

13. ITURRALDE-VINENT, M.: "Nuevo modelo interpretativo de la evolución geológica de Cuba". *Ciencias de la Tierra y el Espacio*. Academia de Ciencias de Cuba. Vol. 3, pp. 51-89, 1981.
14. ———: *Naturaleza geológica de Cuba*. Ed. Científico Técnica. La Habana, Cuba, 146 pp. 1988.
15. JACKSON, T. and T. SMITH: "Mesozoic and cenozoic mafic magma types of Jamaica and their tectonics setting", in *Trans. 9th. Caribbean Geology Conference*. Santo Domingo. Dominican Republic. 1980.
16. KUSOVKOV, G. y otros: "Informe sobre los resultados del levantamiento geológico a escala 1:100 000 realizado en la pendiente sur de la cresta del Turquino en la parte oeste de la provincia de Santiago de Cuba". Empresa Geólogo-Minera de Oriente. Santiago de Cuba, 1976. (Inédito.)
17. KRIJNEN, J. and A. LEE CHIN: "Geology of the Northern, Central and South-eastern Blue Mountains, Jamaica, with provision of compilation map of the entire inlier". *Geologie en Mijnbouw*. Vol. 57 pp. 243-250, 1978.
18. LEWIS, J.: "Cenozoic tectonic evolution and sedimentation in Hispaniola", in *Trans. 9th. Caribbean Geology Conference*. Santo Domingo. Dominican Republic. pp. 65-73, 1980.
19. LEWIS, J. and G. DRAPER: "Geology and tectonic evolution of the Northern Caribbean margin in Dengo G. and Case G." Ed. *The Caribbean Region: Boulder, Colorado, G.S.A. The Geology of North America*. 1990.
20. LADD, W.; J. WATKINS: "Active margin structures within the North slope of the Muertos Trench". *Geologie en Mijnbouw*. Vol. 57 pp. 255-260.
21. JACKSON, T. and T. SMITH: "Mesozoic and Cenozoic mafic magma types of Jamaica and their tectonics setting" in *Trans. 9th. Caribbean Geology Conference*. Santo Domingo. Dominican Republic, 1980.
22. MOLNAR, P. SYKES: "Tectonics of the Caribbean and Middle America Region from focal mechanism and seismicity", G.S.A. Vol. 80, pp. 1639-1684.
23. MIRZAEV, K. y otros: "Nuevos datos sobre la constitución profunda de Cuba Oriental (Perfil geólogo-geofísico complejo Puerto Padre-Bayamo-Guisa). Energo Proyecto". La Habana, 1987. (Inédito.)
24. MANN, P.; S. LAWRENCE: "Petroleum potential of Southern Hispaniola". *Journal of Petroleum Geology*. Vol. 14, No.3, pp. 291-308.
25. MAURRASE, F.: "Stratigraphic correlation for the Circuncaribbean region". *The Caribbean Region, Vol. of Geology of North America*, 1990.
26. MULLINE, H. et al.: "Carbonate Platform along the southeast Bahama-Hispaniola collision zone". *Marine Geology*. Vol. 105 pp. 166-209, 1992.
27. NAGY, E. y otros: *Texto explicativo del mapa geológico de la provincia de Oriente a escala 1:250 000*. Fondo Geológico Nacional. 1976.
28. NEMEC, M.: "A two phase model for the tectonics evolution of the Caribbean", in *Trans. 9th. Caribbean Geology Conference*. Santo Domingo. Dominican Republic. pp. 23-24, 1980.
29. QUINTAS, F.: *Estratigrafía y paleografía del Cretácico Superior y Paleógeno de la provincia Guantánamo y zonas cercanas*. Tesis de Doctorado, ISMM, Moa, 1989.
30. UCHUPI, E. y otros: "Structure and origin of South eastern Bahamas". *AAGP*. Vol 55, No. 8, pp. 687-704, 1971.
31. WADGE, G.; G. DRAPER and J. LEWIS: "Ophiolites of the Northern Caribbean: a reappraisal of their roles in the evolution of the Caribbean plate boundary", in Grass, I. G., Lippar S. J. and Shelton J.W. eds. *Ophiolites and Oceanic Lithosphere*. *Geol. Soc. of London Special Publication* No. 13. London, England, 1984.

IMPORTANTE

La revista "Minería y Geología" del Instituto Superior Minero Metalúrgico, solicita a todas las sociedades e instituciones relacionadas con la geología, minería y metalurgia que con el objetivo de aunar y dar a conocer sobre estas especialidades nos envíen para su publicación:

- Congresos, reuniones, seminarios y cursos que se efectúen a partir de 1994.
- Programas de índole científico-técnico en las especialidades antes mencionadas.

Envíe su correspondencia a:

Ing. Bárbara Fuentes Herrera
Redacción Revista Minería y Geología
Edif. 2 Apto. 16
Rolo Monterrey, Moa 83300
Holguín, Cuba

INFLUENCIA DE LA COMPOSICION MINERALOGICA DEL MATERIAL LIMONITICO DE FRENTES DE EXPLOTACION DE LA INDUSTRIA "PEDRO SOTTO ALBA", MOA

INFLUENCE OF MINERALOGICAL COMPOSITION ON LIMONITIC MATERIAL SEDIMENTATION MOA MINE

Ing. Arturo Rojas Purón
Ing. Pedro Beyris Mazar

Instituto Superior Minero Metalúrgico

RESUMEN: Se hace referencia a la influencia de las características mineralógicas del material limonítico en la sedimentación de la pulpa procesada en la industria "Pedro SOTTO ALBA", estableciéndose la dependencia de la velocidad de sedimentación con los factores, densidad, granulometría, composición química y composición mineralógica de este material.

Se concluye que la diferencia mineralógica fundamental entre los materiales de buena y mala sedimentación radica en la composición mineralógica y química de la fracción gruesa (mayor que 0,074 mm).

ABSTRACT: Its refers to the influence of mineralogical composition on sedimentation of the limonitic pulp, where the action as a whole that several factors as density, granulometry, chemical and mineral composition have over sedimentation speed is established.

Its conclude that the main mineralogical difference between bad and good sedimented materials is found in the mineralogical and chemical composition of biggest size particles (greater than 0,074 mm).

INTRODUCCION

En los últimos tiempos se han podido establecer con claridad los factores que influyen con mayor intensidad en la sedimentación de la pulpa limonítica que se suministra a la planta de níquel "Pedro SOTTO ALBA" en Moa. Estos factores pueden enmarcarse en:

- la composición granulométrica
- la composición iónica
- la composición mineralógica

Ya los trabajos de J. Falcón Hernández, 1983-87; P. Beyris, 1985-92; R. Quintana Puchol et al., 1984, entre otros, han demostrado la influencia de la granulometría y la composición iónica de la pulpa. Además L. Garcell, 1991, ha estudiado las características reológicas, pero hasta ahora

no ha quedado claro cómo influye la composición mineralógica en este problema (N. Ponce et al., 1983), ni su relación con los factores antes mencionados.

El trabajo trata de exponer información al respecto y demostrar que las características mineralógicas de los materiales que componen los diferentes frentes de explotación gobiernan, hasta cierto punto, en ocasiones de una manera significativa, el comportamiento de las muestras durante la sedimentación. Cuando los frentes de explotación tienen características mineralógicas diferentes poseen regímenes de sedimentación distintos, lo cual permite introducir un mecanismo de control en la velocidad de sedimentación del material limonítico.

MATERIALES Y METODOS DE INVESTIGACION

Se seleccionaron materiales que poseen comportamientos diferentes en la sedimentación estableciéndose

dos grupos: uno de buena sedimentación (frentes D-38 y D-43) y otro de mala sedimentación (frentes D-52 y D-23).

TABLA 1. Características de sedimentación de los frentes

Frente de explotación	Densidad (g/cm ³)	Relación ML/MP	Altura de sedimentación (mm)
D-38	3,65	,172	79,33
D-43	3,51	,173	81,00
D-23	3,35	,429	33,66
D-52	3,28	,432	10,10

La caracterización de estas muestras permite conocer los principales factores influyentes en el proceso de sedimentación y pronosticar cuales factores lo favorecen y cuáles actúan negativamente sobre él.

En la caracterización del material limonítico se emplearon:

- métodos de análisis granulométrico
- métodos de difracción de rayos X
- métodos de análisis mineralógico óptico

RESULTADOS OBTENIDOS

Se han valorado los siguientes factores principales influyentes en la sedimentación:

- densidad
- composición química (coeficiente metal ligero/metal pesado, ML/MP)
- granulometría
- composición mineralógica

TABLA 2. Dependencia entre los principales factores influyentes en la sedimentación según correlación matricial

Factor influyente	Velocidad de sedimentación
Clase F.1	0,783
Clase F.2	0,899
Clase F.1-F.2	0,861
Clase F.3	-0,861
Contenido de MgO	-0,992
Contenido de SiO ₂	-0,894
Contenido de Al ₂ O ₃	0,230
Contenido de Fe ₂ O ₃	0,886
Contenido de NiO	-0,189
Contenido de CoO	0,421
Contenido de Cr ₂ O ₃	0,811
Densidad	0,927
Coefficiente ML/MP	-0,963

En la Tabla 2 puede observarse la correlación existente entre cada uno de estos factores y la sedimentación. Entre los factores que inciden positivamente se encuentran la densidad, la granulometría gruesa y el contenido de hierro; por otra parte, encontramos que el contenido de magnesio, el contenido de sílice, el coeficiente ML/MP y la fracción fina entorpecen el proceso de sedimentación.

Es notable, sin embargo, la poca influencia que tiene el óxido de aluminio, hecho que es contradictorio con los resultados obtenidos por N. Ponce, 1983; J. Volikov, 1991;

TABLA 4. Relación de las fracciones gruesas y finas por frentes

Fracción granulométrica	% en peso				Contenido D38+d43	promedio D52+D23
	D-38	D-43	D-52	D-23		
F.1 + F.2	28,87	39,48	20,16	21,22	34,175	20,69
F.3	71,13	60,52	79,84	78,78	65,825	79,31

El análisis granulométrico se realizó utilizando técnicas de tamización por vía húmeda, según los tamaños: 0,83 mm; 0,4 mm; 0,074 mm.

Para el procesamiento de las muestras por difracción de rayos X se utilizó un difractómetro del tipo HZG-4, alemán, con el siguiente régimen de trabajo:

- radiación: K Fe
- velocidad del goniómetro: 10 grados/cm
- voltaje: 30 kV
- amperaje: 20 mA

El análisis mineralógico se basó en los resultados de la difracción de rayos X y las observaciones en microscopio binocular, tipo Jena, de la Carl Zeiss. Se utilizó además el programa MULVAR para el procesamiento estadístico de los resultados.

por lo que este aspecto requiere de una investigación posterior más profunda.

Existe una relación directa entre la granulometría del material y su comportamiento en la sedimentación, predominando las clases granulométricas gruesas en los frentes de buena sedimentación (de un 30 a un 40 % del peso de la muestra).

La fracción granulométrica gruesa puede constituir una clase granulométrica importante, ya que en ella se detectaron diferencias notables en la composición mineralógica de los materiales pertenecientes a los distintos frentes. Estas diferencias mineralógicas pueden explicarse por la existencia de determinadas fases minerales según una "granulometría natural" (como exponen Rojas Purón y Beyris, 1993 y Almaguer, 1993), lo que explica la concentración de los silicatos de magnesio en las fracciones gruesas y de los oxihidróxidos de hierro en las fracciones finas (menores que 0,074 mm), pues es un hecho que la fracción fina está constituida por minerales de hierro, en tanto que la gruesa está integrada, en dependencia del tipo litológico, por silicatos de magnesio u óxidos e hidróxidos de hierro.

Las características granulométricas de los materiales estudiados se exponen en la Tabla 3.

TABLA 3. Resultados de las separaciones granulométricas

Fracciones granulométricas	% en Peso que representa			
	D-38	D-43	D-52	D-23
F.1 (-,83 + 0,4 mm)	8,02	12,77	5,86	5,73
F.2 (-0,4 + 0,07 mm)	20,85	26,71	14,3	15,49
F.3 (-0,074 mm)	71,13	60,52	79,84	78,78

Los materiales de mejor sedimentación se caracterizan por presentar alrededor de un 30 a un 40 % del peso total de la muestra de fracción gruesa (mayor que 0,074 mm), en tanto que en los de mala sedimentación esta fracción sólo representa el 20 % del peso de la muestra.

MINERALOGIA DE LOS FRENTES DE EXPLOTACION

La composición mineralógica de los materiales de los frentes de explotación de la mina Moa sometidos a sedimentación indica que existe una diferencia muy bien expresada entre uno y otros frentes.

Los materiales de buena sedimentación están compuestos mineralógicamente por fases de óxidos e hidróxidos de hierro: goethita, hematita y magnetita, con cierta cantidad de gibbsita. Estos minerales están presentes tanto en la fracción fina como en la gruesa, pues ambas fracciones poseen prácticamente la misma composición mineralógica, predominando los minerales de metales pesados (ferrosos), lo cual explica la elevada densidad de estos materiales.

En la composición mineralógica de los materiales de mala sedimentación se detecta una marcada diferencia entre la fracción gruesa y la fina, pues mientras que la fracción menor que 0,074 mm está constituida por fases minerales tradicionalmente conocidas en las lateritas (Ostroumov M. et al., 1989; Quintana Puchol R., 1985) como son: goethita, hematita y magnetita, en la clase granulométrica gruesa (mayor que 0,074 mm) están presentes los silicatos de magnesio y sílice: clorita, olivino y cuarzo, que son minerales de metales ligeros (Si y Mg) que le proporcionan una baja densidad.

Desde el punto de vista mineralógico, los materiales de mala sedimentación se diferencian de los de buena en la composición mineralógica de sus fracciones gruesas, pues en los que sedimentan mal existe un predominio, en esta fracción, de silicatos de magnesio y sílice en tanto que en los materiales de buena sedimentación la fracción gruesa está constituida por minerales de hierro, siendo esto una diferencia importante para distinguirlos, ya que mineralógicamente las fracciones finas de ambos materiales no presentan diferencias notables. Podemos entonces decir que, en dependencia de la naturaleza químico-mineralógica y de la proporción en que se encuentre la fracción gruesa en el material limonítico así será el comportamiento del mismo en la sedimentación.

DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Las fases minerales constituyen los macrocomponentes presentes en la pulpa preparada para el proceso de sedimentación de la fábrica "Pedro Sotto Alba", por lo que en dependencia de las características de estos macrocomponentes así será el comportamiento de la pulpa durante la sedimentación.

La granulometría influye de manera comprensible en la sedimentación de los granos minerales; en la medida que predomina la clase granulométrica gruesa (mayor que 0,074 mm) es mejor la sedimentación del material limonítico, pudiéndose detectar, según los resultados obtenidos (Tablas 3 y 4), que en los materiales de mejor sedimentación esta clase granulométrica alcanza de un 30 a un 40 % del peso de la muestra; además, esta fracción está compuesta mineralógicamente por fases minerales de óxidos e hidróxidos de hierro: goethita, hematita y magnetita con cierta cantidad de gibbsita, y de forma subordinada, cloritas, olivinos y cuarzo. En los materiales de mala sedi-

TABLA 5. Composición mineralógica de frentes de explotación de la mina Moa, según datos de rayos X

Frente de explotación	Composición mineralógica	Composición química cualitativa	Densidad
D-38 Toda la muestra	Goethita Hematita Magnetita Gibbsita	Oxidos e hidróxidos de Fe	3,65
Toda la muestra D-43	Goethita Hematita Magnetita Gibbsita Clorita Olivino	Oxidos e hidróxidos de Fe (un poco de sílice)	3,51
Fracción gruesa D-52	Clorita (Pennina) Olivino Cuarzo Goethita Magnetita Hematita Enstatita Gibbsita	Silicatos de magnesio (cierta cantidad de óxidos de Fe)	3,28
Fracción fina	Goethita Hematita Magnetita Enstatita	Oxidos e hidróxidos de Fe	
Fracción gruesa D-23	Cuarzo Goethita Hematita Magnetita Gibbsita Olivino Clorita (Pennina)	Sílice (cantidad moderada de óxidos de Fe) (cierta cantidad de sílice tos de Mg)	3,35
Fracción fina	Goethita Hematita Magnetita Enstatita	Oxidos de hidróxidos de Fe	

mentación la fracción gruesa representa sólo el 20 % del peso de la muestra y mineralógicamente está compuesta por silicatos de magnesio: clorita, olivino, sílice, cuarzo, con cantidades subordinadas de óxidos e hidróxidos de hierro: goethita, magnetita, gibbsita y piroxeno.

Es significativo el hecho de que la diferencia fundamental, desde el punto de vista mineralógico, entre los materiales de buena y mala sedimentación, se detecte en la composición mineralógica de la fracción gruesa y no en la fina, pues la composición mineralógica de esta última es prácticamente la misma en ambos materiales y está compuesta principalmente por las fases minerales de óxidos e hidróxidos de hierro, con la goethita como mineral principal.

Resulta infructuosa la búsqueda de diferencias notables en la mineralogía de la pulpa limonítica sin un trabajo previo de separación granulométrica y el análisis mineralógico de cada fracción por separado (Ronda Oro, 1989; Marrero R., 1991).

Se debe tener en cuenta que la fracción fina es importante en este material limonítico, siempre representa alrededor del 60 % del peso de la muestra o más, por lo que sus características deciden en muchas ocasiones el comportamiento de la pulpa. Como se ha podido comprobar, la fracción fina está compuesta mineralógicamente por óxidos e hidróxidos de hierro casi invariablemente, en tanto que la fracción gruesa puede estar compuesta por minerales de hierro así como por fases minerales de silicatos de magnesio y sílice, que son minerales de metales ligeros con baja densidad, constituyendo su presencia en la pulpa un factor desfavorable para la sedimentación.

En relación con esto, Almaguer A. y Zamarsky V., 1993, exponen que el hierro en estos yacimientos de cortezas de intemperismo ferroniquelíferas y en los materiales del horizonte de ocres estructurales tiende a concentrarse en dos clases granulométricas: la clase menor que 0,074 mm y la clase entre 0,4 y 0,83 mm; además, Rojas Purón y Beyris,

1993, exponen valores de hasta 39 % de FeO en la fracción gruesa para muestras de frentes de explotación de buena sedimentación, lo cual indica que en la fracción gruesa también puede existir una apreciable cantidad de hierro.

Teniéndose en cuenta lo anterior, no solamente influyen las características granulométricas del material a sedimentar, sino que unido a esto incide la naturaleza químico-mineralógica de la fracción gruesa (mayor que 0,074 mm).

Los factores que influyen en la sedimentación actúan como un sistema, no aisladamente. De aquí se explica por qué cuando se preparan pulpas mezclando materiales de frentes de explotación con mala sedimentación (Pérez Quevedo et al., 1992) se obtiene una pulpa con mejor sedimentación, ya que en cierta forma se ha mejorado la correlación del sistema granulometría-quimismo-mineralogía de los materiales con que se ha preparado la pulpa.

CONCLUSIONES

- Los factores, bajo el punto de vista mineralógico, que influyen en la sedimentación del material limonítico son:
 - la granulometría
 - la composición química
 - la composición mineralógica
 - la densidad
- La influencia de estos factores sobre la sedimentación hay que concebirla como un sistema, cuyos principales componentes son: granulometría-quimismo-mineralogía del material con que se elabora la pulpa y no como aspectos aislados, los cuales son inherentes a un mismo objeto (las limonitas) y participan en un mismo proceso (la sedimentación).
- Existe un grupo de minerales que se presentan según una granulometría natural determinada, acorde con sus condiciones de formación, lo cual permite establecer que:
 - los silicatos de magnesio y la sílice tienden a concentrarse en la fracción granulométrica gruesa (mayor que 0,074 mm)
 - la fracción fina está compuesta básicamente por óxidos e hidróxidos de hierro
- La diferencia mineralógica entre los materiales de buena y de mala sedimentación sólo fue detectada en la fracción granulométrica gruesa, constituyendo ésta una fracción importante para futuros análisis, pues en los materiales de mala sedimentación en esta fracción predominan los silicatos de magnesio y la sílice, no siendo así para la pulpa de buena sedimentación.

AGRADECIMIENTOS

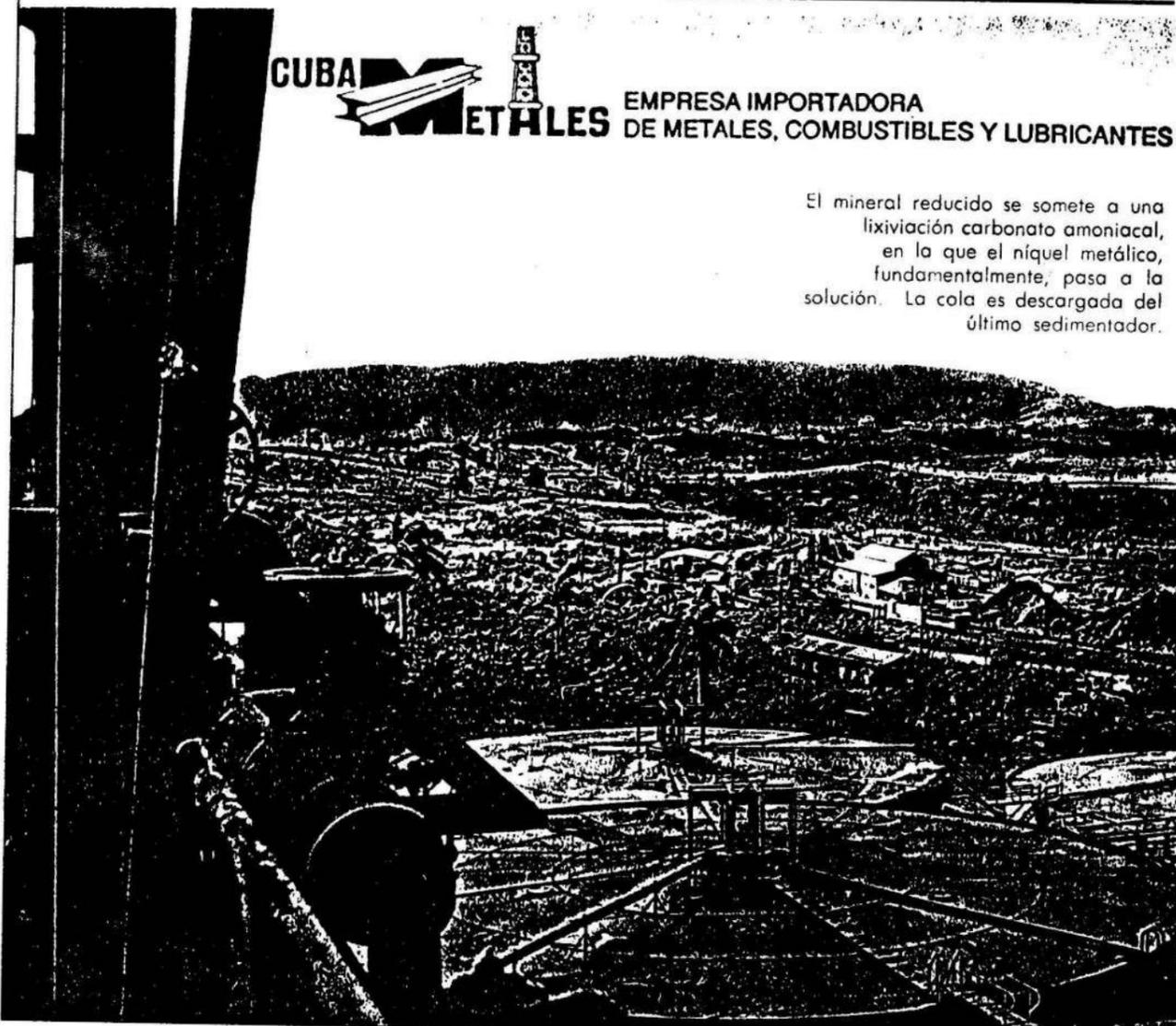
Para la culminación exitosa del presente trabajo resultó muy valiosa la cooperación e interés mostrado por el

ingeniero Daniel Sánchez Jaca, así como el apoyo del Laboratorio Central de la industria "Pedro Sotto Alba".

REFERENCIAS

- ALMAGUER, A. y V. ZAMARSKY: "Estudio de la distribución del Fe, Ni y Co, en los tamaños de granos que componen el perfil de las cortezas de intemperismo de las rocas ultrabásicas hasta su desarrollo laterítico y su relación con la mineralogía". *Revista Minería y Geología*. Vol 10, No. 2, 1993 (en imprenta).
- BEYRIS, P. y J. FALCON: "Estudio de la preparación del mineral y su influencia en la velocidad de sedimentación". *Revista Minería y Geología*. No.1, 1985.
- FALCON, J.: "Consideraciones sobre la sedimentación de la pulpa limonítica en la planta Pedro Sotto Alba". *Revista Minería y Geología*. No.2, 1983.
- : "Sedimentación de minerales limoníticos". *Revista Minería y Geología*. No.2, 1985.
- FALCON, J. et al.: "Influencia de la composición de la pulpa limonítica en la velocidad de sedimentación". *Revista Minería y Geología*. No.3, 1987.

- GARCELL, L.: "Comportamiento reológico de las pulpas lateríticas". *Revista Minería y Geología*. No.1, 1991. Edición Especial.
- LAGO, L. e I. VOLIKOV: *Disminución en pulpa de los principales consumidores de ácido en lixiviación*. Seminario Internacional sobre Tecnología de Lixiviación Ácida de los Minerales Lateríticos, Moa, noviembre de 1991.
- MARRERO, R.: *Caracterización mineralógica de pulpas crudas en la EPSA*. Trabajo de Diploma, ISMM, Moa, 1991.
- OSTROUMOV, M., A. ROJAS PURON y J. BLANCO: "Caracterización mineralógica de las lateritas del sector Atlántico, Mina Moa". *Revista Minería y Geología*. No.1, 1987.
- PEREZ QUEVEDO, E. y P. SANCHEZ MARQUEZ: *Influencia de la homogenización en la sedimentación*. Trabajo de Diploma, ISMM, Moa, 1992.
- PONCE, N. et al.: "Posible influencia de la composición mineralógica en la sedimentación de la pulpa cruda de Moa". *Revista Minería y Geología*. No.1, 1989.
- QUINTANA PUCHOL, R. et al.: "Estudio de la pulpa cruda del mineral laterítico del yacimiento Moa: análisis fásico-mineralógico". *Revista Minería y Geología*. No. 1, 1985.
- QUINTANA PUCHOL, R. et al.: "Estudio de la pulpa cruda del mineral laterítico del yacimiento Moa: análisis granulométrico". *Revista Minería y Geología*. No.3, 1984.
- ROJAS PURON, A.L y P. BEYRIS: "Características granulométricas de frentes de explotación de la Mina Moa". Informe del ISMM, 1983. (en prensa).
- ROJAS PURON, A.L, A. CARBALLO y E. MATOS: "Valoración mineralógica-económica del material de rechazo de la planta de preparación de pulpa del yacimiento Moa". *Revista Minería y Geología*. No.2, 1993 (en imprenta).
- RONDA ORO, A.: *Caracterización mineralógica de la pulpa limonítica de los espesadores de la EPSA*. Trabajo de Diploma, ISMM, Moa, 1989.



CUBA METALES EMPRESA IMPORTADORA DE METALES, COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES

El mineral reducido se somete a una lixiviación carbonato amoniacal, en la que el níquel metálico, fundamentalmente, pasa a la solución. La cola es descargada del último sedimentador.