

Las ultramafitas metamorfozadas del complejo inferior presentan bajos contenidos de SiO<sub>2</sub> (35,5 - 38,6 %), altos contenidos de MgO (38,4 - 42 %) dependiendo del proceso e intensidad de la serpentinización, generalmente bajos contenidos de TiO<sub>2</sub> (0,02 %) y álcalis (0,10 - 0,47 %) típicos de estos complejos.

Para las serpentinitas dunitizadas del yacimiento Luz Norte el contenido de NiO generalmente es más alto que en los yacimientos Pinares de Mayarí y Canadá.

Las rocas básicas de los complejos gábricos cumulativos y de diques paralelos de diabasas pertenecen a los cúmulos máficos con transiciones hacia los superiores.

El índice de solidificación es mucho mayor en las serpentinitas duniticas (84 - 86 %) que en las harzburgíticas (79 - 81 %), demostrando la poca intensidad de los procesos de diferenciación fraccionada del material primario.

La relación Ti Vs Si es inversa, en la medida que aumenta el índice de solidificación disminuye el de titanio en las ultramafitas metamorfozadas de ese complejo.

La situación respecto al cromo es diferente. La relación es directa respecto al índice de solidificación (Si), es decir en la medida que disminuye aumenta el contenido de Cr en estos complejos.

#### REFERENCIAS

1. COLEMAN, R.: "Ophiolites", Springer-Verlag, p. 262, Berlin, New York, 1977.
2. FONSECA, E.: "Características de la asociación ophiolítica de la provincia Pinar del Río". Tesis para la obtención del grado. Cec Universidad de Carolina. Praga, 1964.
3. KUDELASCK, V. y otros: "Contribución a la geoquímica y petrología de las ultrabasitas de Cuba", *Acta Geológica*, p. 119-131, Universidad Carolina. Praga, 1969.
4. NAVARRETE, M.: Petrología del yacimiento ferroniquelífero Pinares de Mayarí. Resumen al I Encuentro Científico-Técnico del Níquel. Moa, 1961.
5. PÉREZ, A.; A. F. ALMAGUER y M. NAVARRETE: "Características geológicas preliminares del sector noroccidental del yacimiento Pinares de Mayarí". Resumen del Primer Simposium, de la Sociedad Cubana de Geología. Habana, 1961.
6. RECHKIN, V. y G. KOSYAREV: "Informe sobre los trabajos de exploración geológica realizados sobre lateritas níquelíferas ferruginosas en el yacimiento Pinares de Mayarí. CNFG, Habana, 1968.
7. SOLOVIEV S., P.: *Química de las rocas magmáticas y algunas cuestiones de petroquímica*. Leningrado, Nauka, 1970.
8. TEPERIN, A. y M. HEREDIA: "Petrología de los complejos ultramafíticos de la provincia Pinar del Río y los macizos Mayarí y Moa Baracoa de Cuba oriental. Tema 5705. CNFG. La Habana, 1960.



EMPRESA CUBANA IMPORTADORA  
DE METALES, COMBUSTIBLES  
Y LUBRICANTES  
CUBAN METALS, FUELS AND  
LUBRICANTS IMPORTING  
ENTERPRISE

Infanta No. 16, Ciudad de La Habana, Cuba  
P.O. Box: 6917 Telf. (Phone): 70-2961  
Telex: 81-1482 CUMET

## CAMBIO DEL INTERVALO DE PERFORACION Y MUESTREO PARA LA EXPLORACION DETALLADA DEL YACIMIENTO FERRONIQUELIFERO COBALTIFERO LEVISA

Ing. Adys Rodríguez C.

Empresa Geología Santiago

**RESUMEN** Es tradicional utilizar para la exploración detallada de los yacimientos utilizados como materia prima en la Empresa René Ramos Latour de Nicaro, un intervalo de perforación-muestreo de 0,5 m. Mediante el posible trabajo se demuestra que es posible modificar a 1 m para los grupos proyectados, empleando para ello un análisis estadístico de estudio de la variabilidad según el corte de la corteza. Se garantiza la representatividad adecuada con un ahorro de recursos, ya que se reduce a la mitad la cantidad de muestras. La solución representa un ahorro de 1 023 698 pesos, de los cuales 621 378 pesos por reducción de análisis químico y 402 409 por conceptos de trabajos geológicos.

**ABSTRACT** It is traditional to use for the detailed exploration of the deposits used as primary material in the plant of "Comde René Ramos Latour" of Nicaro, an interval of specimen of 0,5 m through the present work, it can be seen that it is possible to modify to 1 m for the projected groups, employed for a statistical analysis of the study of variability following the cutting edge of the crust the adequate representativity is that reduces to half the quantity of the specimens to take, document, dry and grind. The solution represents a saving of 1 023 378 pesos for reduction of chemical analysis and 402 409 for concepts of geological work.

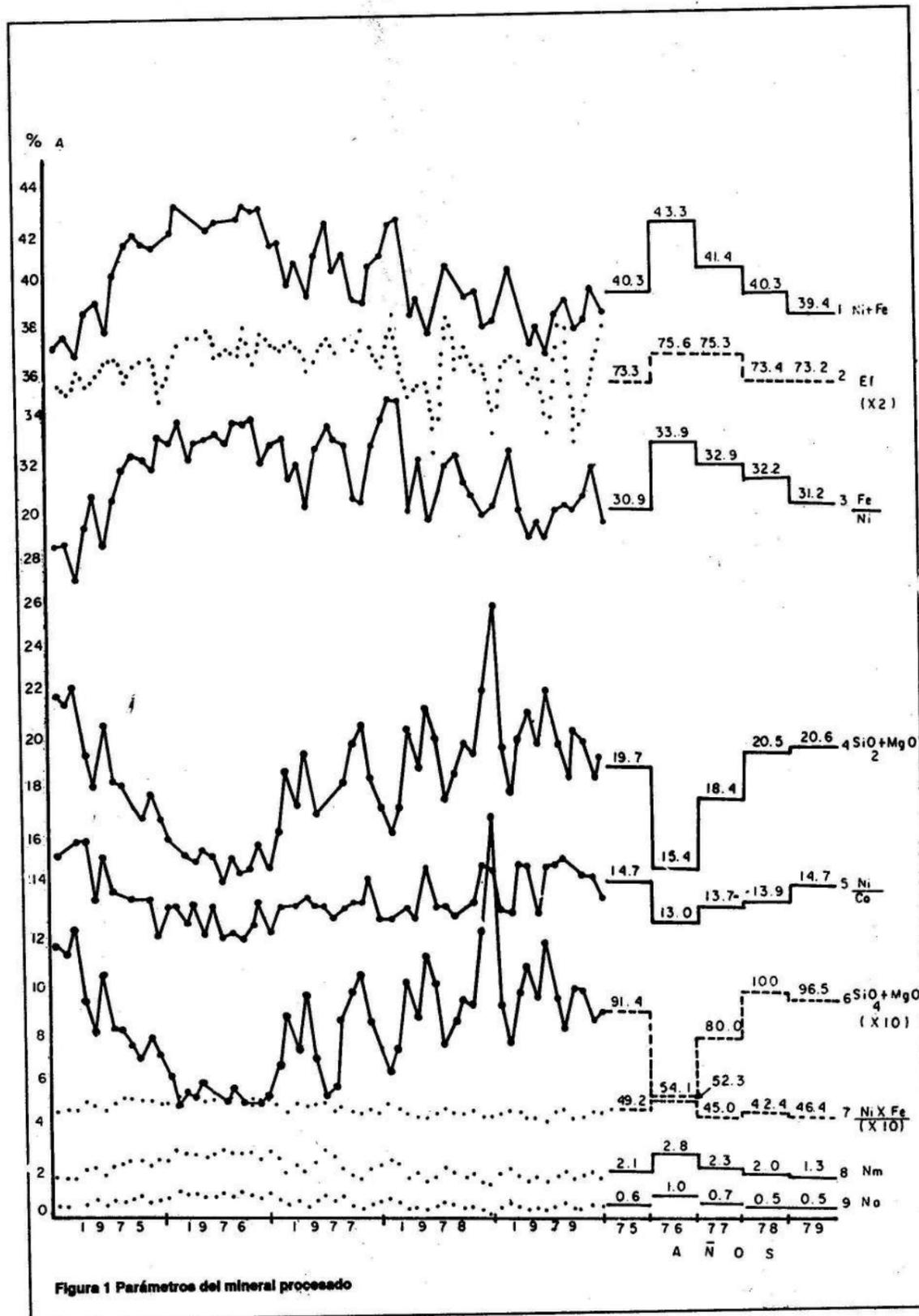
#### VALORACION GEOLOGO INDUSTRIAL EN LOS YACIMIENTOS LATERITICOS DE NICARO.

Con el objetivo de analizar como influye la calidad de la mena en el procesamiento industrial de la Empresa Comde René Ramos Latour (ECRRL) de Nicaro, valoramos el mineral procesado en los hornos de reducción en los años 75-79, utilizando la comparación de diferentes parámetros geológicos con la eficiencia industrial y con el extractable, para obtener los límites favorables al proceso.

En la Figura 1 se representa el comportamiento de algunos parámetros en cada mes de los años evaluados, en el extremo derecho de los histogramas los valores

promedios compensados por años. Puede notarse la proporcionalidad directa entre la eficiencia con las relaciones Ni + Fe, Fe/Ni, Ni . Fe, Nm número de mineral producto y Na número de mineral suma, expresados en las curvas 1, 3, 7, 8 y 9 respectivamente mientras son funciones inversas SiO<sub>2</sub> + MgO, Ni/Co y SiO<sub>2</sub> . MgO (curvas 4, 5 y 6).

Estas tendencias se expresan mejor en los histogramas. Alteramos la escala en las curvas 2, 6 y 7 para disminuir las dimensiones, no obstante se expresa la correspondencia.



Existen períodos contradictorios solamente entre las curvas Ni . Fe y SiO<sub>2</sub> . MgO, donde no siempre se mantiene la función enunciada.

Los resultados representados en la figura 1 los agrupamos en intervalos de clases en la Tabla 1 y los graficamos contra la eficiencia industrial, interceptándolos en la abscisa correspondiente a 73 % (límite definido como aceptable por la industria). El valor obtenido y el comportamiento de la curva nos dan el parámetro límite y la tendencia de la proporcionalidad, siendo el mínimo permisible en las funciones directas y el máximo en las inversas.

En la Figura 2 se evalúa el número de mineral industrial producto (Na), este índice se utiliza como fundamental para valorar la calidad del mineral, y cuando es mayor de 0,5 la eficiencia del proceso es mayor de 73 %.

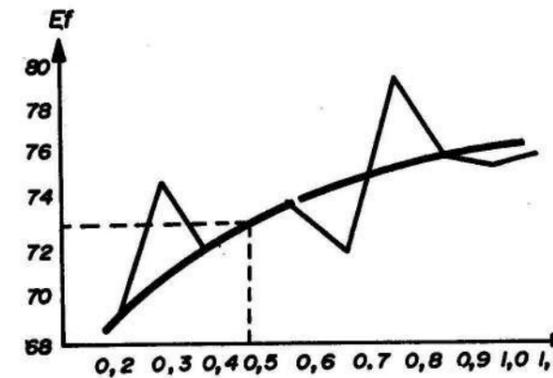


Figura 2 Na

El número de mineral industrial suma (Nm) se representa en la Figura 3 y expresa que la eficiencia se comporta por encima del límite aceptable, cuando la relación es mayor de 1,8. En nuestro criterio este parámetro tiene ventajas con respecto a Na, ya que las variaciones del mineral son más perceptibles de esta forma y reflejan fielmente la proporcionalidad enunciada, además desde el punto de vista operativo es más fácil, especial-

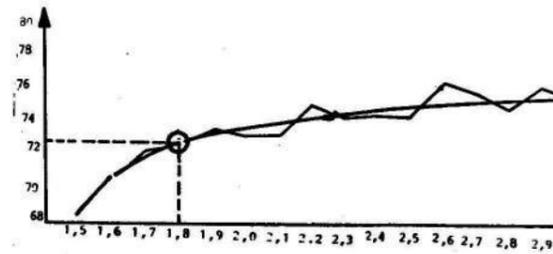


Figura 3 Nm

mente al descontar la dilución para transferir a la realidad geológica.

El resto de las figuras permite establecer que la eficiencia del proceso será mayor del 73 % cuando el mineral cumpla estos límites:

- Ni/Co < 16,6
- SiO<sub>2</sub> + MgO < 22,5
- SiO<sub>2</sub> . MgO < 116
- Ni + Fe > 37,7
- Ni . Fe > 46
- Fe/Ni > 29,8

Estos parámetros han sido comparados con la eficiencia industrial por tener la mayor cantidad de datos referidos a este índice, no obstante en ella interviene no sólo la calidad del mineral sino también pérdidas por otros conceptos, por lo que en el futuro debe compararse con el extractable. Procedimos sólo en este caso para Na y Nm, haciéndolo de forma semejante que con la eficiencia, (Figura 10) notando que los rangos aconsejables son Na > 0,5 y Nm > 2,0.

Mediante cuatro bloques experimentales se transfirieron los parámetros calculados a la realidad geológica, aprovechando que en estos pozos existen datos de la SiO<sub>2</sub> y MgO por muestras, y calculamos en cada intervalo las relaciones evaluadas [2]. Al analizar en los bloques los parámetros industriales calculados se toma en cuenta la dilución (±) expresada por la diferencia promedio histórica entre el mineral agotado y el procesado. Al interpretar los resultados observamos que no existe uniformidad absoluta entre el intervalo clasificado como favorable por todos los parámetros, aunque entre Ni/Co y Fe/Ni coinciden generalmente. El número de mineral es alto en los horizontes superiores (ocres inestructurales) con valores mayores de 3, y decrece bruscamente en los ocres estructurales decayendo hasta valores inferiores del límite calculado, debido fundamentalmente al alto contenido de SiO<sub>2</sub> y de MgO, siendo la causa geológica el bajo coeficiente de lixiviación de este horizonte.

Se comprobó que los límites industriales del número de mineral calculado, prácticamente no existen en la naturaleza, son altos en la limonita y bajos en la serpentina, lo que determina las diferencias contrastantes en el comportamiento metalúrgico de ambos horizontes, ello sugiere calcular los contenidos mínimos industriales de forma separada, y la necesidad de una homogenización artificial muy esmerada o en su defecto el tratamiento metalúrgico independiente de ambas menas. En el cálculo geológico notamos que cuando el hierro es menor de 35 % generalmente aumenta considerablemente la SiO<sub>2</sub> y el MgO, por lo que se puede justificar el límite para limonita. Cuando el hierro es menor de 12 % los números de mineral son ínfimos, aportando extractables menores de 20 %, y además la categoría por dureza.

Se calculó el contenido mínimo industrial de forma independiente para la limonita y serpentina, obteniendo 0,7 y 1,1 % de Ni respectivamente, lo que comparado con la variante utilizada actualmente implica disminuir el contenido límite en la muestra para el cálculo de reservas, fundamentalmente para las menas limoníticas que representan el techo del mineral en la condición de Nicaro, aprovechando así parte del denominado escombros.

Utilizando esta dirección de trabajo se lograría disminuir considerablemente el volumen de reservas a escombrar, disminuir la carga nociva del mineral haciendo

Comportamiento promedio del mineral

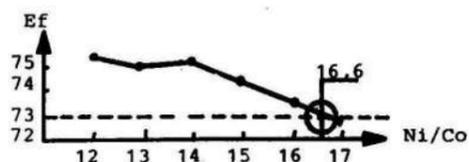


Figura 4

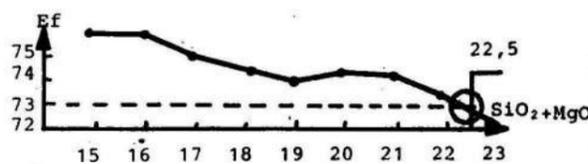


Figura 5

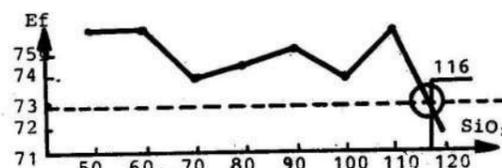


Figura 6

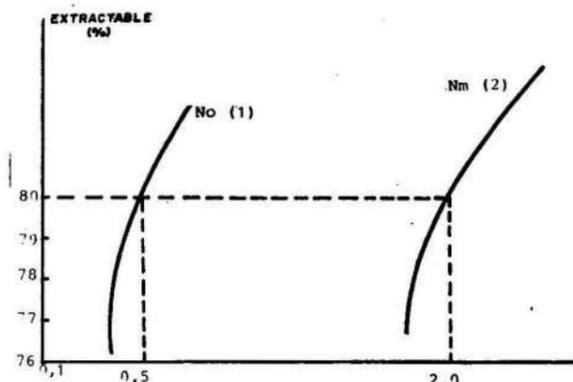


Figura 10 Valores de Na y Nm

el proceso más eficiente y aumentar la vida útil de nuestros yacimientos, los que constituyen riquezas no renovables y su aprovechamiento racional debe combinarse de manera tal que obtenga rentabilidad en la elaboración de la materia prima mineral por un lado, y por otro garantice la extracción más completa del mineral en el subsuelo.

En la Tabla 2 se compara el extractable, las reservas y el níquel recuperado en diferentes variantes, expresando que el níquel recuperado sería mayor para la suma total, (escombro + limonita + serpentina) entre los tipos comparados.

Estas conclusiones argumentaron la solicitud de la variante aprobada en el cálculo de reservas del yacimiento

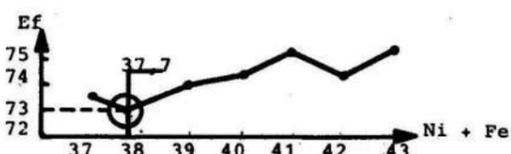


Figura 7

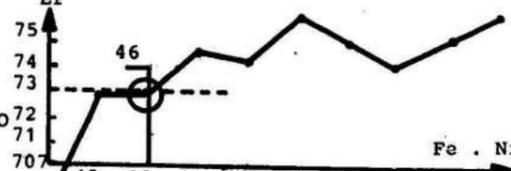


Figura 8

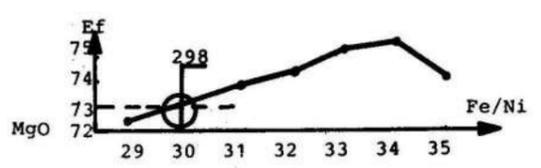


Figura 9

to Luz Norte (área priorizada), la cual aventaja en condiciones industriales y minero técnicas a las de Nicaro [1]. La nueva variante utiliza parte de las reservas que antes eran consideradas de escombro, y proponemos se revalúe en los yacimientos vecinos su protección a partir del contenido 0,7 para la limonita, aunque de inmediato no se procese. De estas reservas contamos con abundantes volúmenes ya explorados.

En la Figura 11 se agrupa la distribución de los contenidos de Ni Fe y Co, por clases granulométricas en el yacimiento Canadá, del grupo Nicaro, demostrando las tendencias del níquel de acumularse en las fracciones más finas (aleuríticas), mientras el hierro mantiene pocas diferencias y el cobalto se concentra en las fracciones menores de 0,2 [6]. Estas tendencias se reflejan además en un trabajo mineralógico a las menas por tipos de serpentinitas del yacimiento Martí [7]. Esto determina la posibilidad de emprender estudios de prebeneficio, recomendando emprender trabajos serios e integrales en equipos de especialistas (geólogos, mineros, economistas), incluyendo considerar el cobalto en las condiciones de cálculo de reservas, por que será extraído en un futuro no muy lejano. Dada su importancia económica y valor práctico debe aumentarse su concentración en el mineral de cabeza, lo cual se puede lograr a través del contenido de níquel condicional expresado por  $Ni + 2 Co$  [4]. Además sus concentraciones fundamentales están en las menas limoníticas.

La condición actual de fuera de balance por pozo la consideramos no argumentada técnicamente y económicamente perjudicial, ya que obliga a abandonar reservas que de forma global tienen contenidos altos, así por ejemplo en el grupo I de Martí quedan como no balancea-

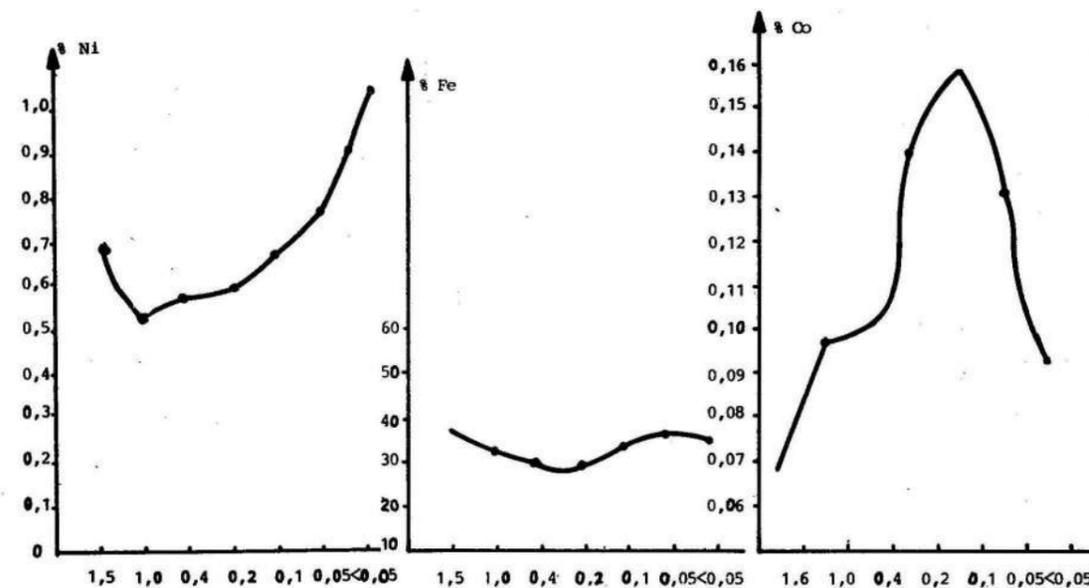


Figura 11 Distribución de los contenidos de Ni, Fe y Co por clases granulométricas

das, abandonadas, menos de 1,65% de níquel [8]. En los yacimientos minados Ocuja y Sólitano se abandonaron reservas que pudieran alimentar a la fábrica por más de dos años con mineral de contenidos de níquel superiores a las reservas de lateritas níquelíferas balanceadas actuales [3].

Por todo lo antes analizado se sugiere ensayar mezclas calculando el por ciento de participación aconsejable de acuerdo con las características de cada sector, en proporcionalidad con el número de mineral [8]. Además el contenido de borde según Prokofiev, debe ser

mayor que el contenido promedio real, pero menor al mínimo industrial, aunque debe garantizar globalmente contenidos mayores al mínimo industrial, tomando en cuenta el coeficiente de ganancia necesario.

Otra fuente no utilizada industrialmente son las reservas de los segundo horizontes meníferos y existen áreas en las que se presenta continuidad, volumen de reservas, contenidos aceptables e intercalaciones estériles pequeñas, como en el grupo VII de Martí [8], con menos de 1,35% de níquel y menor variabilidad que el horizonte superior.

CONCLUSIONES

1. Se recomienda actualizar estos parámetros en el mineral procesado más recientemente, utilizando fundamentalmente el extractable, ya que en la eficiencia afecta no sólo la calidad del mineral, sino también pérdidas por otros conceptos y considerar estos parámetros en la evaluación geológica del mineral.
2. Se demuestran las ventajas de utilizar el número de mineral como suma, en lugar del utilizado actualmente.
3. Los límites industriales del número de mineral calculados prácticamente no existen en la naturaleza, son altos en los horizontes de ocres inestructurales y bajos en los estructurales, lo que determina las diferencias contrastantes en el comportamiento metalúrgico de ambos horizontes e implica aplicar los contenidos mínimos industriales de forma separada, obteniendo 0,7% de Ni para la limonita y 1,1% para la serpentina. Estas variantes permiten aumentar las reservas del mineral en menas ya investigadas por geología, aprovechando parte del deno-

minado escombro, lo que disminuye considerablemente el volumen de reservas a escombrar, disminuye la carga nociva del mineral, haciendo el proceso más eficiente. De no aplicarse el procesamiento industrial de inmediato para el escombro recomendamos su protección a partir de 0,7% de Ni, valorando además el cobalto en las condiciones de cálculo de reservas dado su enriquecimiento en estos rangos del horizonte limonítico.

4. Las tendencias establecidas en la figura 11, recomiendan emprender estudios de prebeneficio profundos, con equipos integrales de especialistas geólogos, mineros, y metalúrgicos; que no sólo evalúen la composición química, sino que profundicen en la mineralogía de la corteza y su comportamiento industrial.

5. Se demuestra que la condición de fuera de balance del pozo, en la variante de Nicaro, no se argumenta desde el punto de vista técnico económico, y es perjudi-



Tabla 2 Cálculo de reservas balanceadas + fuera de balance

* Bloques/tipo de menas	Toneladas	Potencia (m)	% Ni	% Fe	% SiO <sub>2</sub>	% MgO	Nal	% Extractable	Ni Recuperado
HV - 07									
L + S	300 033	274,5	1,354	42,447	11,56	7,93	1,74	77	3 128,1
E + L	305 988	251,5	1,181	46,797			2,51	82	2 963,2
S	65 953	73,5	1,598	22,567			0,83	65	685,1
E + L + S	371 941	325	1,255	42,501			2,21	81	3 780,9
IW - 52									
L + S	248 284	239,5	1,357	41,152	9,4	5,6	2,20	81	2 729,1
E + L	319 251	266,5	1,114	44,864			4,0	84	2 987,4
S	47 115	55,5	1,351	23,051			0,46	59	375,5
E + L + S	366 366	322	1,144	42,059			3,55	83	3 478,7
N - 13									
L + S	135 829	203,5	1,354	41,190	11,04	6,77	1,86	79	1 425,9
E + L	144 153	188,0	1,132	48,474			5,4	89	1 452,3
S	36 827	62,5	1,481	19,667			0,4	50	272,7
E + L + S	180 980	250,5	1,203	42,614			4,38	87	3 894,2
K - 19									
L + S	257 683	389,0	1,278	45,888	7,42	5,21	2,73	82	2 700,4
E + L	307 553	413,5	1,103	50,575			6,2	90	3 053,1
S	434 49	71,5	1,492	21,087			0,46	59	382,5
E + L + S	351 002	485	1,151	46,922			5,49	89	3 595,6

\* Donde se representa el tipo de menas  
 L + S = limonita + serpentina  
 E + L = escombros + limonita  
 S = serpentina  
 E + L + S = escombros + limonita + serpentina

# COMPORTAMIENTO REOLOGICO DE LAS PULPAS LATERITICAS

C.Dr. Leonel Garcell P.

Instituto Superior Politécnico Julio Antonio Mella

**RESUMEN** Las características reológicas de las pulpas lateríticas cubanas han sido poco estudiadas, de ahí que la información existente en Cuba acerca de esta temática es escasa y con resultados contradictorios. En un reciente trabajo realizado en el Instituto Superior "Julio Antonio Mella" de Santiago de Cuba, en el cual se comenzó el estudio de las características reológicas de las pulpas que se procesan en la Planta de Espesadores "Comdte Pedro Sotto Alba" de Moa se obtuvo que el comportamiento reológico de las pulpas de mineral laterítico corresponde al de los plásticos reales, pudiendo ajustarse las curvas de flujo al modelo reológico de Bulkley-Herschel. Se trabajó en un rango de concentración de sólidos de 26-46,3 % a una temperatura de 30°C. Los ensayos experimentales se realizaron en un viscosímetro capilar de tubos intercambiables, diseñado y construido en Facultad de Tecnología Química del ISPJAM.

**ASBTRACT** The rheological characteristics of the Cuban laterite pulps have not been widely studied from this, the existent information in Cuban about this topic is scarce and contradicting results. In the recent work realized at the higher Institute "Julio Antonio Mella" of Santiago de Cuba, in which started the study of the rheologic. Characteristics of the pulps processed in the thickeners plant "Comdte Pedro Sotto Alba" of Moa, it was found, that the rheologic behaviour of the pulps of lateritic mineral corresponds to those of real plastics, having adjusted the flow curves to the modern rheologic of Bulkley-Herschel. It worked in the range of concentration of solid of 26-46,3 % at a temperature of 30°C. The experimental tests were done in a viscometer capilar of interchangeable tubs, drawn and constructed in the faculty of chemical tecnology of the Higher Institute of "Julio Antonio Mella" (ISPJAM).

## INTRODUCCION

En la solución de los problemas asociados con proyectos de ampliación, modernización o diversificación de capacidades de producción de las industrias químicas y metalúrgicas, en las que se manipulan pulpas de laterita, adquiere gran importancia el conocimiento de las características del flujo de estas pulpas. Ello resulta más evidente cuando se tratan problemas relacionados con la transportación de la pulpa por tuberías, con su calentamiento, o con su procesamiento en diversos equipos. En este sentido, uno de los aspectos más importantes lo constituye la información disponible sobre el comportamiento reológico de la pulpa y los parámetros que lo caracterizan.

La literatura existente acerca de la reología de las pulpas lateríticas cubanas es escasa. En los pocos trabajos encontrados se tratan aspectos parciales, en lo que se refiere a los factores que influyen sobre las características reológicas de estas pulpas. Por otra parte, los autores reportan modelos reológicos diferentes para describir las curvas de flujo.

Uno de los trabajos más amplios, encontrados hasta el presente, sobre la reología y manipulación de las pulpas de laterita, es el de Avotins y colaboradores [2]. En el mismo se informa que las pulpas de laterita pueden caracterizarse como plásticos Bingham a valores de la velocidad de deformación mayores que  $500 \text{ s}^{-1}$ , y mues-