velocidad de difusión del SO_3 a través de la capa de óxido en formación, y que responde a las funciones:

$$f(\alpha) = 1 - \alpha \quad (12)$$

$$g(\alpha) = -\ln(1 - \alpha) \quad (13)$$

TABLA 6. Resultados po TG para diferentes velocidades de calentamiento (degradación de sulfatos)

β(K/min)	E(kj/mol)	A(s^{-1})	Modelo
2,5	224 ± 4	$1,15 \times 10^7$	G1
5	217 ± 4	$6,07 \times 10^6$	G1
10	218 ± 5	$2,24 \times 10^7$	G1

Como el modelo determinado es coincidente con el que prefija el método de Barrett (ec. 3), se utilizó este último con fines comparativos. En la Tabla 7 se muestran los resultados de la aplicación de este método.

TABLA 7. Resultados de la aplicación del método de Barrett /9/ para la degradación de sulfatos

β(K/min)	E(kj/mol)	A(s^{-1})	r
2,5	222,7 ± 8,1	$2,1 \times 10^7$	0,9814
5	214,8 ± 7,5	$5,9 \times 10^6$	0,9884
10	218,4 ± 7,1	$2,2 \times 10^7$	0,9931

CONCLUSIONES

A pesar de la complejidad del sulfuro de níquel más cobalto, por su carácter multifásico, se pudo dilucidar en el tratamiento térmico para una primera etapa de pérdida de masa asociada a efectos endotérmicos en ATD, a la que se puede asignar la salida de amoníaco y humedad, y una primera degradación endotérmica de los sulfuros hasta alcanzar unos 393 ^{0}K.

La segunda etapa de degradación oxidativa en la cual participa el oxígeno del aire, con la consiguiente transformación exotérmica T = 483 ^{0}K. A los 678 ^{0}K aparece un notable efecto exotérmico en la combustión del resto del azufre y la formación de los sulfatos de níquel y cobalto, que se mantienen estables hasta su temperatura de descomposición alrededor de los 983 ^{0}K.

La degradación de los sulfatos de la muestra ocurre por el modelo de crecimiento bidimensional G1, donde el paso limitante de la velocidad de la reacción es la velocidad de la difusión del SO_3 a través de la capa de xido en formación.

REFERENCIAS

1. ACHAR, B.N. Y OTROS: "Kinetics of Solids". *Proc. Int. Clay Conf.* Jerusalen I, 1966 (67).
2. BARRET, K.E.J.: "Determination of rates of thermal decomposition of polymerization iniciators with a differential scanning colorimeter". *J. Appl. Polymer Sci.* 11, 1.
3. DUM, J.G Y S.A. JAYAWEERA: "Effect of heating rate on the TG curve during the oxidation of nickel sulphide concentrates". *Thermochemistry Acta.* 61, p. 513-317, 1983.
4. JEREZ A. Y OTROS: "A method for the kinetic analysis of non-isothermal decomposition reactions of solids". *Thermochemistry Acta.* 115, p. 175, 1987.
5. ROMERO, M.M. Y J.C LLOPIZ: "La generalización de la ecuación e Kissinger y el cálculo del factor pre-exponencial". *Revista Cubana de Química.* 3, p. 47-55, 1988.
6. ————: "Kinetics study by mass spectrometry and the calculation of the enthalpy of decomposition of basic nickel carbonate". *Thermochemistry Acta.* 152, p. 329-334, 1989.
7. ————: " Kinetics study by mass spectrometry of thermal decomposition of basic cobalt caronate". *Thermochemistry Acta.* 168, p. 53-57, 1990.
8. ————: "Mass spectrometric thermal analysis of several carbonates". 32 Congress IUPAC. Agosto, 1989.
9. ROMERO, M.M. Y A. NOVOA: "Elección del mecanismo más probable para reacciones en fase sólida mediante el empleo de microcomputadoras". XII Conferencia de Química. U.O., 1990.
10. SAMALEA, G. Y OTROS: "Precipitación de sulfuro de níquel y cobalto a partir de licores carbonato-amoniacales". *La Minería en Cuba.* 4, p. 310, 1978.
11. SESTAK, J.: *Thermophysical property of solids: their measurements and theorical thermal analysis.* Editorial Academia Praga. p. 418, 1984.
12. SMIRNOV, V.I. Y A.I. TIJONOV: "Obzhig megnih rud i koncentratov". 2da. Ed. *Metalurgia.* 59, 1966.
13. TAGAWA, H. Y H. SAIJO: *Thermochemistry Acta.* 91, p. 67-77, 1985.
14. TAGAWA, H.: Thermal decomposition temperatures of metal sulfates". *Thermochemistry Acta.* 80, p. 23-33, 1984.

CONSIDERACIONES SOBRE LA MOLIENDA DE LOS MINERALES LATERITICOS

Ing. Alfredo L. Coello Veláquez

Instituto Superior Minero Metalúrgico

RESUMEN: El trabajo expone algunos resultados de las investigaciones llevadas a cabo sobre la molienda seca de los minerales lateríticos. El mismo abarca un estudio de la influencia de la carga de bolas y la composición granulométrica del producto inicial sobre los principales indicadores del proceso en cuestión.

Se aportan importantes conclusiones que definen posibles vías de perfeccionamiento de la molienda de estos minerales.

ABSTRACT: In the present work, exposed are the results of the investigations on the dry grinding of the lateritic minerals. Also the work shows the study on the influence of the charge of balls and the grainmetric composition of the initial product over the principle indicators of the process in question. The work carries important conclusions that define possible ways of improving the grinding of these minerals.

INTRODUCCION

La investigación de la molienda de los minerales lateríticos ocupa un lugar relevante en el perfeccionamiento de la tecnología carbonato amoniacal. Los trabajos realizados en Cuba y el extranjero no han dado aún solución sustancial alguna ni en el plano teórico, ni en el práctico. Los mismos han estado limitados al estudio de la cinética de molienda (considerándose sólo la reducción) de la clase -0,074 mm en el transcurso del tiempo y la molienda de dichos minerales sin contar con las particularidades, por cierto muy específicas que le son características.

La puesta en marcha de la planta de molienda y secado de la fábrica "Ernesto Guevara" demostró la parcialidad de las investigaciones, y al mismo tiempo la necesidad de un profundo estudio de tan importante cuestión, que encierra una multitud de fenómenos físicos y físico-químicos que tiene lugar durante la molienda de los minerales lateríticos por vía seca, entre los cuales se pueden citar la agregación y desintegración de conglomerados, la variación de la dureza del mineral en un amplio diapazón, así como su densidad.

Los trabajos realizados en los últimos años en el Instituto Superior Minero Metalúrgico (ISMM) han estado dirigidos principalmente al estudio de la influencia de la variación de la carga de bolas, su característica de tamaño y de la composición granulométrica del mineral inicial sobre los indicadores del proceso. A pesar de no llegar a conclusiones definitorias, sí existen modestos aportes que de una forma u otra podrán contribuir y sentar las bases, tanto teóricas como prácticas, para el perfeccionamiento de la tecnología de los procesos de preparación mecánica de los minerales lateríticos por vía seca.

Es objeto del presente trabajo dar a conocer las últimas investigaciones llevadas a cabo en el laboratorio de Beneficio de Minerales del ISMM

La muestra para los ensayos fue tomada de la sección de homogenización de la planta "Ernesto Guevara" y sometida a la trituración en una trituradora de quijada en el laboratorio antes mencionado, hasta una granulometría de (-6.3+0) mm. A la misma se le realizó un análisis de tamiz cuyos resultados promedios aparecen en la Tabla 1, para ello se tuvo en cuenta la masa mínima para el mencionado análisis. La muestra posteriomente fue sometida a una minuciosa homogenización y reducción según la metodología del anillo y el cono hasta obtener la masa requerida para los ensayos.

TABLA 1. Composición granulométrica de la muestra del patio de homogenización triturada hasta -6.30+0 mm

N	Clase de tamaño, mm	Salida, %	Salida acumulativa, %	
			por retenido	por cernido
1	6,3+5,0	2,24	2,24	100,00
2	5,0+3,15	15,6	17,87	97,76
3	3,15+2,0	8,11	25,98	82,13
4	2,5+2,0	14,21	30,81	72,02
5	2,0+1,6	4,83	42,02	70,19
6	1,6+0	54,98	100,00	54,98
7	Total	100,00		

Para los ensayos de molienda se utilizó un molino de tambor DxL 198 x 245 mm con una velocidad de rotación de 46 rpm. En los experimentos se previó la variación de la carga de bolas en 20, 30, 40 y 50 % del volúmen interior del molino, lo que corresponde a 7,2 ; 10,76 ; 14,0 y 18,0 kg de peso de las bolas. El tiempo de molienda fue de 15 min.

Se realizaron series de ensayo con las siguientes condiciones:

- Variando la carga de bolas manteniendo constante la masa del mineral dentro del molino (500 g); Tabla 2.

TABLA 2. Resultados de la molienda variando la carga de bolas y manteniendo constante la carga de mineral (500 g)

N	Carga de bolas, %	Peso de la clase -0,074 mm, g	Salida de la clase -0,074 mm, %
1	50	63,9	89,3
2	40	116,5	76,6
3	30	207,2	58,5
4	20	256,5	48,4

- Variando la carga de bolas con la correspondiente compensación de la masa del mineral en el interior del molino; 500 g de mineral para 50 %, 1 189,4 g para el 40 %, 2 063,8 g para el 30 % y 2 845,7 g para el 20 %. Los resultados se muestran en la Tabla 3.

TABLA 3. Resultados de la molienda variando la carga de bolas y compensando la diferencia con mineral

N	Carga de bolas, %	Carga de mineral, g	Salida de la clase -0.074 mm, %
1	50	500	89,9
2	40	1189,4	82,3
3	30	2063,4	75,3
4	20	2845,7	72,8

Los resultados de la tabla 2 indican que existeuna disminucíon promedio de 12,97 % del contenido de la fracción -0,074 al disminuir la carga de bolas en un 10 %. Esto tiene su explicación en la disminución de la potencia útil consumida en la reducción del tamaño de las partículas, pues de acuerdo con los elementos teóricos, la potencia útil depende del grado de llenado del molino con la carga de elementos triturantes.

TABLA 4. Resultados de la molienda de la muestra del patio de homogenización (Dmax = 22,4 mm)

N	Carga de bolas, %	Carga de mineral, g	Salida de la clase -0.074 mm, %
1	40	11,507	85,38
2	30	19,968	78,45
3	20	27,532	72,50
4	10	32,112	62,35

Sin embargo durante la realización de la segunda serie de ensayos el cuadro se muestra un tanto diferente (Tabla 3). Si bien en el caso anterior se reporta la disminución como promedio de un 12,97 %, para el nuevo caso se observa una disminución del contenido de la clase -0,074 mm tan sólo en un 5 %. Evidentemente esto constituye un elemento importante por cuanto puede estar relacionado con el fenómeno bien conocido de automolienda, o más exacto de semi-automolienda, término que también emplea Falcón al referirse a este fenómeno. Esto último es totalmente admisible ante la presencia de la fracción serpentinítica en el mineral laterítico. En cuanto a la dureza, este mineral se diferencia notablemente de la limonita, la cual se encuentra en forma de agregados de lamas primarias y secundarias, que resultan de fácil desintegración.

Este hecho singular para los minerales laterítico, resulta sumamente importante a juzgar por los resultados, la interacción serpentinita-limonita se manifiesta positivamente. Dicho de otra forma, el mineral serpentinítico coauspicia la desintegración de los nódulos limoníticos.

La profundización en este fenómeno puede constituir un valioso aporte a la hoy controvertida teoría de la molienda de minerales policomponentes de diferentes dureza y densidad, sin embargo su trascendencia práctica en los esquemas de molienda de circuitos cerrados, como es el caso de las plantas "Ernesto Guevara" y "René Ramos Latour", puede verse limitada por el fuerte dictamen de las regularidades propias del mineral en los aparatos de clasificación.

Experimentos análogos realizados en un molino de mayores dimensiones (440 x 480 mm) con muestras tomadas en el alimentador del molino (después del secado) con diámetro máximo de 22,4 mm demuestran laconservación de tales regularidades (Tabla 4). Durante la realización de estos ensayos se estudió el comportamiento de la potencia consumida por el motor que acciona el molino, los resultados de estas mediciones se encuentran en la Figura 1.

FIGURA 1. Dependencia entre la potencia consumida y la carga de bola. 1. Potencia total consumida por el motor. 2. Potencia especifica por cada Kg de la clase 0,074 mm . 3. Potencia específica por cada Kg de la clase nuevamente formada (- 0,074).

La potencia consumida por el motor del molino se expresa con la siguiente fórmula:

$$Nm = \frac{Nu + Nct}{\eta \cdot \eta_{el}} \qquad (1)$$

donde:

Nm - potencia total consumida por el motor, kW

Nu - potencia útil, kW

Nct - potencia consumida en los cojinetes principales (de apoyo)

η - coeficiente de rendimiento útil de los elementos mecánicos, tiene en cuenta las pérdidas en las transmisiones y los cojinetes de los ejes, en unidades

η_{el} - coeficiente de rendimiento útil del motor, en unidades.

La potencia total consumida por el motor incluye la potencia útil, que abarca la energía consumida en el rompimiento de las partículas minerales.

Muchos elementos teóricos, avalados por la práctica industrial, aseguran que la potencia útil, y al mismo tiempo el trabajo máximo de la molienda para una velocidad de rotación dada, se corresponde con un grado de llenado de carga de bolas del 50 %.

Por otra parte diferentes estudiosos de este aspecto han propuesto una amplia gama de fórmulas empíricas en las cuales un parámetro sumamente significativo lo constituye el grado de llenado de la carga de bolas del interior del molino.

Tomando como base los resultados de las mediciones y lo expuesto anteriormente con ayuda del método de los mínimos cuadrados se obtuvo la dependencia entre la potencia total consumida por el motor para producir 1 kg de la clase nuevamente formada y la carga de bolas.

$$Ne = 0{,}449 - 3{,}459\,\varphi + 14\,\varphi^2,\ kwh/kg \qquad (2)$$

Los cálculos por (2) demuestran que ante el aumento del grado de llenado de bolas en el interior del molino de 45-50 %, el miembro izquierdo (Ne) aumenta bruscamente a costa del aumento de la potencia que se disipa en la fricción entre el tambor y los rodillos de apoyo del molino (Nct en 1), cuestión que refleja en el aumento de la potencia total, sin que esto implique un incremento considerable del contenido de la clase nuevamente formada. Por esta razón la carga óptima de bolas debe estar localizada en el intervalo 40-45 %, justificado más aún por la obtención en el mencionado intervalo del porciento en peso de la clase -0,074 mm exigido por la tecnología (80-85 %, Tabla 4).

Urge señalar que un incremento de esta clase por encima de los límites tecnológicos establecidos conllevaría a la formación adicional de fracción -0,044 mm. Según datos aportados por las investigaciones realizadas por Ried J. en la planta de Yabulu, Greenvalle, Australia, el incremento de esta clase tiene gran incidencia en la disminución del extractable, en la reducción y lógicamente en la extracción de níquel y cobalto en la lixiviación del mineral laterítico. En este trabajo queda demostrado la formación de combinaciones químicas de tipo forsterita y ferritas, debido a la transformación cristaloquímica que sufren las partículas micrónicas y submicronicas en las zonas de calentamiento del horno. Estas combinaciones son capaces de abrazar en su red cristalina al níquel y al cobalto limitando su extracción en la lixiviación carbonato amoniacal. Este fenómeno también fue reportado por Weis y Sefton en la refinería Marinduque.

Las experiencias de Reid plantean que ocurre una disminución en la eficiencia de la reducción del cobalto en las fracciones menores que 0,035 mm y muy particularmente, en las menores que 0,045 mm, a causa de la adsorción de este elemento por nuevas superficies, lo cual fue corroborado por Osseo Asare y Fuesternau, quienes aseguran que de las pérdidas de cobalto la mayor parte corresponde al cobalto adsorbido por la sílice. Por su parte el níquel sufre una significativa mejoría en la eficiencia de la reducción para las fracciones mayores que 0,045 mm (hasta 0,180 mm).

Por otra parte, en los circuitos cerrados de molienda por vía seca, estas partículas incapaces de ofrecer resistencia al fluido (aire), se distribuyen proporcionalmente a la cantidad de aire que sale por los tubos de descarga del separador neumático, de forma tal que las mencionadas partículas retornan al molino variando la composición granulométrica en el interior del mismo, los efectos de esta variación son bien conocidos. Por ejemplo, a consideración del autor, las fluctuaciones de la clase + 100 mesh en el retorno del molino (coeficiente de variación en el orden de 66,3 %, marzo-julio, 1988) en la fábrica "Ernesto Guevara" están relacionadas con el efecto de amortiguación en el choque de las bolas que producen las partículas finas, disminuyendo con esto la efectividad de rompimiento de la carga de bolas. Además, en observaciones visuales se ha detectado que un número determinado de bolas se cubren con una capa irregular de material limonítico (por lo general está representado por las clases finas) que puede alcanzar hasta 5 mm. Esta capa puede aumentar en dependencia de la humedad del material y del tiempo de trabajo del molino. Es muy posible que estas "almohadillas" contribuyan al poco desgaste de las bolas.

INFLUENCIA DE LA COMPOSICION GRANULOMETRICA EN LOS INDICADORES DE LA MOLIENDA

La característica granulométrica tiene gran incidencia en los parámetros cualitativo-cuantitativos de las operaciones de preparación de mineral, y en particular, en la trituración y molienda de los minerales. Según datos del Combinado Minero- Enriquecedor de Novokrivoi Rog, la disminución en un porciento de la clase + 25 mm en la alimentación de los molinos, incrementa su productividad en un 3 %. Por tal razón, en los últimos años existe una tendencia mundial de alimentar a los molinos con productos de tamaños menores a 20-15 mm. Sin embargo este fenómeno puede verse mermado por la presencia de altos contenidos de lamas primarias y secundarias.

En la Figura 3 se brinda el comportamiento del contenido de la clase -0,074 mm en la molienda de diferentes clases de tamaño por la metodología anteriormente expuesta.

Como se muestra en el gráfico la clase más gruesa (22.4 + 0 mm) se muele más fácil, esto se justifica aún más si consideramos que el contenido inicial de la fracción - 0,074 mm en esta clase es de 10 - 15 %, por lo tanto el contenido de la clase nuevamente formada es mucho mayor para las restantes.

FIGURA 2. Variación del contenido de clase - 0,074 mm en dependencia de la carga de bolas para diferentes clases granulométricas de la carga de mineral inicial. 1. (22,4 + 0) mm 2. (-1 + 0) mm 3. (6,3 + 0) mm 4. 4- + 0,149 mm 5. -(6,3 + 1) mm - 0,074 mm - Salida de la clase. - 0,074 mm-Carga de bolas, %.

Al mismo tiempo se observa que en la medida en que disminuye el diámetro medio de las clases sometidas a los ensayos, se efectua la molienda del mineral con gran dificultad.

Es válido resaltar el comportamiento de las fracciones (1 + 0 mm) y (6,3 + 0 mm) cuyos contenidos de la clase - 0,074 mm oscilan alrededor del 50 - 60 %, para este tamaño de fraciones se obtienen los peores resultados, el contenido de la clase nuevamente formada es mucho menor que en las demás. A juzgar por los resultados obtenidos con las fracciones de + 0,149 mm y 6,3 + 1 mm, la salida de la clase nuevamente formada es equiparable con la de la fracción más gruesa. Sin embargo, el hecho de que el diámetro máximo de esta última sea de 3 - 6 veces mayor que para las primeras habla de una molienda más efectiva para la clase gruesa. Esto último acevera la posible acción desintegradora que puede ejercer la serpentina sobre la limonita.

En estos ensayos se pone de manifiesto una influencia negativa, bien marcada, del contenido de las clases finas en el producto inicial sobre la formación de la nueva clase preparada, lo cual alerta sobre los efectos negativos que tendría la disminución del diámetro máximo del producto alimentado a los molinos en el vigente esquema tecnológico de la unidad de molienda de la planta "Ernesto Guevara" y Las Camariocas (en proceso inversionista), sin la inclusión de una clasificación previa del producto proveniente de los secaderos y la necesidad de aumentar y estabilizar la efectividad del separador de aire, logrando con ello disminuir el contenido de la fracción - 0,074 mm en la carga circulante.

Finalmente a modo de conclusión, se puede señalar que una de las vías para el perfecionamiento de la molienda de los minerales lateríticos lo constituye la optimización de la carga de bolas en el intervalo 40 - 50 %, mediante el aprovechamiento de las características particulares del mineral laterítico con el subsiguiente ahorro de energía.

El trabajo demuestra la factibilidad del aumento de la capacidad de molienda, mediante la compensación del mineral al reducir la carga de bolas.

Queda totalmente establecida la inconveniencia tecnológica de reducir el tamaño máximo del producto inicial en los esquemas actuales de las plantas cubanas.

REFERENCIAS

1. ANDREV S., E.: *Droblenie, izmilchenie i grojochenie polieznij iskopaemij*. Moskva, Nedra, 1980.
2. FALCON H., J.: "Caracterización de las menas lateríticas y de sus tecnologías de procesamiento". Informe sobre el estado de las investigaciones del tema 07 del PIF. ISMM, Moa, 1987.
3. JAN, G.: *Oprobovanie i control tejnologicheskij protsesov obogashenija*. Moskva, Nedra, 1979.
4. KOSIN, G.: *Sistemmii analiz na obogatitielnij fabrik*. Moskva. Nedra, 1979.
5. OSSEO ASARE Y W. FUESTERNAU: "Fenómenos de la absorción en la hidrometalurgia. Comportamiento de los óxidos en soluciones amoniacales acuosas de cobre, níquel y cobalto". *International Journal of Mining Processing*. No. 7, 1980.
6. REID, J.: "Algunas observaciones sobre las características de la tostación, lixiviación y lavado del mineral laterítico de Greenvalle. Boletín 7.
7. SERGO, E: *Oprobovanie i control tejnologicheskij protsesov obogashenija*. Kiev, Bisha Shkola, 1979.
8. Spabochnik po oboganiu rud. Podgotovitielnie protessi. Moskva, Nedra, 1983.
9. WEIS R., D. y B. Selfton: "Desarrollo de un proceso comercial para refinerias de níquel utilizando lateritas de bajo y alto contenido de hierro. Simposio Internacional de la AIME sobre lateritas. Nueva Orleans, 1979.

CUBAMETALES

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): 70-2561
Telex: 51-1452 CUMET

INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALURGICO DE MOA
EXPERTOS Y CONSULTORES

INGENIERIA ELECTRICA E INDUSTRIA

Manuel García Renté.

Especialidades: *CONTROL AUTOMATICO.TUBOS VERTEDORES PARA EQUIPOS*

Datos profesionales de interés: *Tiene 21 años de experiencia. Ingeniero Electricista en Control Automático. Profesor auxiliar. Ha visitado profesionalmente la URSS. Ha publicado dos artículos en revistas nacionales. Participa como Experto en: descarga libre de líquido por tubo-vertedero.*

Logros científicos: *Desarrolló un tubo vertedor para equipos con descarga libre.*

GEOLOGIA, MINERIA Y METALURGIA

Roberto Cipriano Blanco Torrens.

Especialidad: *CONSTRUCCION SUBTERRANEA*

Datos profesionales de interés: *Tiene 23 años de experiencia. Ingeniero en Minas, especialista en construcción subterránea. Dr. en Ciencias Técnicas. Profesor Titular. Ha visitado profesionalmente la URSS y Alemania. Ha participado en ponencias o en debates en dos eventos nacionales y tres internacionales. Ha publicado 5 libros de texto y 6 publicaciones en revistas nacionales.*

Logros científicos: *Metodología de la evaluación de excavaciones subterráneas no utilizadas, para su empleo con fines económicos. Caracterización de las excavaciones subterráneas de la región oriental de Cuba, incluye clasificación de sus condiciones de sostenimiento. Estudio de las propiedades físico-mecánicas de varias zonas de Cuba.*

Galardones: *Mención destacada IV Forum de Piezas de Repuesto. Miembro de la Comisión Nacional de Grado Científico en la rama minero-metalúrgica, miembro del Comité Nacional de la OLAMI, presidente del Consejo Científico de la Facultad de Minas y miembro del Consejo Científico del ISMMM. Director del Centro de Estudios y Desarrollo de Construcción Subterránea del ISMMM, vice-presidente primero de la Comisión Nacional de Minas y Geología de la UNAIC.*

Rafael Miguel Guardado Lacaba.

Especialidades: *INGENIERIA GEOLOGICA, HIDROGEOLOGIA, INGENIERIA GEOAMBIENTAL, GEOTECNICA, MECANICA DE SUELOS Y ROCAS, GEOLOGIA.*

Datos profesionales de interés: *Tiene 22 años de experiencia. Ingeniero Geólogo. Dr. en Ciencias Técnicas. Profesor Titular. Ha visitado profesionalmente Ecuador, Argentina, Estados Unidos, Rusia, Armenia, Perú y Canadá. Ha participado como ponente en 12 eventos nacionales e internacionales. Ha publicado varios artículos en revistas nacionales e internacionales y dos libros de texto.*

Juan Rodríguez Gamboa.

Especialidad: *HIDROMETALURGIA.*

Datos profesionales de interés: *Tiene 14 años de experiencia. Dr. en Ciencias Técnicas. Ingeniero metalúrgico. Profesor Auxiliar. Ha participado en ponencias o en debates en un evento nacional y en uno internacional. Ha visitado profesionalmente Rusia.*

José Antonio Otaño Noguel.

Especialidad: *TRABAJOS CON EXPLOSIVOS.*

Datos profesionales de interés: *Tiene 32 años de experiencia. Ingeniero en Minas. Dr. en Ciencias Técnicas. Profesor Titular. Ha visitado profesionalmente Perú, Ecuador, China, Suecia, Mongolia, Rusia, Checoslovaquia y Alemania. Ha participado en ponencias o en debates en tres eventos internacionales. Ha publicado 4 libros de texto.*

Logros científicos: *Métodos de corte en monolitos y bloques de mármol con hidroexplosión.*

Galardones: *Distinción por la Educación cubana . Medalla Rafael M. Mendive.*