

PROPUESTA DE FABRICACIÓN EN CUBA DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN NO TRADICIONALES, CON ÉNFASIS EN LA PRODUCCIÓN DE CEMENTOS ESPECIALES

Rafael Miguel Lavandero Illera, Esther María González

Instituto de Geología y Paleontología, Vía Blanca 1 002, San Miguel del Padrón. Teléfono 698-0593, e-mail: lavandero@igp.gms.minbas.com

RESUMEN

El desarrollo de los materiales de construcción en Cuba se ha producido principalmente en lo que respecta a los materiales tradicionales, lo cual no ha estado acorde con las nuevas materias primas descubiertas en el país, como las zeolitas, la magnesita, las dolomías, las alitas aluminosas, probablemente bauxitas, cromita refractaria, wollastonita y otros.

De todas estas materias primas tan sólo se le ha prestado alguna atención a las zeolitas con el fin de la fabricación del Cemento Romano y actualmente se investigan la utilización de otros materiales

Para la realización de este trabajo se llevó a cabo un estudio de estas materias primas en el Archivo de la Oficina Nacional de Recursos Minerales, así como artículos en revistas y libros de texto.

Se le brinda una mayor atención a la fabricación de otros tipos de cementos que no se producen en Cuba y cuya producción sería factible y conveniente el estudio de estos, así como también la realización de pruebas de uso por las distintas industrias, ya que en Cuba se realiza un volumen grande de construcciones cerca del mar (Polos Turísticos), pero que con la utilización de otros tipos de cemento se evitaría grandemente la corrosión marina.

Finalmente se describen los diferentes productos que pudieran elaborarse en Cuba con el fin de sustituir importaciones, y podernos convertir en exportadores de algunas de estas materias primas.

Con este trabajo nos proponemos incentivar más el seguimiento de estos estudios por equipos multidisciplinarios, los cuales deben llegar a resultados concretos.

ABSTRACT

The development of building material in Cuba has mainly taken place mainly concerning traditional materials; witch has not been according to the new raw materials discovered in Cuba, zeolite, magnesite, dolomite, aluminous alites, probably bauxites, and refractory chromites, wollastonite and others.

Of all raw materials only some at attention was paid to zeolites so as to manufacture Roman cement and ay present the use of others are researched.

For this paper it was carried out a study of these raw materials in the Record Office of Mineral Resources like articles in magazines and the test books.

Much attention is paid to the manufacture of other types of cement nor produced in Cuba and whose production would be suitable for their study, likewise the application of tests of use by the different industries because in Cuba many buildings are constructed near the sea (tourist poles), but with others types of cement and not resistant to sea corrosion.

Finally, the different products are described that could be made in Cuba in order to substitute imports and turn some of raw material into exporters.

With this paper we propose to encourage more the continuation of these studies by cross disciplinary study teams, which must get to good results.

INTRODUCCIÓN

En Cuba se ha desarrollado la industria de los materiales de construcción, pero este desarrollo se ha volcado principalmente en los materiales tradicionales y se ha hecho muy poco en la introducción de materiales nuevos que se adapten al lugar donde se construye.

Debido a su condición de archipiélago y clima tropical, en Cuba las concentraciones en la atmósfera de iones cloruro (salitre común) y de otros agentes altamente corrosivos, suelen estar

por encima de los valores permisibles en las normas internacionales. La humedad relativa y las fluctuaciones en los registros de temperatura son factores que propician la agudización de este problema ambiental, capaz de provocar el deterioro acelerado de las estructuras metálicas y de hormigón armado, en instalaciones deportivas culturales, industriales, recreativas, turísticas y de servicios.

Como ejemplos podemos citar algunas variedades de cemento los cuales no se han usado en Cuba, en obras importantes cerca del mar para evitar la rápida corrosión de los hormigones por el salitre.

Cuba posee los materiales necesarios, como es el azufre, la magnesita, la dolomita, alitas aluminosas, probablemente bauxitas, cromitas refractarias, wollastonita y otros, que nos permitan experimentar con nuevas tecnologías. Por lo que se hace necesario experimentar haciendo pruebas de uso, con estos materiales que poseemos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo consistió en una amplia búsqueda en el archivo de la Oficina Nacional de Recursos Minerales sobre esta temática, así como la revisión de todos los materiales existentes en el Grupo de Yacimientos y Archivo del Instituto de Geología y Paleontología. También se consultaron libros de texto sobre esta materia, los cuales aparecen en la bibliografía.

RESULTADOS, DISCUSIÓN

Se propone la introducción en la Industria de Materiales de Construcción, de nuevas materias primas, para su explotación y su uso posterior con este fin, además de proporcionarnos la futura exportación de estos, como son distintos tipos de cemento.

Como se puede apreciar en el trabajo se discute de forma rigurosa el uso de estos materiales en la Industria de la Construcción, así como también sobre los yacimientos y manifestaciones en donde se puede obtener la materia prima.

En Cuba existen materias primas minerales como las que hemos mencionado y otras más, las cuales no se tratan en este trabajo, pero que podrían usarse de distintas formas en la construcción.

Cementos magnésicos o magnesiales. (Sorel)

Llamados también Sorel, se obtienen al reaccionar la magnesita calcinada u óxido magnésico MgO con una disolución de cloruro magnésico Cl_2Mg , formándose el oxiclорuro de magnesio, de fórmula $3MgO \cdot Cl_2Mg \cdot 11H_2O$, desprendiéndose calor.

La magnesita es el mineral de magnesio más abundante e importante. La composición teórica de la magnesita es 47,8 % MgO y 52,2 % CO_2 . El término *magnesita* comprende sólo al mineral natural no calcinado que se obtiene por explotación minera. Con el nombre *magnesia* se designan productos calcinados procesados (productos intermedios y acabados). *En la literatura técnica, desafortunadamente, los conceptos de magnesita y magnesia no se separan siempre claramente de lo que puede resultar fácilmente serios malentendimientos.*

La magnesita pura tiene densidades entre 2,90 y 3,02 g/cm³ y la magnesita impura posee densidades hasta 3,0 - 3,2 g/cm³; la dureza MOHS varía entre 3½ y 4½; la magnesita natural es mayormente de color blanco, en parte con coloridos débiles hacia el amarillo, gris, rojo, azul y es raramente incoloro o negro. Por los radios iónicos similares de magnesio y hierro, la impureza más común de magnesita es la de Fe^{2+} ; Este hierro está incorporado en la red cristalina de magnesita y no pueden eliminarse por tratamiento técnico.

La magnesita calcinada a 650° - 750° C., de 75-90% de pureza, se amansa con una disolución de cloruro magnésico al 20%. El fraguado produce la cristalización del oxiclорuro magnésico, en forma de finas agujas, dando un producto duro y resistente, pero no hidráulico. La pasta pura de magnesita amasada con el cloruro magnésico da las siguientes resistencias a la compresión, según el Dr. Zolingen: 630 Kg/cm^2 a un día, 778 Kg/cm^2 a los tres días, 791 Kg/cm^2 a los siete y 828 Kg/cm^2 a los veintiocho.. Se protege su superficie contra el agua con un barniz de cera disuelta en trementina. Se emplea para revocos y pavimentos continuos, mezclándole con un árido inerte y orgánico, que lo colorea. Para aumentar la resistencia al desgaste se emplean arenas cuarzosas, gres o carborundo, y para disminuir la conductividad térmica se utiliza aserrín y virutas de madera o corcho, pasta de papel, fibras vegetales, etc.

Según Steffen una mezcla de 1: 2 de magnesita y arena cuarzosa con una solución de cloruro magnésico de 29° Beaumé, a las cuarenta y ocho horas alcanza una resistencia a la compresión de 525 Kg/cm^2 . La relación 1 : 1 con cloruro magnésico de 31° Beaumé dio para el mismo tiempo 89 Kg/cm^2 a la flexión y 724 Kg/cm^2 a la compresión. Las cantidades de MgO y Cl_2Mg deben ser calculadas rigurosamente para que todo entre en reacción, pues un exceso del primero puede provocar expansiones por hidratación tardía, y el exceso de cloruro magnésico, eflorescencias, y, como es higroscópico, producir humedades. Hay que tener la precaución de no ponerlo en contacto con el hormigón o tuberías, pues los corroe, aislándolos con una capa de asfalto o de magnesita.

Las principales fuentes de magnesita serían el Yacimiento Magnesita Redención, cercano a LA Fábrica de cemento 26 de Julio en Nuevititas. Pero también puede utilizarse las dolomías del Yacimiento Dolomita Remedios. Con estos materiales se deben realizar pruebas de uso, así como estudios de mercado y de factibilidad.

Con el cemento Sorel se fabrican placas, ladrillos, mármol, artificial, etc., empleando como productos inertes arena, serrín, corcho, amianto, etc. La *Xilolita* son planchas fabricadas con aserrín de madera y cemento Sorel, fuertemente comprimidas. Se le agregan colorantes, y da un producto tenaz, inalterable a los agentes atmosféricos, incombustible y mal conductor del calor. Es algo giroscópico, y se debe proteger con aceite

Cemento Aluminoso o fundido

Este cemento se fabricó para la sustitución del cemento de silicato calcio (Portland) para prevenir los graves ataques por sulfatos de los elementos estructurales.

El cemento de aluminato de calcio es un conglomerado hidráulico, es decir, un material inorgánico finamente dividido que, cuando se amasa con agua forma una pasta que fragua y endurece como consecuencia de reacciones y procesos de hidratación y que, una vez que el proceso de hidratación ha producido las fases hidratadas estables después de la conversión, conserva su resistencia y estabilidad. Se obtiene por la fusión de una mezcla de caliza, bauxita y alitas aluminosas en determinadas proporciones, pulverizado el producto resultante, que deberá obtener más del 32% de alúmina y menos del 20% de óxido de hierro.

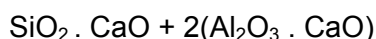
La bauxita es un material heterogéneo compuesto principalmente por los minerales de hidróxido de aluminio, el trihidrato, gibbsita $\text{Al}(\text{OH})_3$ o $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ y los monohidratos diásporo y boehmita. Las principales impurezas comunes a casi todos los yacimientos conocidos de bauxitas son los óxidos de hierro, los silicatos de aluminio, arcillas, etc., y el titanio. La cantidad de impurezas varía de un yacimiento a otro, según las proporciones del monohidrato y el trihidrato. Por ejemplo, las bauxitas europeas están formadas predominantemente de monohidrato y tienen un contenido de óxido de 10 – 20%, mientras que las bauxitas de la América del Sur están compuestas por trihidrato gibbsita con un contenido de óxido de hierro más bajo 5 – 15%. La bauxita de Jamaica

es otro caso, pues es una mezcla de ambos minerales trihidratos y monohidrato, pero tienen un contenido de hierro entre 20 – 30%.

La bauxita está integrada principalmente por hidróxido de aluminio y hierro, junto con pequeñas cantidades de impurezas de silicatos de aluminio hidratados principalmente de caolínita y minerales de óxido de calcio y de titanio, así como también por pequeñas cantidades de impurezas de otros elementos como magnesio, cromo, vanadio, fósforo y otros. Su composición química y petrografía dependen de la concentración de los diferentes metales contenidos en ellas. Realmente, la bauxita es un término económico más que petrográfico, cuyos requerimientos no son definibles por factores mineralógicos objetivos, y no dependen del nivel de procesamiento tecnológico de la bauxita, de las condiciones económicas de los yacimientos, de la demanda, de la disponibilidad y de otros factores.

Las bauxitas y las arcillas bauxíticas se reportan como derivados de gran variedad de rocas, incluyendo la nefelina – sienita, fenolito, sienita, granito y pegmatita, también aplita, diorita, gabro basalto, diabasa, rocas metavulcanógenas, gneiss, distintas variedades de esquistos, filita, pizarras arcosa, calizas y arcilla sedimentaria (Inv. ONRM 2979). Por otro lado, la bauxita se emplea también para la obtención de aluminio, alumbre, sulfato aluminico y varios refractarios.

El cemento aluminoso tuvo su origen para obtener un aglomerante resistente ante la acción de las aguas salinas, los sulfatos y otros. Como es conocido por todos, en el país existe un amplio volumen de construcciones cerca del mar (Polos Turísticos). Este cemento se patentó en 1908 por Bied y se fabricó industrialmente por primera vez en 1913, en la fábrica de la Sociedad de Cales y Cementos de Pavin de Lafarge, de Teil, Francia. Para su fabricación se parte de calizas y bauxitas, mezcladas en proporciones para obtener:



J. Sánchez et. al. 1989 realizaron trabajos de búsqueda orientativa en las provincias de Ciego de Ávila – Camagüey. Aquí expresan que los sedimentos con perspectivas de contener bauxitas industriales tienen una amplia distribución en el territorio. Se trata de agregados de perdigones de hierro o conglomerados de fragmentos de hardpan cuya edad se remonta al Pleistoceno. Su espesor oscila desde 0.5 a 1.0m, hasta 10.0 a 25.0 m. Aunque estas formaciones no poseen un substrato único cuando yacen sobre calizas pudieran crearse las condiciones para el desarrollo de bauxitas. Unido a esto se pueden recomendar la búsqueda de áreas situadas al Norte de Sierra de Cubitas entre Jaronú y Sola, así como al SW de Camagüey entre Baragua, Céspedes y San Jerónimo. Los sectores principales para su estudio y por la cercanía a la a la fábrica de cemento de Nuevitas (Yacimiento Pastelillo, Fabrica 26 de Julio) y Sancti Spiritus (Yacimiento Siguaney Fabrica Mártires de Siguaney).

Sector Manga Larga. Ubicada al NE de la provincia de Ciego de Ávila en la base del corte esta la Formación Arroyo Palmas N¹⁻² representada por margas, calizas y dolomitas. Por los pozos de perforación han sido descubiertos cuerpos de rocas bauxíticas y bauxitas que yacen sobre la superficie carsificada de los depósitos carbonatados de la Formación Embarcadero del Eoceno Inferior. La profundidad de yacencia del horizonte bauxitífero varía desde 7.0 hasta 37.0m. Las rocas bauxíticas representan formaciones duras litificadas de color carmelita claro y rojo ladrillo, con inclusiones de concreciones de hierro.

Se observan bauxitas con un contenido de Al_2O_3 42.39%; SiO_2 3.16%; Fe_2O_3 15 – 94%; TiO_2 39%; CaO 18.09%; MgO 41%; PPI 24.76%: boehmita hasta el 40%, calcita 10-15%, caolínita mayor 10%, goethita 5 – 10%, minerales de Titanio (posiblemente esfena e ilmenita) en cantidad hasta 1.3%. Concluyendo: estas bauxitas presentan alrededor de un 40% de boehmita.

Sector Esmeralda. Se realizaron 4 pozos en cruz, los cuales presentan los más altos contenidos de Al_2O_3 que llegan hasta un 45%. Esta área es de mayor interés en cuanto a la búsqueda de

bauxitas, ya que los contenidos de Al_2O_3 son muy altos. Los contenidos de Ytrio varían entre 1 a 6%. 10^{-3} y el Escandio oscila de 0.6 a 3.10%.

Sector Solas. Las tierras rojas (arcillas lateríticas) analizadas presentan la siguiente composición química; SiO_2 entre 20 – 30%; Al_2O_3 entre 20 -30% es decir que los contenido de aluminio y sílice son semejantes y por tanto estamos en presencia de un corte alítico, con módulo de silicio alrededor de uno. Estas rocas se caracterizan por presentar contenidos altos de Fe_2O_3 que oscilan entre 30 – 40%, el TiO_2 se comporta alrededor de uno. Este sector también presenta contenidos alentadores de Tierras Raras.

Sector Jiquí. En los pozos perforados por hidroeconomía se halla material bauxítico con contenidos de Al_2O_3 hasta un 44%; SiO_2 20- 35%; Fe_2O_3 desde 10 -20% y PPI de 10 – 15%.

Manifestación de alitas Esmeralda – Jiquí. Se encuentra al Norte de Esmeralda, donde se perforaron 94 pozos. La potencia de las alitas es considerable hasta 15m. y los contenidos de Al_2O_3 hasta 45% y los módulos de silicio de hasta 2.5. Esta zona esta considerada como muy perspectiva.

Los cuerpos bauxíticos y alíticos descubiertos se caracterizan por presentar contenidos altos de los siguientes elementos Y, Yb; La, Sc, algunos de los cuales pueden tener significado industrial, sobre todo para la extracción conjunta con la bauxita, ya que para muchos de ellos existen tecnologías de extracción conjuntamente con el aluminio. Todas las manifestaciones localizadas en los sectores representan índices directos sobre la posibilidad bauxítica en la zona de desarrollo de las calizas del Grupo Remedios (J. Sánchez et. al. 1989).

Según Lea y Derch, una bauxita tipo para la fabricación de cemento fundido está compuesta, aunque puede variar entre amplios límites, de la forma siguiente:

Tabla I.- Composición química ideal para la fabricación de este cemento.

Al_2O_3	57.8%
Fe_2O_3	21.6%
SiO_2	5.1%
TiO_2	2.6%
H_2O	12.9%

Las más convenientes son las que tienen altas dosis de óxido de hierro. El aspecto del cemento fundido enfriado en los moldes o lingoteras es el de una piedra oscura de grano fino, compacta y dura, parecida al basalto. Luego se tritura y elimina el hierro por separadores magnéticos y, finalmente, se muele en molinos de bolas, a gran finura. No se añade al moler, como en otros cementos, ninguna sustancia para regular el fraguado, consiguiéndose con la velocidad de enfriamiento, que conviene sea algo más rápido, pues de lo contrario se obtienen cementos de fraguado muy rápido.

Composición química. Varía entre amplios límites, sin que su calidad sea afectada. Según Schleicher, están formados por:

Tabla II.- Composición química promedio y practica para la fabricación de este cemento.

Al_2O_3	42.0 a 46.5%
CaO	39.0 a 44.0%
SiO_2	6.5 a 8.5%
Fe_2O_3	0.6 a 1.4%
MgO	1.3 a 2.1%

Como se puede apreciar muchas manifestaciones de alitas aluminosas y bauxitas, aunque poco estudiadas, cumplen con los requerimientos de la tabla II, no así con los parámetros ideales de la tabla I. Suelen tener una pequeña proporción de óxido de titanio, magnesio y azufre. El índice

hidráulico es 1,2, por lo que son muy resistentes a las aguas agresivas. La hidratación del cemento aluminoso por afectar a toda la masa de los granos, se caracteriza por un fraguado lento, endurecimiento muy rápido y gran elevación de la temperatura.

Propiedades del cemento fundido.→ Suele tener un color muy oscuro., y una gran finura de molido, siendo inferior al 10% en el tamiz de 4,900 mallas por centímetro cuadrado. Como no tiene cal libre, es de una gran estabilidad de volumen, que se aprecia con las galletas y agujas de Le Chatelier. La duración del fraguado es análoga al cemento Pórtland, es decir, lento, puesto que no empieza hasta un par de horas de haber sido amasado; pero suele terminar antes, alrededor de cuatro horas. Está influida por ciertas sustancias. Los sulfatos la aceleran, lo mismo hace el Ca(OH)_2 , si se reduce el proceso a pocos minutos. Los cloruros en pequeñas proporciones retardan y aceleran en las grandes.

El cemento fundido resiste mejor que el cemento Portland a las sustancias orgánicas, como aceites saponificables, líquidos azucarados, etc. No ataca al corcho, aluminio y plomo, por la ausencia de la cal libre. Es descompuesto por las aguas alcalinas.

Resistencias mecánicas.→ Estos cementos se caracterizan por alcanzar resistencias a las veinticuatro horas, análogos a los cementos Pórtland o supercementos a los tres o siete días.

Cemento de azufre

Muchas investigaciones han sido dirigidas en los últimos años al desarrollo de cemento de azufre, en el cual la pasta de minerales de relleno, azufre y aire entrampado sustituye una pasta acuosa del cemento ordinario. Después de adicionarles los agregados (ácidos) en el concreto de azufre es mezclado y calentado a temperaturas de 130°C – 160°C . Cuando el mismo se enfría por debajo de los 120°C , el azufre fragua, cementando agregados en un material denso, fuerte y durable, dotado de una excelente resistencia al ataque de ácidos y la salinidad.

Cemento bentonítico.

Constituye un material singular, dado el hecho de que es un líquido hizotrópico durante bastantes horas, antes de fraguar, y posteriormente, es un sólido muy impermeable, con elevada resistencia y una resistencia definida a voluntad dentro de amplios márgenes (entre 0,5 y 100 kg/cm^2). Su aplicación en inyecciones desde comienzos de siglo se ha extendido recientemente a otros campos de la Ingeniería Civil, como son las pantallas blandas impermeabilizantes, las pantallas prefabricadas o las zapatas semiduras, todas ellas de clara competitividad económica ante determinadas circunstancias.

Cemento puzolánico.

Las puzolanas pueden ser materiales ligados al volcanismo y de otra índole, que exhiban puzolanidad; actividad que consiste en la reacción de la sílice que contiene con el hidróxido de calcio del cemento en presencia de agua, dando como resultante un material cementante.

El cemento puzolánico o cementos mezclados, es la mezcla de clínquer con 30% de puzolana, otorgando al cemento resultante propiedades ventajosas, como el de bajar el calor de hidratación; aumentar la resistencia al ataque de aguas salinas y a la fracturación. Sirve para construcciones de viviendas y otras obras. El costo de producción del cemento puzolánico es menor que el del cemento Pórtland.

Los cementos en presencia de agua, cambian a un producto coloidal que resulta en un endurecimiento hidráulico. Debido a su menor permeabilidad los cementos puzolánicos son superiores a todos los otros tipos de ligantes hidráulicos. El puzolánico presenta resistencias mecánicas inferiores a las del cemento Pórtland en un principio (3 a 8 días), subiendo a iguales (3 a 6 meses) y superiores después de unos años, dada la lentitud de la reacción puzolánica. Tienen

gran resistencia a los ataques químicos. Ensayos han demostrado que después de 10 años de inmersión en agua de mar, los puzolánicos han permanecido prácticamente intactos.

Tabla III.- Resumen de los tipos de cemento.

Cementos	Materia Prima	Requisitos	Yacimientos
Cemento Magnesiano o Sorel	Magnesita o Dolomías	Mezclas calculadas de MgO y Cl_2Mg	Magnesita Redención y Dolomita Remedios
Cemento Aluminoso o fundido	Alitas aluminosas o Bauxitas	La mezcla de caliza y bauxita debe tener más del 32% de alúmina	Sectores: Manga Larga, Esmeralda, Solas, Jiquí y Esmeralda-Jiquí.
Cemento de Azufre	Pirita	No claros	Escombreras de distintas plantas de Beneficio.
Cemento Bentonítico	Bentonita	No claros	Managua, Chiqui Gómez y Vado del Yeso
Cemento puzolánico	puzolana	30% de puzolana en el clínquer.	Palmarito de Cauto; El Rubio; Carolina; Victoria

Cemento y su impacto ambiental

Es preocupante el impacto ambiental en las fábricas de cemento, por la emisión de dióxido de carbono y el polvo de cemento que sale del horno (cement and klin, dust del ingles), que ensucia casas y el campo, algunas fábricas reciclan parte de esta basura a su horno como sustituto a combustibles fósiles. Polvo de cemento también se genera en el movimiento y transporte descuidado dentro de los ambientes de la misma fábrica.

Materiales cerámicos refractarios

Se llaman aquellas sustancias capaces de resistir sin deformarse y fundirse altas temperaturas, superiores a $1\,600^{\circ}\text{C}$.

Refractarios aluminosos. A base de bauxita, silimatina, corindón, se caracterizan por un punto de fusión de $1\,800^{\circ}\text{C}$., gran resistencia mecánica, térmica y corrosiva.

Refractarios magnésicos: Los refractarios magnesianos, se preparan con giobertita (carbonato de magnésico), calcinandose a $1\,700^{\circ}\text{C}$. se aglomeran después con cloruro magnésico y se emplean mucho en metalurgia.

Las condiciones que debe reunir el material refractario son: resistir sin deformarse la temperatura a la que hayan de ser sometidos y a los ataques físicos y químicos del cuerpo, con los que se pongan en contacto.

Comercialmente se fabrican ladrillos, dovelas, bloques, placas, crisoles, que se colocan mediante morteros de cemento aluminoso y chamota, pudiéndose alcanzar $1\,400^{\circ}\text{C}$.

Los ladrillos magnesianos de carbono y cromo

Ladrillos de carbono

Estos poseen diferentes niveles de pureza y contenidos de carbono (10-20% de grafito) con o sin impregnación, lo que proporciona un rango de productos con una variedad de propiedades termomecánicas, como la expansión térmica, conductividad térmica, módulo de elasticidad y el deslizamiento, que puede ser combinados con diferentes zonas de operación, y las condiciones de estas. La resistencia es superior a la corrosión particularmente en las áreas de contacto y en los recipientes de refinación del acero, En algunos casos como los antioxidantes con el aluminio y

las aleaciones de Al y Mg se adicionan para incrementar la resistencia a la oxidación y a la resistencia al calor. El DBM + la alúmina fusionada o tabular → los moldes de magnesita (las de la estructura durante el servicio para proporcionar la estabilidad del volumen, redujo la penetración de la escoria, el astillado estructural (formas refractarias premoldeadas como los recorderos).

Ladrillos de magnesita y cromo

Ladrillo refractario de magnesita y cromo (70% de cromita) cromo magnesiano (cromita del 30 al 40%), cromo magnesiano cosinterizado a partir de la magnesita reactiva preformada + mineral fino de cromita en un horno rotatorio, cromo de magnesita fusionada, magnesita electro fusionada y la cromita que desarrolla una magnesita densa, enriquecida relativamente homogénea, la espinela de cuarzo (cemento, vidrio, hierro y acero, metales no ferrosos, generación de energía). Similarmente, en el cromito de magnesita en sus formas refractarias (clasificado por etapas en un rango de 20 – 70% de Cr_2O_3), cromita (30% Cr_2O_3) y cromopicotita (>75% Cr_2O_3) y los ladrillos que pueden ser químicamente o directamente unidos. Estos ladrillos refractarios de magnesita y cromo tienen una resistencia superior a la escoria, resistencia para descostrar y alta resistencia requerida en los recipientes de desgasificación y ollas de refinación (hornos de acero, hornos de cobre y convertidores).

Como desgrasantes

En la preparación de pastas para cerámica se puede emplear la magnesita calcinada, la bauxita y la alúmina calcinada.

Wollastonita

La wollastonita es un silicato de calcio (Ca SiO_3) que cristaliza en el sistema triclínico. El mineral puro de wollastonita contiene un 48.3% de CaO y 51.7% de SiO_2 . Su dureza alcanza un rango de 5.0 a 5.5 y su Peso Especifico es de 2.8 a 3.0 La humedad es de un 4% como máximo. El mineral tiene color blanco, pero con frecuencia presenta tonalidades grises y pardas debido a impurezas. Un parámetro importante en la wollastonita es su acicularidad es decir la relación entre el largo y el ancho la cual puede obtener altos valores en mineral de calidad como 15 : 1; 20 : 1 y hasta más, las de baja relación llegan a 3 : 1 y 5 : 1, y se utilizan como aditivos o rellenos en la elaboración de pinturas y plásticos, las de alto radio son buenas para usos especializados como agentes de reforzamientos en termoplásticos y compuestos polímeros.

Los productos finales para su empleo en la construcción son los siguientes:

1. Cerámica para este uso la wollastonita debe ser de gran pureza con una composición de $\text{SiO}_2 > 49\%$; $\text{CaO} > 44\%$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 < 0.5\%$; PPI $< 4\%$. Con niveles de blancura $> 85\%$; granulometría $< 44\mu$. Esta materia prima se aplica en grandes cantidades en las superficies interiores de los tradicionales objetos de cerámica blanca, donde el mineral utilizado en una proporción de 10 – 40 %. Se usa también en muebles sanitarios, así como en cerámica de arte y cerámica técnica.
2. Industria del plástico y la goma. Estas industrias experimentan el mayor nivel de crecimiento en el uso de la wollastonita en la actualidad. Se utiliza como reforzamiento del material por sus cristales aciculares, su baja absorción hídrica, estabilidad térmica y conductividad. También se confeccionan puertas y ventanas plásticas, todo tipo de tuberías, etc.
3. Industria de la pintura. Una pulpa de wollastonita con un PH de 9.9 es muy ventajosa en la preparación de pinturas de polivinil acetato, pues combate la corrosión.

4. **Sustituto de asbesto.** Los materiales de aislamiento no refractarios de alta temperatura que contienen wollastonita, pueden resistir hasta 760°C. La wollastonita se abre paso como sustituto de este mineral y se utiliza en tableros y paneles resistentes al fuego para cubrir paredes y en productos de fricción que antes utilizaban el asbesto. Otra aplicación consiste en el revestimiento de exteriores e interiores de puertas y paneles, tejas de techo, así como bloques y tableros de aislamiento para alta temperatura. La acicularidad del yacimiento Arimao no permite la utilización de esta materia prima como sustituto del asbesto, pero no se puede descartar la posibilidad del descubrimiento de otros yacimientos que cumplan los parámetros requeridos.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos hasta el momento en la única manifestación en Cuba, Wollastonita Arimao en la provincia de Cienfuegos, se puede utilizar en la producción de azulejos, productos cerámicos coloreados, en muebles sanitarios ya que se logra en el concentrado contenidos de hierro entre 1.5 y 2.5%.

El MICONS. está interesado en probar a nivel de laboratorio, la wollastonita como posible potencial para la sustitución en la pasta, esmaltes y engobe.

El granate acompañante de la wollastonita en el yacimiento Arimao, también pudiera utilizarse en el proceso de limpieza de hormigones con el equipo de hidroarenado y también como sandblasting en otras funciones, como la limpieza de edificaciones enchapados con piedra de Jamanita, los cuales abundan en nuestra ciudad.

DISCUSIÓN

En el trabajo se discute de cada materia prima las ventajas y desventajas, basándonos en las nuevas producciones que se pudieran alcanzar, así como sus usos en la construcción. La cercanía a las actuales fábricas y, a grandes rasgos, el beneficio económico de su explotación.

CONCLUSIONES

1. Existen en el país muchas materias primas no tradicionales que se pueden usar en el desarrollo de la Industria de Materiales de Construcción.
2. Se debe intentar la producción de otros tipos de cementos como los que hemos descritos, pues las construcciones cerca del mar tienen cada año un mayor desarrollo.
3. Actualmente muchos componentes utilizados en la construcción, se fabrican con materiales alternativos, como la marquería de aluminio, puertas y ventanas plásticas, distintos tipos de pinturas y otros.
4. Prestar atención preferencial a la Industria del Cemento por su prioridad y mercado seguro.
5. Existencia en Cuba de áreas en perspectiva de materias primas minerales que pueden sustituir a las importadas.
6. Se deben realizar prospecciones en determinadas áreas donde existan las condiciones favorables, con el fin de acercar la extracción a las fábricas.

RECOMENDACIONES

1. Seguir investigando materiales alternativos para la construcción de viviendas y obras importantes de la Batalla de Ideas.
2. No limitarnos al uso de una determinada materia prima (resistencia al cambio), pues muchas de ellas pueden ser sustituidas por otras nacionales y más cercanas a los centros de elaboración.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Batista R. González V, et. al. Sistema informativo para los recursos minerales de Cuba INFOYAC, IGP. Ciudad de La Habana, 2009
- Betejtin A, Curso de Mineralogía, Editorial Paz, Moscú. 1979
- Castañeda, Abel. 15 Congreso Internacional CNIC 2010
- González Acosta, Virginia. González E, M. et.al. Evaluación de la demanda del mercado de las materias primas en la República de Cuba. Informe Final del tema 237, IGP, 2004.
- Harben, Meter W. The Industrial Mineral Handy Book. 3rd Edition. 1999.
- Hernández N., Martínez A, et. al. Estudio preliminar de 3 muestras superficiales de yacimiento Magnesita Redención, Camaguey. ONRM, Inv. 3250. 1980
- Huang Walter T. Petrología. Edición Revolucionaria, Instituto Cubano del Libro, La Habana 1972.
- Lorenz W. y Gwasdz Werner. Manual para la evaluación geológica – Técnica de recursos minerales de construcción. 2004
- Martínez J., Pantaleón G. et. al. Reevaluación de las materias primas no metálicas para la diversificación de la producción nacional. IGP, 1998.
- Mikita G., Hrinko V., Sánchez. Exploración orientativa y detallada del cuerpo superficial del Yacimiento Magnesita Redención. ONRM. Inv. 3004.
- Nápoles M., Morell R. et. al. Exploración orientativa y detallada de sedimentos magnesiales: en el flanco Sureste de la cantera y sectores del cuerpo superficial del Yacimiento Redención. ONRM, Inv. 4396.
- Orus Asso. Materiales de Construcción. Séptima Edición. Instituto cubano del libro. 1972.
- Pazlar C. y Lañar M. Informe sobre la exploración detallada de Yacimiento Dolomita, Remedios. ONRM Inv. 1284.
- Pérez O., Pérez J. L., et. al. Informe prospección de wollastonita Arimao Norte. ONRM Inv 4195
- Rivas, S. Minerales No Metálicos, Rocas Industriales y Gemas de Bolivia. Santa Cruz de la Sierra. Bolivia. 2002.
- Rodríguez R., Prieto R. et. al. Informe exploración detallada de wollastonita Arimao Norte. ONRM Inv. 2006.
- Sánchez j., Moskalenko K., et. al. Informe sobre la búsqueda orientativa de bauxitas en las provincias Camaguey y Ciego de Avila. ONRM, Inv. 3637.
- Segura R. Introducción a la Petrografía. Ediciones Urmo, Madrid España 1973.
- Serelov K. K. Estructura y propiedades de los Refractarios. Editorial Mir, Moscú. 1975.
- Sin Autores. Bauxita, características generales, reservas, etc. Alúmina. Usos y formación de Metales especiales, para producir bauxita de baja ley, etc. ONRM. Inv. 2997. 1977
- Zoltan Barkac y Jindrich J., et. al. Informe Dolomita Remedios. Materia prima par vidrio, refractario, fertilizante y piedra triturada. ONRM Inv. 2832