

Revista *minería y geología*

NORMAS PARA LA PRESENTACION DE ORIGINALES EN LA REVISTA MINERIA Y GEOLOGIA

1. Los trabajos se presentarán redactados correctamente y escritos a máquina sin tachaduras, ni arreglos a mano, en original y copia, a dos espacios, escritos en cuartillas de papel bond blanco.
2. La primera cuartilla deberá contener los siguientes datos:
Título del trabajo, nombres y apellidos del autor (es), títulos académicos, categoría científica, en una cuartilla aparte la dirección del centro de trabajo y el teléfono.
3. En el texto se indicará donde deben insertarse las ilustraciones, éstas se confeccionarán en papel alba con un tamaño máximo de 26 x 18 cm y mínimo de 9 x 7 cm. Las fotos se presentarán en papel sin brillo, lo cual garantizará la reproducción con suficiente nitidez y contraste. Se presentarán siempre los originales. Las anotaciones, cifras y letras deberán hacerse con plantilla.
4. El resumen no excederá las 150 palabras, será un esbozo breve en el que mencione toda la nueva información que tenga el artículo, evitando los detalles de interés secundario.
5. En el desarrollo del trabajo se mantendrán los siguientes pasos:
Introducción, desarrollo y conclusiones, no es necesario enumerarlos como tales, pero si que aparezcan bien definidos en el texto.
6. Bibliografía, ésta se presentará al final ordenada alfabéticamente. Debe estar lo más actualizada posible, de acuerdo con el desarrollo del tema en cuestión.
La bibliografía debe consignarse de la siguiente forma:
Revistas: Apellidos e iniciales del autor o autores, título del artículo, nombre de la revista, volumen o número de la misma página donde empieza y donde termina, seguido del año de edición.
Libros: Apellidos e iniciales del autor o autores, título del libro, tomo, volumen y edición (cuando lo precisen), ciudad editora y año de edición.
7. La extensión de los artículos no debe sobrepasar las 15 cuartillas.
8. Los trabajos deberán acompañarse de la autorización de la OCIC, sin ésta no se publicará el trabajo.

CARACTERISTICAS DE LOS YACIMIENTOS Y PRODUCTOS DE ZEOLITAS NATURALES DE CUBA

Ing. Julio César Romero Daza*
C.Dr. Francisco L. Valdés García**

*Centro de Investigaciones para la Industria Metalúrgica;
**Academia de Ciencias de Cuba

La presente recopilación de datos sobre los productos de zeolitas naturales de Cuba tiene como objetivo principal apoyar a los investigadores, productores, usuarios y comercializadores de estos materiales en la evaluación de los resultados obtenidos en su aplicación en diferentes esferas económicas y sociales.

Del análisis de esta información se puede reafirmar la gran heterogeneidad y variabilidad de los productos de zeolitas naturales, no sólo cuando se comparan diferentes yacimientos, sino en el mismo yacimiento, tanto en la proporción entre los tipos de zeolitas naturales presentes, como en su contenido total, por lo que es imprescindible conocer en su contenido específico las características del material.

Las rocas zeolíticas de Cuba petrográficamente, son tobas básicamente vitroclásticas y vitrocristaloclasticas compuestas en su generalidad por dos tipos de zeolitas naturales: heulandita-clinoptilolita y mordenita. El contenido total de zeolitas naturales (Z, %) en una mena (mineral extraído) se expresa por la suma de los contenidos de estos dos tipos de minerales. Además las tobas contienen otros minerales como son: feldespatos, cuarzo, montmorillonita, calcita y en menor proporción celadonita y minerales de hierro. Atendiendo a su contenido total de zeolitas, la Capacidad de Intercambio Catiónico Total (CIC T) y el Calor de inmersión (DELTA T) las rocas zeolíticas se han agrupado en tres tipos naturales de menas, a saber:

TIPO	Z, % (*)	CIC T meq/100 g	DELTA T, °C
TNM-I	> 70	> 120	> 12
TNM-II	50-70	80-120	7-12
TNM-III	30-50	55-80	5-7

Actualmente en el país se han estudiado alrededor de 20 yacimientos de rocas zeolíticas. En la Tabla 1 aparecen los principales yacimientos así como su distribución según los Tipos Naturales de Menas (TNM) mencionados. De los yacimientos estudiados 4 se encuentran en explotación industrial: La Pita, Tasajeras-Piojillo, El Chorrillo y San Andrés. Se han analizado las posibilidades de montaje de 2 nuevas plantas en los yacimientos Orozco y Palmarito de Cauto.

Los yacimientos se caracterizan por su heterogeneidad en cuanto a la mezcla de los minerales que conforman la roca, variando los contenidos de zeolitas entre si en

diferentes zonas del propio yacimiento. En algunos yacimientos predomina la heulandita-clinoptilolita sobre la mordenita, y en otros es a la inversa; esto también ocurre en diferentes profundidades de un mismo yacimiento. No obstante, el contenido medio de zeolitas en todos los yacimientos es bastante estable y oscila entre 40 y 77 %, observándose que los valores más bajos aparecen en La Pita y El Chorrillo y los más altos en San Andrés y Tasajeras. En la Tabla 2 se ofrece la composición mineralógica de las rocas zeolíticas de los yacimientos en explotación, según resultados de los Análisis Cuantitativos de Espectroscopia de Rayos X.

La composición química de las rocas zeolíticas es muy homogénea debido a la presencia de tres minerales aluminosilicatos mayoritarios: zeolitas, montmorillonita y feldespatos. Para los cálculos del quimismo se han tomado en consideración los resultados obtenidos en muestras de Tipos Naturales de Menas TNM-I y TNM-II de los yacimientos en explotación (tabla 3). Comparando la composición química de varios yacimientos que se explotan en el exterior con los nuestros resulta que son muy semejantes.

El factor más importante en el quimismo de las rocas zeolíticas es su composición catiónica, o sea el contenido de cationes capaces de ser intercambiados, ya que esta propiedad está asociada a sus principales usos. Otro mineral acompañante que, presenta esta propiedad es la montmorillonita, la cual está presente en forma significativa en el yacimiento La Pita. En los yacimientos cubanos hay una distribución zonal de los cationes así, en la zona superficial (6-10 m) predomina básicamente el catión calcio (Ca^{++}) y en la zona por debajo de los 10 m de profundidad, el catión sodio (Na^{+}). Esta característica es muy marcada sobre todo en los yacimientos de Tasajeras y San Andrés. Los valores máximos, mínimos y medios de los cationes Ca^{++} , Na^{+} , K^{+} , Mg^{++} y el contenido total de cationes (incluye, además de los relacionados, el resto de los cationes intercambiables) de las rocas zeolíticas de los yacimientos en explotación se exponen en la Tabla 4.

Otras características importantes para el uso específico de las rocas zeolíticas son sus propiedades físico-mecánicas, estas son: peso volumétrico, peso específico, humedad, porosidad, calor de inmersión y resistencia a la compresión. Estas propiedades, para los yacimientos en

explotación, se pueden ver en la Tabla 5, apreciándose variación en algunas de ellas.

En la actualidad la Unión Geólogo-Minera (UGM) del MINBAS cuenta con 5 Plantas de Producción de Zeolitas Naturales, cuya tecnología incluye básicamente los proce-

sos de trituración, secado, molienda y clasificación granulométrica.

Estas plantas elaboran productos finales de diferentes granulometrías, a saber: - 1 mm, 1-3 mm, 3-8 mm, 5-12 mm, 12-25 mm

TABLA 1. Yacimientos de zeolitas naturales. Aprobadas hasta 12-11-90 (a)

No.	Yacimiento	Municipio (b)	Provincia	Distribución por tipo natural de mena, %		
				TNM-I	TNM-II	TNM-III
1	Orozco	Bahía Honda	Pinar del Río	19,5	48,3	32,2
2	La Pita	Jaruco	La Habana	-	51,4	48,6
3	Tasajeras-Piojillo	Ranchuelo	Villa Clara	95,8 (c)	-	4,2
4	Carolina I	Cienfuegos	Cienfuegos	-	84,6	15,4
5	Carolina II	"	"	-	88,7	11,3
6	San Cayetano	Jimaguayú	Camagüey	-	91,5	8,5
7	El Chorrillo	Najasa	"	3,5	70,8	25,7
8	Las Pulgas	Amancio	Las Tunas	12,0	59,8	28,2
9	San Andrés	Holguín	Holguín	100,0	-	-
10	Caimanes	Moa	"	-	-	-

(a) Además, se han estudiado los yacimientos de Bueyecito, Granma (11), Palmerito, Santiago de Cuba (12), y Palenque, Guantánamo (13).

(b) La ubicación geográfica de estos yacimientos se puede ver en el mapa adjunto.

(c) Predomina el TNM-I.

TABLA 2. Composición mineralógica de las rocas zeolíticas de los yacimientos en explotación

Mineral zeolítico/ Yacimiento		Contenido, %			
		La Pita	Tasajeras	El Chorrillo	San Andrés
Heu-clinoptilolita	max.	60	81	70	-
	min.	10	22	12	-
	med.	27	53	35	-
Mordenita	max.	36	55	60	-
	min.	0	0	0	-
	med.	13	17	26	-
Total zeolitas	max.	73	92	96	96
	min.	17	32	27	32
	med.	40	70	61	77
Otros minerales (impurezas)	max.	83	68	73	68
	min.	27	8	4	4
	med.	60	30	39	23
Tipo de impurezas		Mt	F, Q, C	Mt, F, Q	-

Mt - Montmorillonita, F - Feldespatos, Q - Cuarzo, C - Calcita.

Nota: De estos minerales (impurezas), la montmorillonita y la calcita pueden considerarse "activos", según el medio en que sean utilizadas las zeolitas, mientras que los feldespatos y el cuarzo son "inertes".

TABLA 3. Composición química de las rocas zeolíticas de los yacimientos en explotación

Oxidos/Yacimientos		Contenido, %			
		La Pita	Tasajeras	El Chorrillo	San Andrés
SiO ₂	max.	60,66	69,53	64,22	69,23
	min.	49,31	58,50	55,22	55,00
	med.	64,73	64,27	60,40	64,56
Al ₂ O ₃	max.	15,87	15,50	15,64	13,40
	min.	7,67	11,24	10,47	8,60
	med.	13,51	13,72	13,02	11,33
Fe ₂ O ₃	max.	7,87	4,52	6,30	4,60
	min.	0,67	1,56	1,40	0,90
	med.	4,43	2,74	3,48	2,24
FeO	max.	4,44	-	2,14	2,13
	min.	0,03	-	0,10	0,47
	med.	1,83	0,27	1,01	0,87
CaO	max.	11,12	7,31	9,34	8,35
	min.	3,35	3,85	6,65	2,37
	med.	5,22	4,96	7,92	3,51
MgO	max.	3,20	2,07	1,81	4,00
	min.	1,73	0,39	0,82	0,57
	med.	2,44	1,22	1,32	1,38
Na ₂ O	max.	2,92	2,59	3,67	3,03
	min.	0,73	1,83	0,73	0,70
	med.	1,90	2,21	1,74	2,05
K ₂ O	max.	2,69	1,70	1,84	1,57
	min.	0,78	0,68	0,54	0,60
	med.	1,75	1,19	1,05	1,20
PPI	max.	14,52	12,59	14,52	12,40
	min.	4,99	9,63	6,88	9,20
	med.	9,92	11,09	11,51	11,98

TABLA 4. Composición catiónica de las rocas zeolíticas de los yacimientos en explotación

Cación/Yacimiento		Capacidad de intercambio catiónico total, meq/100 g			
		La Pita	Tasajeras	El Chorrillo	San Andrés
Ca ⁺⁺	max.	59,66	79,28	69,80	55,19
	min.	22,59	34,51	12,81	19,20
	med.	39,22	53,34	42,06	36,04
Na ⁺	max.	61,09	80,81	49,82	75,11
	min.	3,40	25,69	7,95	19,50
	med.	24,62	57,71	25,24	49,48
K ⁺	max.	3,68	8,74	2,92	8,43
	min.	0,54	2,55	0,30	2,80
	med.	1,67	5,17	1,15	5,10
Mg ⁺⁺	max.	15,80	7,30	9,26	14,12
	min.	0,72	0,00	0,19	1,00
	med.	4,41	2,81	3,53	3,42
Total de cationes (a)	max.	130,30	149,18	139,15	148,60
	min.	57,42	86,00	50,90	57,40
	med.	87,40	124,72	88,23	131,97

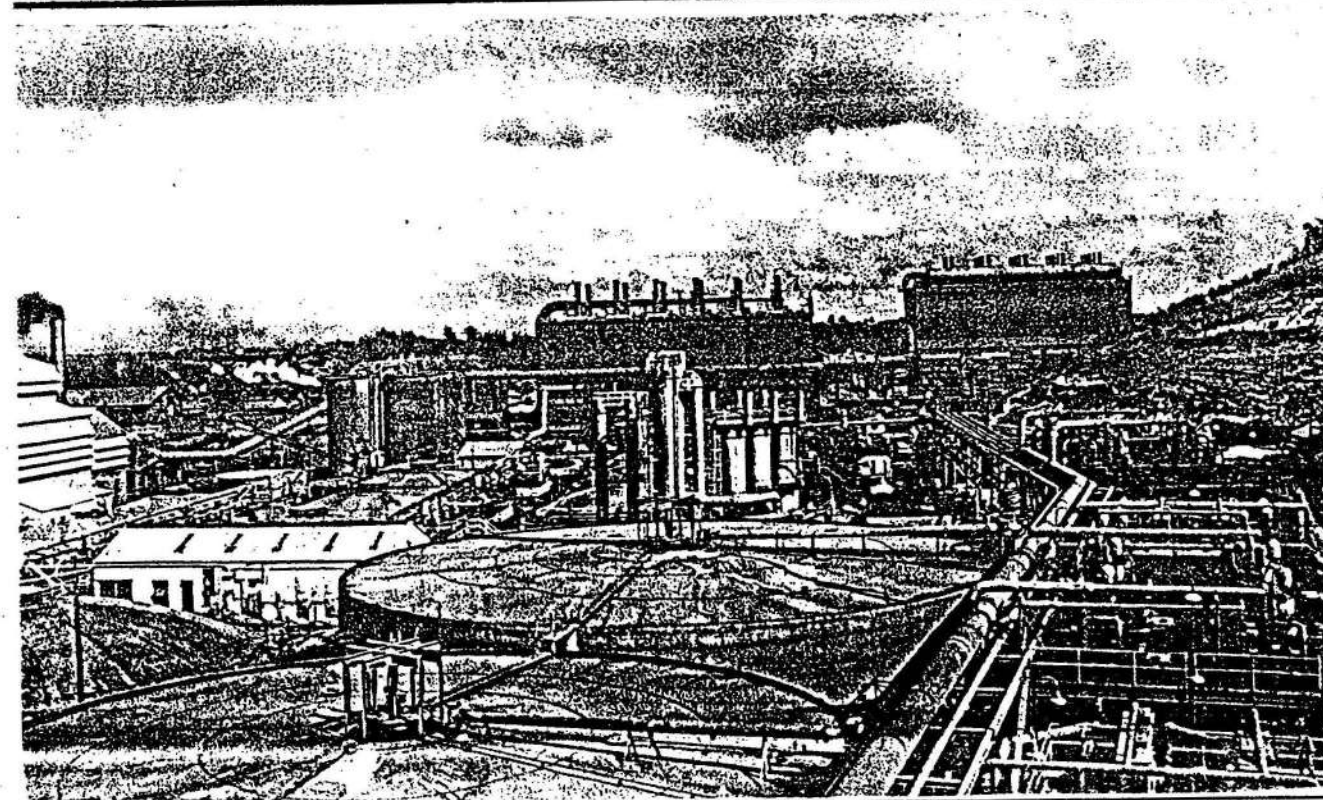
(a) Incluye además de los 4 cationes relacionados, el resto de los cationes presentes en la roca zeolítica.

TABLA 5. Características físico-mecánicas de las rocas zeolíticas de los yacimientos en explotación

Característica		La Pita	Tasajeras	El Chorrillo	San Andrés
Peso volumétrico, t/m ³	max.	2,11	2,18	2,58	1,78
	min.	1,40	1,83	1,58	1,69
	med.	1,87	2,01	1,84	1,75
Peso específico, g/cm ³	max.	2,77	2,55	2,70	2,35
	min.	2,30	2,33	2,31	2,32
	med.	2,64	2,15	2,40	2,39
Humedad, %	max.	-	-	6,60	12,50
	min.	-	-	0,90	8,60
	med.	-	-	2,33	10,40
Porosidad, %	max.	45,00	21,46	30,47	-
	min.	21,00	13,15	9,02	-
	med.	30,30	19,03	21,05	-
Calor de inmersión, (AT °C)	max.	13,0	11,5	15,3	15,5
	min.	3,5	6,5	5,0	5,0
	med.	7,4	9,3	9,8	12,1
Resistencia a la compresión seca, mPa	max.	27,11	65,15	92,07	26,50
	min.	2,40	21,14	16,51	9,12
	med.	10,52	45,94	59,61	19,54
Resistencia a la compresión saturada, mPa	max.	29,50	38,40	53,07	31,10
	min.	7,41	9,61	25,15	9,99
	med.	17,42	22,06	35,81	24,29

REFERENCIAS

1. Informe de Producción de Zeolitas Naturales, Unión Geólogo-Minera, MINBAS, noviembre 1990.
2. MARTINEZ, MARCELO H.: "Características geólogo-tecnológicas de las zeolitas cubanas". Expedición Geológica de Camagüey, Unión Geólogo-Minera, MINBAS, p. 17, 1990.
3. Plan de Distribución Nacional de Zeolitas (Zafra 91-92), MINAZ, octubre 1991.
4. Tablas de Datos de Producción 1991 y Plan 1992 de Zeolitas Naturales. Unión Geólogo-Minera, MINBAS, enero 1992.



RESUMENES

La Revista "Minería y Geología" se complace en publicar los resúmenes concernientes a algunos de los trabajos presentados en el VI Forum Investigativo del Instituto Superior Minero Metalúrgico.

CEMENTO RESISTENTE AL ACIDO SULFURICO EMPLEANDO ZEOLITA NATURAL

C.Dr. Gerardo Orozco Melgar,
Ing. Hernando Leyva Guilarte,

Instituto Superior Minero Metalúrgico

RESUMEN: Para la obtención del cemento resistente al ácido sulfúrico (Z-cement) se realizó el mezclado de polvo o filler a base de zeolita natural y/o modificada ejerciendo las funciones del relleno inerte, con una solución de silicato de sodio, en una proporción aproximada de tres partes de polvo y una de la solución con el objetivo de obtener un cemento resistente al H₂SO₄ empleando zeolita natural para pegar ladrillos antiácidos, garantizando además, una buena adherencia con superficies metálicas rugosas o con bajo grado de pulido. Con esta investigación se ha demostrado que el Z-cement puede emplearse para pegar ladrillos y losas antiácidos en construcciones especialmente resistentes al ácido sulfúrico (concentraciones por encima del 50 %), además es posible su uso en la artesanía para pegar objetos a superficies de rocas pulidas y como sustituto de importaciones con un ahorro por kg de polvo de cemento antiácido de 0,58 dólares.

CALCULO ECONOMICO PARA UN SISTEMA DE SUMINISTRO ELECTRICO

Lic. Manuel Lores Vidal;
Lic. María Mendoza;
Lic. Ana Rodríguez,

Instituto Superior Minero Metalúrgico

RESUMEN: Regularmente se ha manifestado que las subestaciones eléctricas que alimentan a una entidad cualquiera en la parte de alta del transformador, se va por encima o por debajo de las necesidades reales del objeto a alimentar, y lo conveniente es que está dentro de los parámetros de menor costo posible. En este menor costo influyen, las características de los transformadores necesarios, de las conexiones y las líneas. Es también regular que encontrar la corriente de menor gasto en inversión a la hora de diseñar o modificar una subestación es engorroso por la cantidad de parámetros que influyen en el mismo. Este trabajo tedioso hace que el ingeniero o técnico se preocupe por proponer una versión única, que quizás pueda ser la más eficiente de todas. A tales efectos, se le brinda al especialista un arma útil para su trabajo pues con este sistema puede probar un gran número de variantes de subestaciones para suministro eléctrico, pudiendo modificar en cada una de ellas los parámetros que considere. Al final, podrá decidir la variante de menor gasto que sugiere el propio programa, o ajustarse a las posibilidades concretas disponibles en cuanto a recursos.