

Caracterización de las arcillas del depósito La Manteca para la producción de ladrillos cerámicos

Marcos J. Pereira Báez

mpbaez@geologia.ismm.edu.cu

Luis Alberto Pérez García

lapgarcia@ismm.edu.cu

Livan García Obregón

Harol A. González Jiménez

Georvis R. Cuza Fernández

Aroldo Ramírez Tamayo

Alfredo Hidalgo Suárez

Carlos Herrera Sánchez

Universidad de Moa

Resumen: Se evaluaron las características químicas y mineralógicas de las arcillas del depósito arcilloso La Manteca para la producción de elementos cerámicos, principalmente ladrillos. Se realizaron técnicas de campo para establecer la plasticidad y solubilidad del material. Se utilizó la técnica de difracción de Rayos-X para la determinación mineralógica y la técnica de absorción atómica para los contenidos química. Estableciéndose que la composición global no tiene influencias negativas a la hora de la cocción de los ladrillos ni en su uso como materia prima para otros elementos cerámicos, si bien se debe prestar atención a los contenidos de carbonato y azufre, así como a la presencia de materia orgánica. La caracterización de arcillas, según el estudio de sus propiedades químicas y mineralógicas, abre paso a la posibilidad de producir en el territorio componentes cerámicos, como son ladrillos, tejas, celosías, tubos de desagüe, elementos para cubiertas abovedadas, como elementos requeridos en la construcción de nuevas viviendas y la reparación de las ya existentes.

Palabras clave: Materiales de construcción; Rayos-X; industria cerámica.

Characterization of the clays from the La Manteca deposit for the production of ceramic bricks

Abstract: The chemical and mineralogical characteristics of the clays from the La Manteca clay deposit were evaluated for the production of ceramic elements, mainly bricks. Field techniques were carried out to establish the plasticity and solubility of the material. The X-ray diffraction technique was used for the mineralogical determination and the atomic absorption technique for the chemical content. Establishing that the global composition does not have negative influences when the bricks are fired or in their use as raw material for other ceramic elements, although attention must be paid to the carbonate and sulfur contents, as well as the presence of organic material. The location of clays suitable for the production of ceramic elements, according to the study of their chemical and mineralogical properties, offers the possibility of producing in the territory all the components of this material: bricks, tiles, lattices, drain pipes, elements for roofs vaulted, elements required in the construction of new houses in the municipality and in the repair of the existing housing stock.

Key words: Construction materials; X-rays; ceramic industry.

Introducción

En Cuba la existencia de un elevado deterioro habitacional y la necesidad de nuevas viviendas y edificaciones ha hecho necesario la búsqueda de nuevas alternativas para la producción de materiales de construcción que, de forma viable, sustentable y capaz de desarrollarse en el menor tiempo posible, sea una solución económica a la industria cubana de la cerámica.

Las arcillas constituyen la principal materia prima para la fabricación de cerámicos de construcción. Estas aparecen en todo tipo de formación rocosa, desde la más antigua a la más reciente, y en formaciones ígneas y sedimentarias; como consecuencia de ello, sus características físicas, químicas y mineralógicas varían ampliamente, incluso entre las capas de un mismo depósito arcilloso. Por tanto, en cualquier industria cerámica la calidad de las producciones finales está determinada por la caracterización y las propiedades de las materias primas, en este caso las arcillas (Ricardo, 2008; Hidalgo, 2013; Alvarez, 2013; Báez, 2018; Téllez, 2019).

El ladrillo tiene una gran importancia por su uso en la construcción siendo un material indispensable en dicha industria. Muchas de las construcciones de albañilería que se realizan hoy en día lo tienen como componente básico y su utilización no se reduce a cerramientos, sino que posee una función estructural en dependencia de las propiedades y características que presente y el grado de cumplimiento de los requisitos normados para este producto. Debido a la alta demanda de este material en la sociedad cubana, existe una red de productores privados que producen ladrillos en pequeños talleres y de manera artesanal, con hornos sumamente ineficientes consumiendo toneladas de leña anualmente. La eficiencia de estos hornos se podría mejorar, así como la disminución del consumo de leña en cada una de estas pequeñas fábricas, si estos productores tuvieran a mano la alternativa de usar las características de estas arcillas a favor de la producción (Reyes, 2012; Barranzuela, 2014; San José, 2015).

El depósito arcilloso La Manteca corresponde a una corteza de meteorización de poca potencia. Este ha sido objeto de explotaciones artesanales para la producción de ladrillos basado en un conocimiento netamente empírico, y a su vez en observaciones de prueba y error. A raíz de un interés gubernamental surgió la posibilidad de incluir el depósito dentro del plan de desarrollo integral del municipio, por lo que se impone la tarea de

caracterizar las arcillas principalmente para la producción de ladrillos imponiéndose como objetivo fundamental la caracterización química y mineralógica de las arcillas.

Materiales y métodos

Ubicación del área de estudio

El depósito arcilloso La Manteca se encuentra ubicado en el municipio Calixto García en la provincia Holguín, situado al Sur-Oeste de ésta, en los 20° 51' latitud Norte y los 76° 05' longitud Oeste, limita al Norte con el municipio de Gibara y la provincia de Las Tunas, al Este con los municipios de Holguín y Cacocum, al Sur con la provincia de Granma y al Oeste con la provincia de Las Tunas.

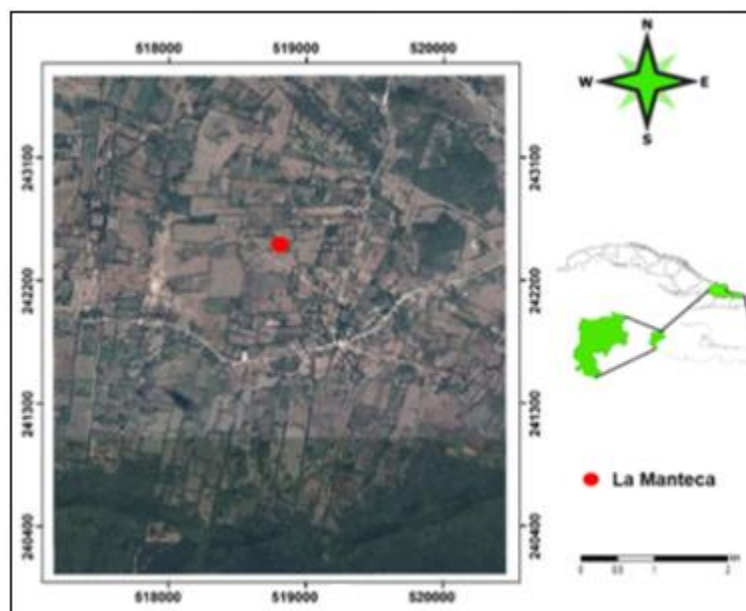


Figura 1. Esquema de ubicación del área de estudio.

Geología del área de estudio

La geología del área de estudio está representada por una combinación de formaciones sedimentarias de muy variado origen geológico, constituido por las formaciones Caobilla, Pedernales, Camazán y un complejo granodiorítico que es donde se desarrollan las arcillas en forma de una corteza de meteorización. La información de la composición geológica fue tomada del Léxico Estratigráfico de la República de Cuba en su versión del 2013 (IGP, 2013).

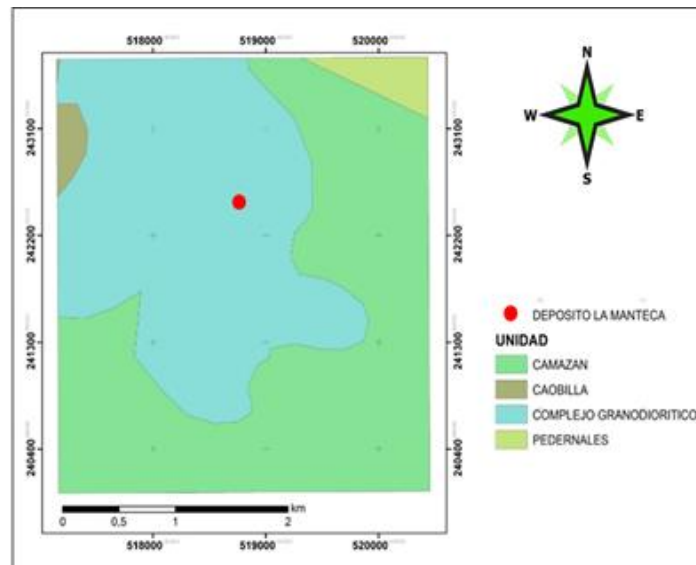


Figura 2. Esquema geológico del área de estudio.

Formación Caobilla

Secuencia vulcanógena donde predominan las variedades ácidas (dacitas, riolitas y riodacitas) calcoalcalinas, con cierta tendencia a la alcalinidad sódica. Ocasionalmente entre las dacitas se encuentran traquidacitas. Las variedades medias incluyen andesitas de amplia difusión lateral y vertical, pero son poco significativas con respecto al volumen de la unidad. Además, el corte presenta tobas aglomeráticas de composición andesito-dacítica y calizas de granos de talla media.

Edad: Cretácico Superior (Coniciano-Campaniano Inferior).

Ambiente de sedimentación. Es producto de un vulcanismo subáereo y de sedimentación marina. Se depositó en las condiciones de un archipiélago insular con muchos islotes volcánicos en una zona de aguas marinas someras y lacustres, con un relieve irregular del fondo.

Formación Camazán

Litología: Calizas coralino-algáceas (biolititas), calizas biodetríticas, a veces arcillosas, formando capas de 15 a 30 cm de espesor, con macro foraminíferos apreciables a simple vista; calcarenitas, calciruditas, limolitas calcáreas, con intercalaciones de margas y arcillas, ocasionalmente yesíferas. Coloración variable, amarillo, crema, marrón y gris.

Edad: Oligoceno Superior-Mioceno Inferior.

Ambiente de sedimentación: Se depositó en parte en la zona sublitoral, con facies arrecifales y retro arrecifales y, parcialmente, en un ambiente con circulación restringida.

Formación Pedernales

Litología: Conglomerado polimíctico, débilmente cementado constituido principalmente por clastos de diabasas, gabros y ultramafitas, moderadamente redondeados y seleccionados, con un tamaño frecuente de 4-7 cm. Son masivos o con estratificación lenticular, ocasionalmente cruzada. En algunos cortes, la matriz contiene grandes Lepidocyclinas. La coloración es oscura, abigarrada.

Edad: Oligoceno Superior-Mioceno Inferior.

Ambiente de sedimentación: Sedimentos aluviales depositados en un fondo marino somero y parte de ellos en la desembocadura de un río. Constituyen depósitos estuarinos o deltaicos.

Complejo granodiorítico

La granodiorita del complejo es una roca ígnea plutónica con textura fanerítica parecida al granito. Está principalmente constituida por cuarzo (>20 %) y feldespatos, pero contrariamente al granito, contiene más plagioclasas que ortosa. Los minerales secundarios son la biotita, el anfíbol y el piroxeno. El depósito de arcillas La Manteca es una corteza de meteorización asociado a un intrusivo de esta naturaleza.

Trabajos de campo

Durante la etapa de campo se pudo observar en la parte superior del corte una capa de 20-25 cm de materia orgánica con restos de raíces. Por debajo se encuentra una capa de arcilla (70-85) con contenidos apreciables de arena y coloración rojo parduzca, estas arcillas al realizárseles el test de ácido clorhídrico reaccionaron moderadamente evidenciando la presencia de carbonato de calcio, cosa que quedó comprobada al encontrar en otras zonas del depósito masas nodulares de CaCO_3 , así como drusas de calcita bien cristalizada. Yaciendo por debajo se encuentra la granodiorita alterada y saprolitizada de unos 20 cm de potencia.

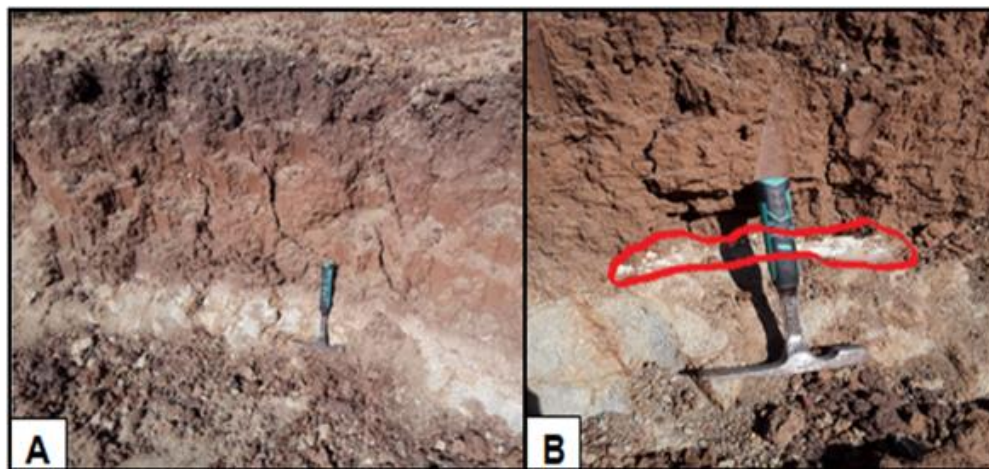


Figura 3. Afloramiento de arcillas en el depósito La Manteca A) diferentes horizontes que componen el corte, B) detalle de mineralizaciones de carbonato de calcio.

Laboratorio

Para determinar la plasticidad de estas arcillas se procedió a humedecerlas e intentar amasarlas y así ver que tan moldeables eran, estas resultaron ser muy duras, muy resistentes a la deformación, característica dada quizá por los altos contenidos de arena, permitiendo diagnosticarlas como arcillas de baja plasticidad. Esta clasificación primaria, debe aclararse, es aún muy subjetiva, por lo que el futuro deberá profundizarse con métodos más completos para evaluar plasticidad. En el caso de la solubilidad de la arcilla se pudo demostrar también por técnicas sencillas introduciendo 10 g de material en un matraz de 250 ml y tomando como tiempo de muestra 5 min para su total disolución en el matraz.

Los análisis químicos se realizaron por Absorción Atómica, en los Laboratorios de Investigaciones del Níquel CEDINIQ, según los procedimientos UPL-PT-A-26, UPL-PT-A-07, UPL-PT-G-09 y UPL-PT-G-25.

El análisis mineralógico se realizó por el método de Difracción de Rayos-X (DRX) en el Centro de Investigación del Níquel (CEDINIQ). Las mediciones se realizaron con un Difractómetro X'Pert³ Powder de Panalytical con radiación de cobre Cu, paso angular desde 5 θ a 60 θ , tiempo de paso angular de 60 segundos, rejilla de divergencia de 0,5 y sin filtro de níquel Ni. Para la preparación de las muestras para este análisis fue la molienda en húmedo. Para la interpretación de los resultados se utilizó el Manual de Difracción de Rayos X del USGS según Poppe *et al.* (2001).

Análisis y discusión de los resultados

El presente trabajo parte de establecer las exigencias mínimas que debe reunir una arcilla para utilizarse para la fabricación de ladrillos.

Entre las principales materias primas que se utilizan para la elaboración de los ladrillos cerámicos de arcilla se encuentran:

- Materiales plásticos (distintos tipos de arcillas)
- Materiales no plásticos (desgrasantes como las arenas, que reducen la excesiva plasticidad de algunas arcillas)
- Material fundente (reduce la temperatura de cocción ya que decrecen el punto de fusión del material)
- Se añadirá agua para obtener plasticidad y fluidez.

La experiencia demuestra que los mejores ladrillos se fabrican de la arcilla que contiene asociada la cal, el óxido de hierro y la arena (San José, 2015); estas tres sustancias, cuando no son excesivas, provocan durante la cocción una vitrificación haciendo los ladrillos más duros y resistentes. La arena, que es el material desengrasante para la mezcla de arcilla por excelencia, debe ser silícea y de grano fino. Los elementos magros o desgrasantes son los materiales encargados de disminuir la plasticidad de las arcillas y su retracción al secado, y evitan retracciones muy bruscas de la masa que conducen al agrietamiento. Otras de sus funciones, además de reducir su excesiva plasticidad y de facilitar el secado, son aumentar la porosidad e incrementar la resistencia de las piezas. Los desgrasantes son materiales que no intervienen o intervienen parcialmente en las reacciones químicas que tienen lugar en los materiales arcillosos durante la cocción.

Los materiales fundentes, dentro de las pastas cerámicas, son componentes de bajo punto de fusión, que se combinan con los compuestos aluminosilíceos y reducen la temperatura de fusión de la masa arcillosa; son sustancias que funden y hacen que fundan otros componentes. En otras palabras, son los encargados de bajar la temperatura de sinterización y hacen que la pasta cerámica densifique más rápidamente.

Existe una gran variedad de fundentes siendo los más utilizados: los feldespatos, los silicatos, los carbonatos de calcio y magnesio, los vidrios pulverizados, tobas vítreas.

Estos pueden ser usados como minerales presentes en la composición mineralógica de las mismas, durante el proceso de elaboración de las mezclas.

Influencia de la composición química de una arcilla para producir ladrillo

Se analizó la influencia de la composición química de la arcilla según Báez (2018)

- Contenido de álcalis y ácidos, menor del 0,2 %. Puede causar eflorescencia por un porcentaje menor o mayor.
- Sustancias solubles (sales: sulfato sódico, sulfato de magnesio), deben ser menor al 0,04 %.
- Pirita (sulfuros de hierro), su exceso puede producir una deposición sulfúrica en el momento de la cocción, ocasionando coloraciones indeseables y cuarteadoras sobre el material.

Resultados de los análisis de plasticidad-solubilidad.

La técnica utilizada para determinar plasticidad es un sencillo ensayo de campo que permitió demostrar que las arcillas son poco plásticas, esto provocado de manera general por el contenido de arena y por el bajo contenido de minerales arcillosos. Esto no entra en contradicción con lo investigado, sin embargo, denota que no son las mejores arcillas para fines cerámicos. La solubilidad de la arcilla es alta puesto, que en el ensayo realizado solo demoró unos tres minutos en solubilizarse dejando a la vista impurezas en el matraz y una evidente heterogeneidad en la solución.

Resultados de la caracterización química y mineralógica

El análisis de la Difracción de Rayos-X permitió identificar la presencia de cuarzo, montmorillonita, anortita, diópsido y cordierita.

El resultado del análisis químico presentó altos valores de sílice, aluminio, hierro y calcio, y bajas concentraciones de azufre, sodio y potasio.

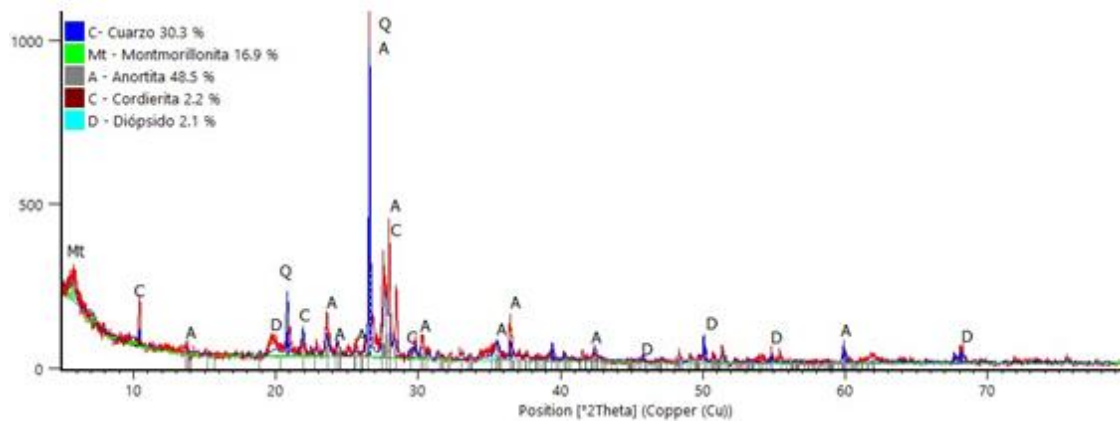


Figura 4. Difractograma de arcillas con estimación Rietveld.

Tabla 1. Resultados de la composición química

Código	Mg	Mn	Na	K	Fe	Si	Al	Ca	Ti	S	SO ₄
MT	0,57	0,05	0,12	0,14	3,7	17,31	7,92	3,09	0,109	0,691	0,173

La presencia de montmorillonita está relacionada con la meteorización de la roca madre y es responsable en gran medida de la plasticidad de las muestras, lo que, a la hora del uso de este material en la producción de ladrillos es muy beneficioso. La cordierita está asociada típicamente a procesos metamórficos lo que resulta novedoso en la caracterización mineralógica, donde probablemente su presencia está relacionada al proceso de emplazamiento del intrusivo.

Los altos valores de sílice están dados por la presencia de cuarzo. Los contenidos de calcio permiten identificar la presencia de anortita representando los feldespatos y el dióxido como mineral secundario en una roca madre tipo granodiorítico. A los efectos de la calcinación en los rangos analizados, se debe decir que estos feldespatos, al igual que el cuarzo tienen comportamientos poco activos durante el proceso de calcinación. En el caso de la presencia de cuarzo para la producción de ladrillos es muy beneficiosa ya que actúa como un desgrasante en la arcilla y la presencia de feldespatos como material fundente.

Otro aspecto a tener en cuenta es el bajo contenido de azufre, y la pequeña parte de él que se encuentra en forma de sulfato. Esto induce a pensar en formas libres de azufre o en la presencia de sulfuros en pequeña cuantía que no son visibles a los DRX. En todo

caso, durante el proceso de calcinación los compuestos de azufre se comportan como volátiles y pueden afectar en la cocción de los ladrillos.

Las piritas de hierro no aparecen extremadamente puras en las arcillas; por el contrario, a veces están completamente oxidadas. La arcilla que posea piritas es porosa bajo la influencia del calor. Sometida a la acción de una llama reductora, la pirita se transforma en sulfuro de hierro fácilmente reducible a polvo, lo cual puede producir hendiduras. Bajo fuego oxidante aparece la producción de óxido de hierro y compuestos oxigenados de azufre. Estas combinaciones sulfurosas pueden originar graves inconvenientes en la cocción de los ladrillos, puesto que éstos son alterados fácilmente por esa causa. Las piezas elaboradas conteniendo sulfuro de hierro se mantienen húmedas durante un tiempo bastante largo y cada grano de sulfuro, al oxidarse, conduce indefectiblemente a una destrucción de la homogeneidad de la región arcillosa que lo envuelve, y esta falta de homogeneidad provoca una rotura.

El sulfato de calcio, que puede ser anhidro (anhidrita) o hidratado (distintas variedades de yeso), y en el caso de que la arcilla esté débilmente cocida, se deshidrata sencillamente y se vuelve a hidratar bajo la influencia del aire húmedo, taladrando la masa con una multitud de canales capilares que la convierten en una materia heladiza y, paralelamente, disminuyen su solidez.

Los contenidos de hierro permiten establecer la presencia de una corteza de meteorización joven, dónde las condiciones secas del área y los bajos niveles de minerales ferromagnesianos desfavorecen los procesos de oxidación.

Hay que hacer notar, que no se logró identificar la fase carbonatada, responsable de la reacción química efervescente al ácido. Esto se puede deber a que su concentración es baja y por lo tanto indetectable a los DRX. Aun así, se debe tener en cuenta que existe una fase carbonatada que puede comportarse como nociva al proceso de calcinación. Este carbonato se presenta a veces en trozos compactos y más a menudo, está íntimamente mezclado a la arcilla y únicamente por medio de un ensayo químico puede apreciarse su presencia. Lo anterior indica, que la fase carbonatada, no está mezclada con las fases arcillosas, y que las acumulaciones de carbonato vistas durante los trabajos de campo pudieran estar relacionadas con procesos de redeposición. Una gran cantidad de carbonato cálcico es perjudicial en la arcilla, puesto que el producto se agrieta y

pierde cohesión, aunque esto último también depende de la granulometría del carbonato y de su porcentaje en la mezcla.

Finalmente, en los ladrillos en estado de secado hay apreciables cantidades de materia orgánica en forma de raíces de plantas y material orgánico meteorizado (Figura 5). El carbono es una impureza común en las arcillas y se presenta en forma de raíces, de vetas de turba o en capas delgadas, como en el caso del carbón o disperso en partículas muy finas como en los esquistos carbonosos y bituminosos. Su presencia es útil cuando sirve de combustible o muy perjudicial sobre todo cuando hay variación de calidad y cantidad. En este último caso, es necesario alargar la duración de la cochura o bien oxidar completamente el carbono. De lo contrario, habrá que resignarse a obtener un producto ennegrecido por dentro o incluso "hinchado".



Figura 5. Pequeña producción de ladrillos cerámicos a partir de las arcillas de Las Matenca.

Consideraciones económico sociales sobre la producción de ladrillos a partir del depósito La Manteca

Las arcillas Las Manteca se insertan dentro de un proyecto de desarrollo local en el que involucran los miembros de una comunidad con una experiencia empírica en la producción de ladrillos. Se obtuvo el consenso con la asamblea de la cooperativa de producción agropecuaria (CPA) José Raúl Pérez Méndez y demás actores de la localidad de La Manteca para realizar una intervención comunitaria orientada al uso racional de los recursos mineros y de los recursos forestales. desde la óptica de lo establecido por las regulaciones del CITMA y la Ley de Minas No 76 (1994) para formalizar la actividad ladrillera. Se propone instalar una línea tecnológica modelo BERTAN para la producción

de ladrillos de barro con una capacidad de 5 a 10 T/h, racionalizando la explotación de los recursos mineros. Se propone construir dos hornos con cámara de tiro invertido y ventilación forzada obteniendo un mejor aprovechamiento de la temperatura y disminución de gases contaminantes emitidos a la atmósfera.

Lo anterior permite un aprovechamiento de los suelos que abarca la concesión minera, devolviendo sus capacidades agrológicas para la producción de alimento, pastos y bosques energéticos, a la par que se disminuye la utilización de combustibles fósiles a partir de la explotación de las energías renovables.

En la búsqueda de la eficiencia tecnológica y la factibilidad económico ambiental se proponen las siguientes medidas.

- Adquisición de las maquinaria (Extrusora al vacío modelo EBE 275, bomba de vacío modelo BB 9. y cortadora automática modelo CB 400) y los accesorios del horno de tiro invertido.
- Construir una nave techada de 160 m² para la ubicación y protección de las máquinas.
- Diversificar las producciones de ladrillos en diferentes formatos, con mejor calidad y más competitivos.
- Creación de 14 capacidades de empleo en el sector ladrillero en la localidad de La Manteca.
- Construir dos hornos de cámara de tiro invertido con ventilación forzada.
- Disminuir en un 20 % el consumo de madera (leña) como principal portador energético en la producción de ladrillos.
- Disminuir las cargas contaminantes a la atmosfera en la zona de influencia del horno de tiro invertido construido.
- Rehabilitación de 6 ha de suelo degradados, del patrimonio de la CPA José R. Pérez Méndez.
- Instalación de una batería de paneles solares para la utilización de la energía eléctrica en el horno de tiro invertido, generando una disminución de 100 watt/mes.

Estas producciones responderán a las necesidades comerciales dentro y fuera del municipio, considerando una cifra aproximada a las 600 000 unidades anuales, garantizando un abastecimiento estable en la tienda local de materiales y como insumo en los organismos constructores del municipio.

Se abre la posibilidad de satisfacer las necesidades del programa de construcción y reparación de viviendas vía estatal, como por el esfuerzo propio del municipio. Además, estos productos llegan en un momento especial, pues se convierten en sustitutos de productos del balance nacional brindando la posibilidad de la sustitución de las cubiertas de viguetas y plaquetas o de losas de hormigón por cubiertas de bóvedas que han demostrado una mejor durabilidad y su resistencia ante fenómenos meteorológicos.

El proyecto concibe en su gestión la preparación del personal que operaría la técnica, a partir de la impartición de talleres teórico prácticos, no solo dirigido a la capacitación sino al desarrollo de buenas prácticas constructivas. Un primer paso para lograr este objetivo específico fue la impartición de una primera conferencia magistral por parte de profesores del Departamento de Geología de la Universidad de Moa, que evidenció las potencialidades del municipio en cuanto a materiales de la construcción.

Conclusiones

La caracterización químico-mineralógica de las arcillas del depósito La Manteca, permitió establecer la presencia de montmorillonita como fase arcillosa predominante, anortita, dióxido, cuarzo y cordierita como minerales acompañantes, estableciéndose que la composición global no tiene influencias negativas a la hora de la cocción de los ladrillos ni en su uso como materia prima para otros elementos cerámicos, si bien se debe prestar atención a los contenidos de carbonato y azufre, así como a la presencia de materia orgánica.

La caracterización de arcillas, según el estudio de sus propiedades químicas y mineralógicas, abre paso a la posibilidad de producir en el territorio componentes cerámicos, como son ladrillos, tejas, celosías, tubos de desagüe, elementos para cubiertas abovedadas, como elementos requeridos en la construcción de nuevas viviendas y la reparación de las ya existentes.

Recomendaciones

La caracterización de estas arcillas constituye un primer paso en el desarrollo de la industria cerámica en el área de estudio. Sin embargo, los métodos descritos en la presente investigación no ofrecen una panorámica total de las potencialidades, por lo que en el futuro se debe profundizar en métodos clásicos para la caracterización de

arcillas para cerámica como pudieran ser botón fundido, índice de retracción, absorción de agua, etc.

Referencias bibliográficas

- ALVAREZ, A. 2013. *Activación Térmica de Arcillas de la Región de Cayo Guam para su Aprovechamiento como Material Puzolánico A*. Trabajo de diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico, Moa.
- BÁEZ, M. 2018. *Evaluación de las arcillas de un nuevo sector en Centeno, para su utilización en la Cerámica roja del municipio de Moa*. Trabajo de diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico, Moa.
- BARRANZUELA, J. 2014. *Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la region piura*. Trabajo de diploma. Universidad de Piura, Perú
- HIDALGO, Y. 2013. *Evaluación de mezclas de arcillas de la región de Granma con adición de tobas vítreas para su utilización en la Industria de Materiales de la Construcción*. Trabajo de diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico, Moa.
- IGP. 2013. *Léxico Estratigráfico de Cuba*. En: SERVICIO GEOLÓGICO DE CUBA (ed.) [en línea]. Tercera Ed. Servicio Geológico de Cuba, La Habana. Disponible en: <http://www.igp.minem.cu>.
- POPPE, L. J., PASKEVICH, V. F., HATHAWAY, J. C. Y BLACKWOOD, D. S. 2001. *A Laboratory Manual for X-Ray Powder Diffraction: Kaolinite Group*. Woods Hole:
- REYES, D. 2012. *Anteproyecto de un Horno Vertical Continuo en condiciones alternativas*. S.l.: Universidad Central Martha Abreu de las Villas.
- RICARDO, R. 2008. *Estudio de proceso productivo del combinado de cerámica roja en Manicaragua*. Trabajo de diploma. Universidad Central ‘ ‘Martha Abreu’ ’ de las Villas.
- SAN JOSÉ, R. A. 2015. *Diagnóstico de los ladrillos cerámicos producidos en las ladrilleras artesanales del consejo popular Alcides Pinos*. Trabajo de diploma. Universidad de Holguín.
- TÉLLEZ, D. 2019. *Evaluación de mezclas de arcilla de la zona de Cayo Guam para su utilización en la industria de la cerámica roja*. Trabajo de diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico, Moa.