERENCIAS

- ANDREEV, S. E., V. A. PEROV y V. V. ZVERIEVICH: Trituración, desmenuamiento y cribado de minerales. Ed. Mir, Moscú, 1980.
- FALCON HERNANDEZ, J.: "Estudio de la preparación de la pulpa y la sedimentación de los minerales de Moa a escala de laboratorio". Trabajo presentado al 2do. Encuentro Científico-Técnico del Níquel, ISMMMoa, 1982.
- GARCIA SANCHEZ, J.: "Influencia de la preparación de la pulpa en la velocidad de separación". Trabajo de Diploma, ISMMMoa, 1982.