

## FACTIBILIDAD DE LA APLICACION DEL ANALISIS

### QUIMICO DE FASES AL YACIMIENTO POLIMETALICOS

#### SANTA LUCIA, PINAR DEL RIO

Lic. José Manuel Pérez Melendez, Centro Universitario de Pinar del Río;  
C. Dr. Cecilia Cordeiro Naranjo, Universidad de La Habana.

#### RESUMEN

Se realiza una recopilación de información sobre la composición mineralógica y química del yacimiento Santa Lucía.

Se resumen diferentes trabajos sobre análisis químico de fases aplicadas a minerales polimetálicos, y se establece un esquema general de análisis químico de fases para el yacimiento Santa Lucía.

#### ABSTRACT

An information compilation about mineralogical and chemical composition of Santa Lucia ore, it was realized.

Different aspects about chemical phase analysis applied to polymetallic ores were summarized, and a general Plan of chemical analysis of phases for Santa Lucia ore was established.

#### INTRODUCCION

La existencia de varios yacimientos polimetálicos en la costa norte de la provincia de Pinar del Río, ricos en zinc, plomo y otra gran variedad de metales, hace que esta provincia adquiera una gran importancia para el desarrollo de la minería no ferrosa en Cuba.

En la actualidad se desarrollan trabajos con vistas a conocer la composición mineralógica y química de estos yacimientos para recuperar los metales más importantes garantizando una eficiencia adecuada en el proceso tecnológico utilizado.

En la provincia pinareña ya se explota el yacimiento Santa Lucía, el cual según los estudios realizados tiene un gran potencial en polimetálicos.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, el presente artículo se concibió con los siguientes objetivos:

1- Reunir en un sólo trabajo la máxima información disponible sobre la composición mineralógica y química del yacimiento Santa Lucía con vistas a realizar análisis posteriores sobre una base suficientemente argumentada.

2- Realizar una búsqueda de los trabajos más actualizados sobre Análisis Químico de Fase en polimetálicos que pudieran ser aplicados a nuestros polimetales.

3- Definir si existe la posibilidad, dada la composición del yacimiento Santa Lucía, de elaborar un esquema de Análisis Químico de fases para este yacimiento.

Definimos los objetivos del trabajo, se comenzó la búsqueda de la información necesaria.

#### DESARROLLO

No todos los tipos de yacimientos minerales naturales desempeñan un papel notable en el balance de sus reservas y extracción en el mundo. La masa principal de materia prima mineral obtenida en el mundo, procede tan sólo de ciertos tipos de yacimientos naturales, numéricamente muy limitados, aunque algunos yacimientos de los más diversos tipos genéticos se utilizan con éxito en la industria. Así el hierro se extrae de 30 yacimientos y el cobre de más de 15 yacimientos de tipos genéticos diferentes, mientras que el papel determinante en el balance de reservas y en la extracción de Fe la desempeñan sólo cinco yacimientos y cuatro de cobre.

A consecuencia de esto, en la práctica de los trabajos de exploración geológica, surgió la necesidad de destacar especialmente los tipos de yacimientos geológicos industriales, esenciales abastecedores de materia prima mineral, que ocupan el lugar principal en el balance de reservas mundiales y en la extracción de cada tipo de materia prima mineral.

Tabla No. 1 YACIMIENTOS POLIMETÁLICOS INDUSTRIALES. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

No.	Tipo de yacimiento geológico industrial	Tipo de estructura que contiene mineral	Morfología y estructura de los depósitos.	Composición de las menas.	Complejos de metales útiles Principales	Acompañantes
1	Yacimientos precambrianos polimetálicos metamórficos estratificados.	Estructuras estratificadas y plegadas, interrupciones secantes y de cada estrato de las rocas encajantes, generalmente de composición carbonatada.	Depósitos estratificados y lenticulares uniformes con una fina estructura metamórfica. La forma de los depósitos se halla a menudo complicada por los procesos metamórficos.	Menas de sulfuro carbonatados, cuarzosas con predominio de pirita, esfalerita y pirrotina. El contenido de polimetales constituye hasta 10 % y más en las menas ricas y 2-8 % en las menas diseminadas.	Plomo y Zinc.	Cobre, Plata, Estaño, Arsénico, Germanio, Indio y Talio.
2	Yacimientos polimetálicos estratificados.	Horizontes de rocas carbonatadas debido a las zonas de ruptura y fisuración en cada estrato.	Depósitos uniformemente estratificados de estructura diseminada o en forma de filones y nodos.	Menas esencialmente de esfalerita y galena, de composición simple. El contenido de plomo constituye 2-5 % y de zinc, 3-12 %.	Plomo y Zinc.	

De acuerdo con lo planteado anteriormente, y en particular realcionado con los polimetálicos, existen dos tipos principales de yacimientos metálicos industriales, cuyas características son las siguientes: (Kazhdan, 1977)

Sobre la base de criterios geológicos, texturo-estructurales etc algunos autores refieren las menas peritopolimetálicas de Santa Lucía al tipo diagenético sedimentario, no obstante hace relativamente poco tiempo prevalecía la concepción hidrotermal del origen de las menas pirítico-polimetálicas. En realidad los yacimientos de polimetales de la costa norte de la provincia de Pinar del Río tienen características particulares que en algunos casos se apartan de la generalidad (Zhidrov, 1975).

En la siguiente tabla aparecen algunas características del yacimiento de Santa Lucía.

Como se observa en la tabla No. 2 las menas masivas en el yacimiento Santa Lucía constituyen el 85 % del volumen total, sin embargo resulta de gran interés el estudio y caracterización mineralógica de las zonas o menas de oxidación donde el mineral no forma parte de bloques sólidos o compactos. Es importante también establecer con exactitud cuáles son los minerales que se acumulan entre dos menas primarias

A continuación se relacionan algunos datos obtenidos para el yacimiento Santa Lucía con respecto a su composición químico-mineralógica. El estudio de éste yacimiento se realizó en 5 zonas diferentes

Tabla No. 2 CARACTERÍSTICAS COMPARATIVAS DE LOS TIPOS DE MENAS DE SANTA LUCÍA Y CASTELLANOS (Krimov, 1976)

Particularidades de las Menas	Santa Lucía	Castellanos
Asociación determinante de los minerales metálicos y no metálicos.	pirita, esfalerita, marcasita, carbonatos (dolomita, siderita) minerales arcillosos.	pirita, esfalerita, galena, carbonatos (dolomita, calcita) cuarzo, calcedonia.
Tipo predominante de mena y valores medios de elementos meníferos.	menas masivas constituyen 85 % de volumen total Pb - 1,95 % Zn - 6,14 %	menas masivas constituyen 24 % del volumen total Pb - 3,44 % Zn - 6,24 %
Relación Zn/Pb	cerca de 3	cerca de 1,5

obteniéndose los siguientes resultados: (Empresa de Geología de Pinar del Río).

Tabla No. 3 COMPOSICION MINERALOGICA DEL YACIMIENTO SANTA LUCIA

Mineral	Colgante No. 73	Yacente No. 73	Grano Fino No. 83	Zona de Oxidación No. 83	Z. Oxidación No. 93
pirita FeS <sub>2</sub>	36	76	80	9	0
galena PbS	0,5	0,3	0	0	0
anglesita PbSO <sub>4</sub>	0,4	0,3	0,6	3,4	0,7
barita BaSO <sub>4</sub>	2	1	2	18	11
cuarzo SiO <sub>2</sub>	25	22	17	48	64
melanterita FeSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	36	0	0	0	0
esfalerita ZnS	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>99,9</b>	<b>99,6</b>	<b>99,6</b>	<b>78,4</b>	<b>75,7</b>

Es significativo que no se reporten los contenidos de esfalerita sobre todo en las zonas de oxidación donde la composición total es

78,4 % y 75,7 % respectivamente, conociéndose que el contenido total de Zn en este yacimiento varía entre 5,5 y 6 %.

Tabla No. 4 COMPOSICION QUIMICA DEL YACIMIENTO SANTA LUCIA

Elemento	Colgante No. 73	Yacente No. 73	Grano fino No. 83	Z. de oxid. No. 83	Z. de oxid. No. 93
S	37	40	40	15	6
Si	7	10	7	16	25
Fe	41	34	34	36	41
Ba	5	2	4	29	20
Pb	2	2	2	5	2
Zn	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>92</b>	<b>88</b>	<b>87</b>	<b>101</b>	<b>94</b>

Con respecto al cuadro anterior es interesante señalar igualmente que, no se reporta el contenido de Zn, conociéndose el contenido total del mismo como ya señalamos anteriormente.

A continuación se reporta la composición química promedio del mineral del yacimiento Santa Lucía.

A partir de los datos anteriores se puede concluir para el yacimiento Santa Lucía, que el Zn y el Pb se encuentran fundamentalmente en forma de menas primarias, esfalerita y galena respectivamente, y que el mineral predominante es la pirita.

COMPOSICION QUIMICA PROMEDIO DEL MINERAL DEL YACIMIENTO DE SANTA LUCIA (HDEZ, 1977)

ELEMENTOS	% EN PESO
Zn	5,5 - 6,0
Pb	1,5 - 2,0
Fe	26 - 28
S	30 - 31
SiO <sub>2</sub>	8
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2 - 3
CaO	3,5 - 3
MgO	3
MnO	0,4
Cu	0,02
TiO <sub>2</sub>	0,09
Na <sub>2</sub> O	0,07
K <sub>2</sub> O	0,41
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,05
As	0,15
Cd	0,011
Ge	0,001
Ag	50 g/ton.
Au	0,1 g/ton



Conocidas de forma aproximada la composición mineralógica y química de este yacimiento, se procedió al estudio de los métodos de análisis químico.

#### MÉTODOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS DE FASES

El análisis químico de fases (A.Q.F.), también llamado análisis fraccionado, consiste en establecer químicamente la distribución de un elemento por fases mediante una disolución consecutiva y selectiva de las diferentes fases que integran la mena.

Los principales factores que influyen en la disolución de un mineral en determinado disolvente son los siguientes: (Cordeiro, 1981).

1. Naturaleza y concentración del reactivo.
2. Temperatura de la disolución.
3. Grado de pulverización del mineral.
4. Relación entre la masa sólida de la sustancia y la masa (volumen) del disolvente.
5. Duración de la interacción entre el sólido y la disolución.
6. Velocidad de agitación de la mezcla reacción.

En la literatura consultada no se han descrito esquemas completos de AQF para polimetales, existen algunos trabajos a los cuales se hará referencia más adelante y que se relacionan con la disolución selectiva de algunos minerales que componen los polimetales.

Uno de los trabajos más importantes es el de Hughes y Hannaker (1978), los cuales plantearon un procedimiento para el análisis de fases metálicas en sistemas multifásicos, seguida por una determinación por absorción atómica.

El método consiste en una disolución selectiva de la muestra utilizando como solvente una mezcla de cuprocloreto de potasio ( $KCuCl_3$ ) y ácido tartárico a temperatura ambiente. En presencia de óxidos de magnesio, cadmio y zinc estos son extraídos inicialmente tratando la muestra con una mezcla de  $K_2Cr_2O_7$  y solución de ácido tartárico y realizando después el tratamiento con el cuprocloreto de potasio y ácido tartárico.

El método puede ser aplicado para la determinación del Zn, aunque además pueden determinarse otros elementos como cadmio, estaño, hierro, etc.

Oksengoit y colaboradores (1979) proponen un método para la extracción de plomo galena, anglesita y cerusita con una disolución de acetato de amonio y ácido acético ( $NH_4OAc-HOAc$ ). La extracción depende de la concentración del disolvente, agitación y la concentración de los componentes en la muestra.

Por su parte, Suvatova y Dikova (1980) proponen un método para la determinación de galena finamente dividida el cual consiste en lo siguiente: a 0,2 g de muestra se le añaden 100 ml de una disolución 3:1 de  $H_2O_2-HOAc$  conteniendo 8 g de

$NH_4OAc$  y 2,5 % de ácido tartárico se calienta a  $80^\circ C$  por 30 min, posteriormente se pone a ebullición por otros 30 min. Se determina el plomo total correspondiente a la galena, cerusita y anglesita.

Otra fracción de la muestra tratada con 90 ml al 15 % de  $NH_4OAc$  - 2 % de  $HOAc$  y 10 ml de  $H_2O_2$  a temperatura ambiente durante 30 min.

El resultado de esta extracción se utilizó para la determinación de plomo total, que no está presente en forma de galena finamente dividida. La galena finamente dividida se determinó por diferencia entre los resultados obtenidos en los dos análisis descritos anteriormente.

Lord Charles (1982) propone un método para la determinación de pirita en materiales sedimentarios basado en la disolución selectiva de la pirita de la muestra, seguida por la determinación de Fe por absorción atómica.

La muestra fue tratada con una disolución compuesta por citrato-bicarbonato ditionito, y posteriormente con una disolución de fluoruro de hidrógeno-ácido bórico. De esta forma se separa todo el hierro presente, excepto en la pirita. La pirita fue disuelta en crisol de cuarzo con  $HNO_3$  y el Fe fue determinado por absorción atómica.

Barrett y Anderson (1982) estudiaron la solubilidad de la esfalerita y galena en disolución 1 - 3 mol/L en cloruro de sodio a diferentes temperaturas y saturada en

$H_2S$ . La solubilidad de la esfalerita bajo estas condiciones es entre 40 y 80 veces superior a la solubilidad de la galena.

Antipina y colaboradores (1982) estudiaron las condiciones para la disolución de galena en análisis de fase de minerales. El grado de disolución es aproximadamente 96 % cuando 0,1 g de muestra es tratada con 100 ml al 10 % de ácido cítrico, 1 ml al 30 % de  $H_2O_2$  y 20 ml al 25 % de  $NH_3$  a  $25^\circ C$  durante 15 min. El volumen de  $NH_3$  puede incrementarse hasta 30 ml para obtener grados de disolución superiores al 90 % además se ajusta el pH a un valor superior a 9,5. Los minerales de plata coexistentes con la galena no son disueltos (excepto el cloruro).

Terebkova y Maslenifskil (1982) estudiaron el análisis de fases de mena pirita-polimetálicas utilizando ácido ascórbico al 2 % o fenol al 2 % en  $NaOH$ , como reactivos selectivos para la disolución de compuestos oxidados de plomo (anglesita y cerusita).

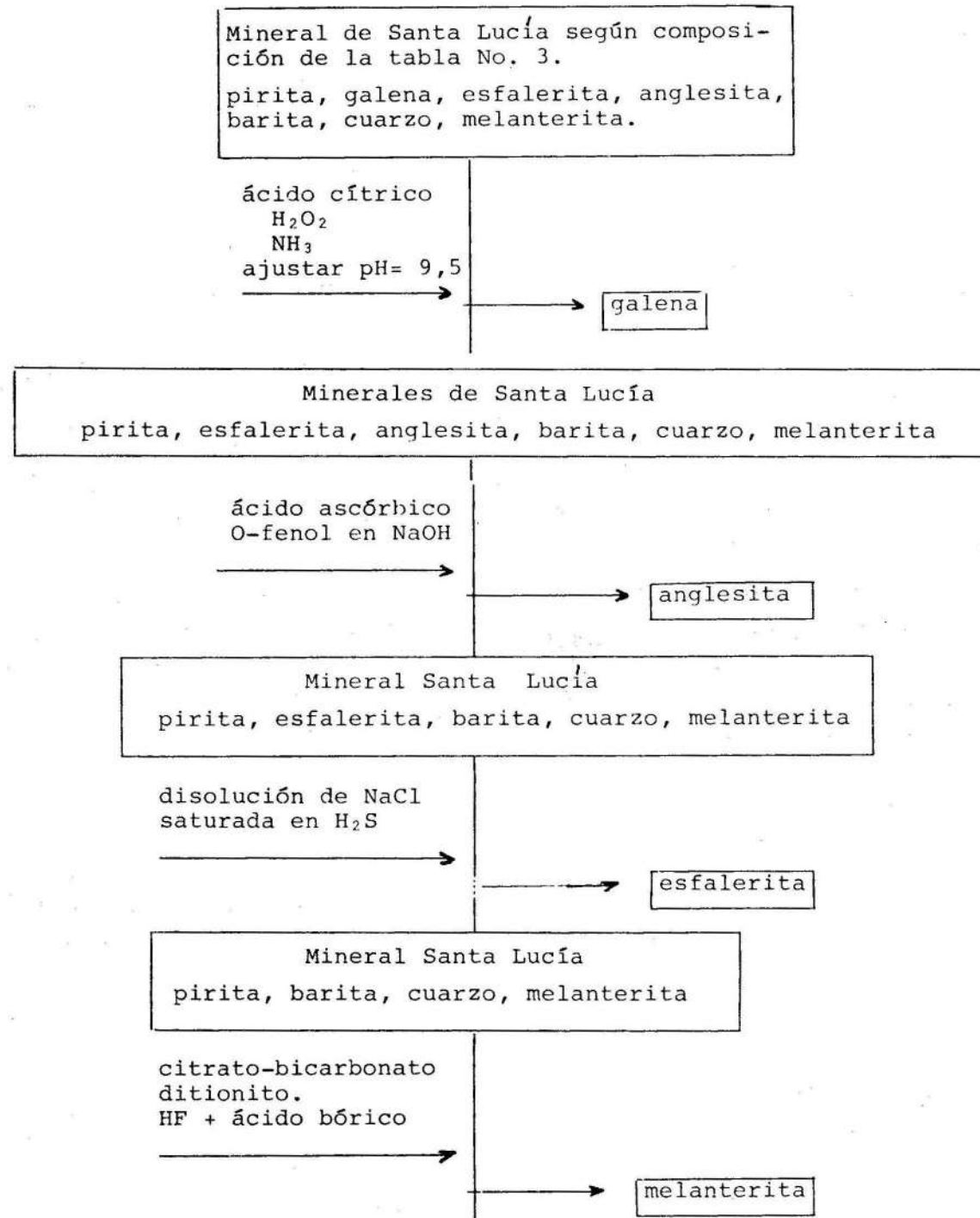
Milner y Zimina (1983) desarrollaron dos métodos complementarios para análisis de fases en piritas polimetálicas. El primer método consiste en la determinación de galena libre en menas pirita-polimetálicas por repetidas lixiviaciones con una solución que contiene  $NH_4CAC + H_2O_2 + HOAc$  a temperatura ambiente. El  $H_2O_2$  se descompone por calentamiento de la disolución en presencia de ácido cítrico, y posteriormente con  $Na_2S$  precipita el Pbs. El Pbs se trata con  $HNO_3 +$

+ H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> para obtener PbSO<sub>4</sub> y realizar la determinación por métodos cromatográficos.

El segundo método consiste en la determinación de galena finamente diseminada en pirita (no contiene plumbojarosita) por disolución de la muestra con HCl 2 mol/L en baño de agua a la temperatura de ebullición

durante 1 hora. El plomo se determina en el residuo insoluble.

De esta forma y teniendo en cuenta los artículos consultados, se propone un esquema general de análisis químico de fases el cual se ilustra a continuación:



Se elimina la sílice por volatilización.

Mineral Santa Lucía  
pirita, barita

HNO<sub>3</sub> en crisol de cuarzo.

Se determina Fe en la pirita.

### CONCLUSIONES

Se logró reunir la mayor cantidad de información posible sobre el yacimiento Santa Lucía, estableciéndose de forma aproximada la composición mineralógica y química del mismo.

En la literatura aparecen diferentes trabajos sobre análisis químico

de fases aplicadas a polimetálicos, los cuales pueden ser aplicados sin grandes dificultades a nuestros minerales.

Se establece un esquema general de A.Q.F. el cual se encuentra en estudio para determinar su factibilidad.

### REFERENCIAS

1. ANTIPINA A., A. y M. Y. TIMERBULATOVA: "Use of a citrate ammonia for dissolution of lead sulfide in phase analysis", in *Zhurnal Analiticheskoi Khimi* No. 7, 1982.
2. BARRET T., J. y G. M. ANDERSON: "The solubility of sphalerite and galena in sodium chloride brines", in *Economic Geology*. No. 8, 1923.
3. BETEJTIN, A: *Curso de mineralogía*. Moscú. Editorial Mir, 1970.
4. CORDEIRO, C. : "Análisis químico de fases de menas lateríticas oxidadas de la corteza de intemperismo de Cuba. Tesis de Candidatura.
5. HERNANDEZ, S. : "Utilización de la planta sulfometales en la valoración del mineral de Santa Lucía", en *La Minería en Cuba* ..Vol. 3 . No. 4 . 1977.
6. HUGHES, T. , C. y P. HANNAKER : "Metallic phase analysis of multicomponent systems using a potassium cuprochloride tartaric acid leach, in *Analytical Chemistry*. No. 8, 1978.
7. KASHDAN, A. : *Prospección de yacimientos minerales*. Moscú. Editorial Mir, 1970.

8. KRIMOV, F. : "Mineralización estratiforme piritosa polimetálica", en La Minería en Cuba. No. 3, 1976.
9. LORD CHARLES : "A selective and precise method for pyrite determination in sedimentary material". in Journal Sedimentary Petrology , No. 2, 1982.
10. MILNER, R. , S. y N. ZIMINA S. : Determination of the amount of free and finely disseminated galena in pyrite ores", in Obogasch Rud.
11. OKSENGOIT E., A. y S. BRUCK B.: "Choice of optimal conditions for determining the total of oxidized lead forms using mathematical experiment design", in Zhurnal Analiticheski Khimi. p. 728-733, No. 4.
12. SUVOROVA M. V. y A. DIKOVA S. : "Determination of finely disseminated galena in ores". Zavod Lab. p. 300. No. 4 , 1980.
13. TEREKHOVA T. , A. y N. MASIENITSKII N. : Determination of oxidized compounds of lead using chemical methods", in Obogasch Rud, p. 26-29, No. 3, 1982.
14. ZHIDKOV, A. : "Papel de la materia orgánica en la formación del yacimiento Santa Lucía", en La Minería en Cuba. No. 2, 1975.

CDU: 624.131.25

## PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE LAS ROCAS

### DE LA FORMACION

## LA CRUZ EN LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CUBA

C.Dr. Rafael Guardado Lacaba, Instituto Superior Minero Metalúrgico

Iguala o sobrepasa en calidad a las otras formas económicas de níquel primario. Su bajo contenido de carbono permite un mayor uso de ferrocromo de alto carbono, significando esto un menor costo en la producción de aceros inoxidables y una ventaja sobre los ferroníqueles.

Por encontrarse el fósforo sólo a niveles de trazas, también representa una ventaja sobre los ferroníqueles ya que reduce los costos en los otros materiales de carga.

Su contenido de azufre es menor que las de la mayoría de los ferroníqueles. Su contenido de cobalto es menor que las de la mayoría de los ferroníqueles, y se encuentra dentro de los límites aceptables para todos los productos de aceros aleados, salvo en el caso de los aceros para la industria nuclear.

### OXIDO DE NIQUEL NODULAR



Empresa Cubana Exportadora  
de Minerales y Metales  
Calle 23 No 55 Vedado,  
La Habana, Cuba.  
Apartado 6128 .

OXIDO DE NIQUEL NODULAR NODULAR NICKEL OXIDE		
ELEMENT ELEMENTO	GUARANTEED ANALYSIS AS PER NC 44-04 ANALISIS GARANTIZADO SEGUN NC 44-04	TYPICAL ANALYSIS ANALISIS TIPICO
Ni	76,00 Min	77,00
Co	1,30 Max	0,90
Fe	0,70 Max	0,30
S	0,03 Max	0,02
C	—	0,015
Cu	—	0,02

### RESUMEN

Las rocas de la Fm. La Cruz resultan de gran interés para el estudio geológico de la ciudad de Santiago de Cuba con fines constructivos, pues sobre ellas se asienta más del 70 % de la ciudad y sus particularidades, composición, constitución, textura y propiedades geotécnicas son de gran importancia para los proyectistas.

En el trabajo se realiza un estudio de las propiedades físico mecánicas de las rocas de la Fm. La Cruz (N<sub>1-2</sub>) y de sus dos miembros, Quintero y Versalles, de los que se hace la valoración ingenieril geológica, así como los valores de los índices de clasificación y cálculo.

### ABSTRACT

The rocks from La Cruz Formation are highly important for the geological survey of Santiago de Cuba city for construction purposes, since they are overlain by more than 70 percent of Santiago de Cuba city and also because their peculiarities, composition, texture and geotechnical properties are very important for designers.

In this paper, it is presented a study of physico-mechanical properties of rocks from La Cruz Formation (N<sub>1-2</sub>) and its two members - Quintero and Versalles, which are engineering geologically evaluated. The value of classification and evaluation indexes are also presented.