



Evaluación de mezclas de arcillas con adición de tobas vítreas para la fabricación de ladrillos cerámicos en Bayamo*

Adrián Díaz Álvarez

Carrera: Ingeniería geológica

Instituto Superior Minero Metalúrgico (Cuba).

Resumen: Se realizó el estudio de una mezcla compuesta por arcilla y tobas vítreas para la producción de ladrillos, en La Cañada; provincia Granma, para su posible utilización en la Industria de Materiales de la Construcción, utilizando esta como aditivo para los ladrillos de barro; a partir de sus propiedades físico-mecánicas. Para ello se caracterizaron los materiales de acuerdo a su composición química y sus propiedades físicas. Se elaboraron 36 probetas de las cuales se hicieron 9 con un contenido de arcilla solamente y las restantes con 10, 15 y 20 % de aditivo tobas vítreas respectivamente, las cuales se sometieron a ensayos de contracción natural, peso, absorción de agua y resistencia a la compresión mecánica para determinar el comportamiento físico mecánico en cada una de las probetas durante todo el paquete tecnológico. Se comprueba que la más eficiente es la muestra a la que se le añadió un 10% de aditivo, porque absorbe mayor cantidad de agua y es más resistente a la compresión, por lo tanto el ladrillo presenta una vida útil más larga.

Palabras clave: Arcilla; tobas vítreas; material de construcción; ladrillos cerámicos.

* Trabajo tutorado por el Dr. Carlos Alberto Leyva Rodríguez y el Ing. Danicer Sánchez González.
Recibido: 20 septiembre 2014 / Aceptado: 25 enero 2015.

Assessment of clay mixtures with vitreal tuff addition for the ceramic brick fabrication in Bayamo

Abstract: A mixture composed by clay and vitreal tuff was analyzed for the brick fabrication in La Cañada in the province of Granma for its potential utilization in the Materials of Construction Industry. This mixture will be used as additive for mud bricks based on the physical and mechanical properties. For that purpose, the materials were analyzed according to their chemical composition and physical properties. 36 tubes were prepared, of which, 9 samples containing clay alone. The remaining samples had 10, 15 and 20% of vitreal tuff additive, respectively. These were subjected to natural contraction trials, weight, water absorption and resistance to mechanical compression to determine the mechanical physical behavior in each one of the tubes during the whole technological package. The results revealed that the sample with 10% additive was the most efficient one because it absorbs more water and it is more resistant to compression than the rest. Therefore, this makes the useful life of the brick longer.

Key words: Clay; vitreal tuff; material of construction; ceramic bricks.

Introducción

La industria de materiales de la construcción surgió fundamentalmente para satisfacer las necesidades habitacionales de una sociedad cada vez más creciente, teniendo como pilar fundamental los ladrillos de barro los cuales han acompañado al hombre desde los primeros albores de su desarrollo, tanto en la elaboración de sus casas como en la confección de objetos para guardar los alimentos.

Como consecuencia de la adaptación del hombre al medio que lo rodea surge el propio ladrillo, pues como era lógico suponer en aquellos países o regiones que no abundaban las rocas consolidadas y sí las arcillas, se construía con esta última. Las arcillas constituyen la principal materia prima en la fabricación de elementos cerámicos para la construcción. 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 (arcillas).

En la industria de cerámica roja se encuentran como principales productos la confección de ladrillos, tejas francesas incluyendo criollas, losas, tubos, conexiones de drenaje, figuras decorativas y útiles del hogar.

Cuba presenta un desarrollo apreciable en la industria de materiales de la construcción y fundamentalmente en la industria de la cerámica donde su principal materia prima son las arcillas, tanto las denominadas blancas como las rojas. La recapitalización de la industria de materiales para la construcción se vio frenada por la falta de presupuestos y la carencia de una política de inversión, que sustentada en un análisis profundo de los problemas productivos, se pudieron definir prioridades y problemas claves de intervención que posibilitará una rápida recuperación y la potencialidad de continuar con las transformaciones motivadas por los dividendos obtenidos.

Es insuficiente el conocimiento de las propiedades físico-mecánicas de las mezclas arcillosas de la cantera La Cañada y del aditivo, tobas vítreas para su utilización en la confección de ladrillos cerámicos, por ello se propone evaluar las mezclas de arcillas, de la cantera La Cañada, con las tobas vítreas como aditivo, a través de sus propiedades físico-mecánicas, para su uso en la producción de ladrillos, en la industria de materiales de la construcción.

Existen actualmente normas técnicas para la producción y el control de la calidad de ladrillos, azulejos y otros productos de la industria de los materiales de la construcción, sin embargo no se cuenta con suficiente información sobre los productos cerámicos utilitarios y ornamentales, ya que no presentan los mismos requerimientos de calidad que los primeros.

Orozco (1995) y Pons & Leyva (1996a, 1996b) determinaron el origen geológico de las arcillas en Moa, el cual está dado por la existencia de manifestaciones de arcillas caoliníticas, de las cuales una parte considerable se encuentra relacionada con cuerpos de gabros de diversas dimensiones.

Díaz, Betancourt & Martirena (2011) realizaron una investigación acerca de la influencia de la finura de molido de carbonato de calcio en las propiedades físico-mecánicas y de durabilidad de los ladrillos de cerámica roja, donde se demostró que la finura del carbonato de calcio adicionado en muy pequeñas dosis (a partir de los 150 μm), comienza a ser beneficioso para la calidad de material en pequeñas cantidades (menos del 10 % del peso de la arcilla).

Santos, Malagón & Córdoba (2009) caracterizaron las arcillas para la preparación de pastas cerámicas para la fabricación de tejas y ladrillos en la región de Barichara, Santander (Colombia) los cuales utilizaron tres tipos de arcilla, demostrándose que la homogenización de estas cumple con los requisitos necesarios para la fabricación de cerámicos de la construcción.

Materiales y métodos

Para realizar este trabajo se contó con la colaboración del Laboratorio Provincial de la Construcción y la Empresa Provincial de Construcción y Mantenimiento Constructivo. Las muestras fueron tomadas de dos yacimientos en la provincia de Granma. Las muestras de arcillas se tomaron en el yacimiento La Cañada ubicado en el municipio Bayamo, las arcillas presentan un color pardo con una plasticidad media. Las muestras de tobas vítreas se tomaron en el yacimiento de vidrio volcánico Jiguaní, en el municipio de Jiguaní, provincia Granma. Las muestras de tobas vítreas que se tomaron presentan un color gris verdoso claro.

La ejecución de los trabajos de campo se dirigió a obtener la mayor cantidad de información de los lugares estudiados, lo cual se dirigió a la toma de muestras del yacimiento de arcilla La Cañada y del yacimiento de vidrio volcánico de Jiguaní.

Las muestras utilizadas se tomaron en dos lugares indirectamente. Las arcillas en la cantera La Cañada donde se tomaron las muestras por un método de puntos que se ubicaron uno de otro a una distancia promedio de 20 m y la muestra tomada tuvo un peso de 70 kg, las tobas vítreas se extrajeron del yacimiento de vidrio volcánico de Jiguaní, se utilizó una red de puntos los cuales se colocaron a una distancia de 2 m, para lograr una mayor representatividad del yacimiento con un peso de la muestra de 40 kg.

Dosificaciones evaluadas

Muestra #1: Se preparó con 100 % del yacimiento de arcilla La Cañada con un peso de 30 kg.

Muestra #2: Se preparó con un 90% del yacimiento arcilla La Cañada y un 10% del yacimiento de vidrio volcánico Jiguaní, con un peso total de 30 kg.

Muestra #3: Se preparó con 85% del yacimiento de arcilla La Cañada y un 15% del yacimiento de vidrio volcánico Jiguaní, con un peso total de 30 kg.

Muestra #4: Se preparó utilizando 80% del yacimiento arcilla La Cañada y un 20% del yacimiento de vidrio volcánico Jiguaní, con un peso total de 30 kg.

Trabajos de laboratorio

Las características físicas analizadas en la investigación de las mezclas arcillosas son: Los ensayos de contracción al secado natural, peso del ladrillo natural, contracción al secado después de calcinado, peso del ladrillo después de calcinado, contracción total, absorción de agua y los ensayos de resistencia a la compresión los cuales se realizaron en el Laboratorio Provincial de la Construcción.

Preparación de las muestras

Las muestras fueron sometidas a los siguientes procesos:

Extracción y molienda de las tobas vítreas

Maduración de las arcillas

Tamizado

Mezcla de los materiales

Moldeado de la pasta

Secado

Cocción

Extracción y molienda de las Tobas Vítreas

Se tomó una muestra representativa del yacimiento de vidrio volcánico Jiguaní, la cual se trituró primeramente a mano llevándola a un diámetro aproximado de 1 cm a 2 cm, luego se molió en un molino de disco buscando lograr un adecuado tamaño de las partículas.

Maduración de las arcillas

Se sometió primeramente la materia prima a un proceso de trituración, seguidamente de homogenización, y a un reposo temporal por un plazo de 18 días; pues de esta manera se garantiza una adecuada consistencia y uniformidad de las propiedades tanto físicas como químicas que se deseen obtener de las mismas, en el proceso de productivo. El reposo tiene como finalidad el logro de descomponer o desintegrar las partículas con mayor granulometría que se tenga en la arcilla comúnmente conocida como terrones, de este modo se impide la aglomeración. En el mismo proceso de reposo se favorece la descomposición de la materia orgánica que puede estar alojada dentro de la masa arcillosa, logrando una deseada purificación del material para que el mismo se comporte lo más homogéneamente posible en el proceso productivo evitando las transformaciones no deseadas.

Tamizado

Se realiza con el fin de reducir los elementos no deseados en la muestra, que pueden ser de varios tipos, como raíces de plantas, piedras, animales muertos, etc.; y se llevó

el material a la granulometría deseada, que en este caso es de un diámetro menor a 1 mm.

Mezcla de los materiales

Se elaboró la mezcla de los elementos escogidos a mano con el objetivo de obtener una mezcla lo más homogénea posible y poder palpar los materiales que se están mezclando. En la industria por los volúmenes que se utilizan esto no es permisible, debido a que se realizan con un trompo giratorio o rotatorio.

Moldeado

El moldeado de muestra es un factor de mucha importancia en el proceso productivo. Se realizó a mano con agua, para obtener una mezcla homogénea o una pasta deseada, seguidamente se colocó este material en un molde; el cual presenta las dimensiones de 250 mm de largo, 120 mm de ancho y 65 mm de altura; según NC: 360 (2005).

Secado

A través del secado al aire libre se elimina una considerable cantidad de agua de los moldes que se obtuvieron para su posterior quemado. Se dejaron secar por un plazo de 10 días para lograr que el agua intersticial, higroscópica que se encuentra en el interior del cerámico salga de forma lenta hacia la superficie evitando el agrietamiento de los ladrillos antes de su entrada al horno.

Cocción

La cocción o quemado del ladrillo le da finalidad al producto. En este paso el ladrillo culmina con todas las transformaciones que ocurren en el proceso productivo ya que se termina de consolidar en su totalidad y pierde el agua que quedó en el secado al aire libre. El horno que se utilizó es un horno de cámara de tiro convectivo que se alimenta de fuel oil, con una temperatura que va en ascenso hasta obtener un máximo de unos 800 °C a 900 °C. En el horno las muestras fueron colocadas en tres alturas diferentes. Del piso hasta el techo del horno se encontraban: en el piso, las muestras AIII, BIII, CIII, DIII; en el medio: AII, BII, CII, DII y en la parte superior: AI, BI, CI y DI.

Elección de las mezclas para la preparación de los ladrillos arcilla parda tobas vítreas

Elección de los parámetros a ensayar

Contracción total

Peso del ladrillo

Absorción de agua

Resistencia a la compresión

Dosificación de los materiales

Las muestras que se van a ensayar se dividen en cuatro tipos de muestras respondiendo a las dosificaciones o mezclas de las dos materias primas que se utilizarán en el procedimiento. La muestra (A) contó con 100% de arcilla de la cantera La Cañada con un total de 9 unidades. La muestra (B) se compuso de un 90% de arcilla y presentó un 10% de tobas vítreas con la cual se realizaron 9 ladrillos. La muestra (C) presentó un 85% de arcilla y 15% de tobas vítreas y se realizaron un total de 9 ladrillos y la muestra (D) estuvo constituida por un 80% de arcilla y un 20% de tobas vítreas y se realizaron 9 piezas. En total se realizaron 36 ladrillos los cuales se colocaron en tres niveles diferentes de altura en el horno.

Tabla 1. Dosificaciones que se utilizaron en cuanto a (%) volumétrico

Materiales	Muestra A	Muestra B	Muestra C	Muestra D
Arcillas	100 %	90 %	85 %	80 %
Tobas vítreas	-	10 %	15 %	20 %
Total	100 %	100 %	100 %	100 %

Tabla 2. Dosificaciones en cuanto peso (kg) gravimétrico

Materiales	Muestra A	Muestra B	Muestra C	Muestra D
Arcillas	30,0 Kg,	27,0 Kg,	25,5 Kg,	24,0 Kg,
Tobas vítreas	-	3,0 Kg,	4,5 kg,	6,0 Kg,
Total	30,0 Kg	30,0 kg	30,0 kg	30,0 kg

Metodología para la realización de los ensayos

La metodología de los ensayos que se realizan a los ladrillos obtenidos está fundamentada en los parámetros con que se trabajan en las normas cubanas 359 (2005) y 360 (2005). Estos ensayos o análisis se ejecutaran en el Laboratorio de Construcción de la provincia de Granma.

Ensayo de la contracción total

La contracción de cocción se determina en muestras que se cuecen a distintas temperaturas. Esto permite tener una idea de la cohesión progresiva de la arcilla con el avance de la temperatura.

1. De una masa de arcilla bien amasada, de una consistencia promedio para modelar, hacer un cierto número de probetas.
2. Dejar que las probetas se sequen, volteándolas frecuentemente para evitar la deformación.
3. Cocer las probetas secas a diferentes temperaturas.
4. Medir la longitud de las probetas cocidas.
5. Calcular la contracción total por la fórmula:

$$\text{Contracción lineal} = 100 \cdot \frac{\text{Longitud en Plástico} - \text{Longitud cocida}}{\text{Longitud en plástico}}$$

Ensayo de absorción de agua por diferencia de masa; según NC: 359 (2005)

A medida que la mezcla de arcilla se acerca a la vitrificación su absorción se acerca a cero.

- 1) Pesar cuidadosamente los ladrillos cocidos del experimento anterior.
- 2) Mantener sumergida en agua la muestra por 24 horas.
- 3) Secar la superficie de las probetas con una toalla y pesarlas otra vez.
- 4) Calcular la absorción utilizando la fórmula: $\frac{PF - PI}{PI} \cdot 100$

Donde

Peso final P.F (g);

Peso inicial P.I. (g)

Ensayo de resistencia a la compresión

Se somete cada elemento, que constituye la muestra del ensayo, a una carga de compresión perpendicular a las caras mayores del ladrillo y se determina la carga en el momento de ruptura; según NC: 359 (2005).

Se calculó la resistencia a la compresión utilizando la siguiente ecuación:

$$R/M \text{ (Mga)} = (\text{Carga Rotura (kgf)} / \text{Área cm}^2) / 10.197$$

Análisis de los resultados de contracción del ladrillo

El análisis de este parámetro se realizó a partir de los resultados que se muestran en la Tabla 3, 4 y 5 para cada una de las mezclas antes y después de la cocción. Para ello se realizó la medición a todas las muestras y se buscó una media entre los resultados recopilados.

El parámetro tecnológico Contracción Total del ladrillo da una medida de la unión de las partículas después de cocidas las muestras. La evaluación de este parámetro es de vital importancia debido a que, mediante su control, se puede tener una medida de lo que se contrae el ladrillo desde que se saca del molde hasta que se extrae del horno.

La contracción es una consecuencia del secado y el horneado de las piezas, por lo que se requiere que estos procesos sean bien controlados y se realicen con el mayor cuidado. El secado desigual de las partes de una pieza puede provocar diferencias en el modo de contraerse cada una de ellas, provocando rajaduras, alabeos y roturas de las mismas. En el caso de las muestras obtenidas no se observaron a simple vista ninguna de estas imperfecciones por lo que se logró un adecuado control de este parámetro tecnológico.

Tabla 3. Contracción al secado natural (Longitudinal en cm)

(Fecha)	AI	AII	AIII	BI	BII	BIII	CI	CII	CIII	DI	DII	DIII
8/5/14	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
12/5/14	9,5	9,6	9,5	9,4	9,4	9,5	9,4	9,4	9,3	9,4	9,3	9,4
16/5/14	9,5	9,5	9,4	9,3	9,4	9,5	9,4	9,3	9,3	9,4	9,3	9,4
19/5/14	9,5	9,6	9,4	9,4	9,4	9,5	9,4	9,4	9,3	9,4	9,4	9,4
Total	9,63	9,68	9,58	9,53	9,55	9,63	9,55	9,53	9,48	9,55	9,5	9,55

Tabla 4. Contracción Total (longitudinal en cm) después de la cocción

AI	AII	AIII	BI	BII	BIII	CI	CII	CIII	DI	DII	DIII
9,3	9,4	9,4	9,3	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,3	9,3	9,3

Tabla 5. % de la contracción total (Longitudinal)

M	AI	AII	AIII	BI	BII	BIII	CI	CII	CIII	DI	DII
% CTL	7	6	6	7	6	6	6	6	6	7	7

En el gráfico que se representa a continuación se puede observar que los valores de la contracción en los ladrillos no son de gran magnitud ya que las muestras que

presentaron un 20% de aditivo tobas vítreas fueron las que mayor valor de la contracción tuvieron.

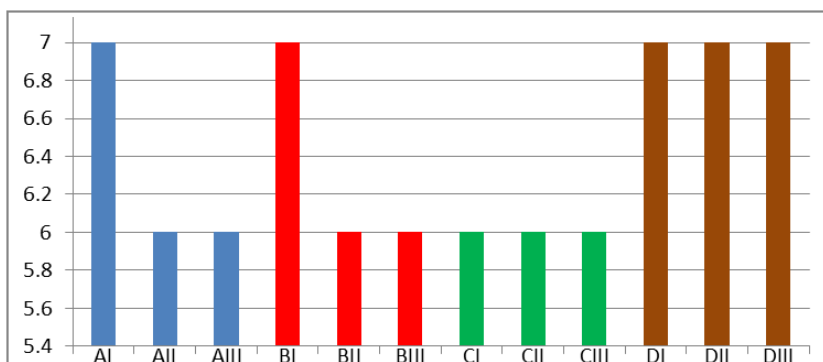


Figura 1. Gráfico de % de la contracción del ladrillo.

Peso del ladrillo natural

Los resultados que se obtuvieron demuestran una disminución en el peso de los ladrillo en la medida que se fue aumentando el contenido del aditivo tobas vítreas.

Los ladrillos de clase A con un contenido de 100% de arcillas son aquellos que menor pérdida de peso tuvieron en el proceso de cocción, y los ladrillos de clase D fueron los que mayor pérdida del peso presentaron, ya que poseían el mayor (%) de tobas vítreas.

Tabla 6. Peso inicial del ladrillo

M	AI	AII	AIII	BI	BII	BIII	CI	CII	CIII	DI	DII	DIII
Peso (g)	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000

Tabla 7. Peso final del ladrillo

M	AI	AII	AIII	BI	BII	BIII	CI	CII	CIII	DI	DII	DIII
Peso (g)	2982	2760	2866	2468	2433	2490	2325	2205	2300	2274	2205	2109

Tabla 8. Por ciento del peso final del ladrillo

	AI	AII	AIII	BI	BII	BIII	CI	CII	CIII	DI	DII	DIII
%	6,0	8,0	4,46	17,7	18,9	17,0	22,5	26,5	23,3	24,2	26,5	29,7
Promedio	6,15			17,86			24,13			26,80		

En la gráfica siguiente se puede constatar que existe una correspondencia en cuanto al peso final de los ladrillos pues según se fue aumentando los % de tobas vítreas estos sufrieron una pérdida de peso, lo cual es satisfactorio para las construcciones.

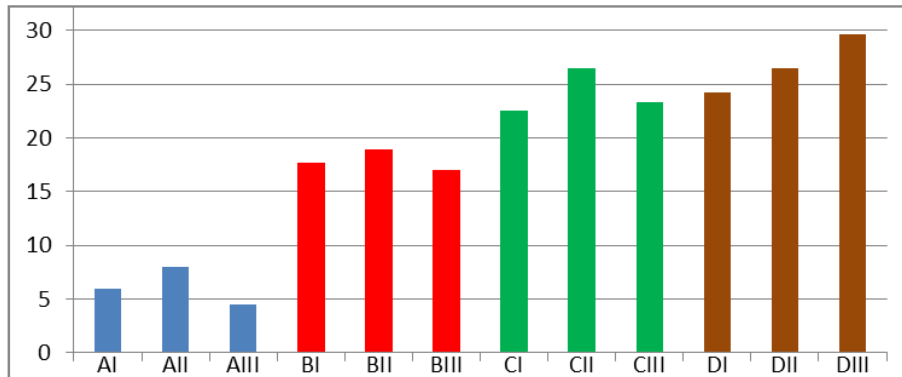


Figura 2. Gráfico de % del peso final del ladrillo.

Absorción

Los resultados de los análisis de absorción de agua que se obtuvieron se muestran en las Tabla 9 y 10 para cada una de las muestras después de la cocción, se representan los porcentajes logrados donde nos indica que a mayor (%) de tobas vítreas en la mezcla se irá aumentando la absorción, debido a un mayor volumen de poros.

Tabla 9. Peso del ladrillo antes de entrar a la piscina

M	AI	AII	AIII	BI	BII	BIII	CI	CII	CIII	DI	DII	DIII
Peso (g)	2982	2982	2982	2982	2982	2982	2982	2982	2982	2982	2982	2982

Tabla 10. Absorción del agua

M	AI	AII	AIII	BI	BII	BIII	CI	CII	CIII	DI	DII	DIII
Peso (g)	3370	3209	3324	2924	2907	3004	2822	2780	2788	2777	2754	2621

Tabla 11. Por ciento de absorción

M	AI	AII	AIII	BI	BII	BIII	CI	CII	CIII	DI	DII	DIII
Peso (g)	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0

En la gráfica que responde a los valores en cuanto a (%) de la cantidad de agua que absorben los ladrillos y se tuvo como resultado también que los volúmenes de agua absorbida aumenta en cuanto a los % de aditivo se utiliza en los ladrillos esta propiedad es un indicador de que si los ladrillos presentan una mayor absorción los mismos se pueden colocar más fácil mente en las construcciones.

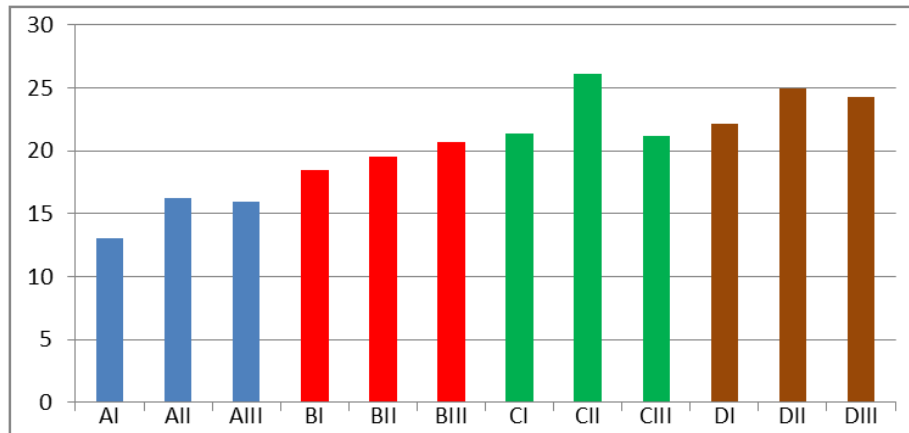


Figura 3. Gráfico del por ciento de absorción de agua que tuvo el ladrillo.

Resistencia a la compresión

Estos ensayos se realizaron en el Laboratorio Provincial de la Construcción, y los resultados logrados se convirtieron a Mega pascal (MPa).

Los valores de % de contracción total se comportan entre 6-8 y 9, estando algunos por debajo de la NC: 54-224. Materiales y Productos de la Construcción. Para ladrillos estándar. Especificaciones de calidad; la cual refiere que la resistencia a la compresión del ladrillo estándar aligerado de grado B e identificación LEA-B esta en 8. Los valores que se obtuvieron nos dieron a conocer que hubo fallas en el proceso de control de la temperatura del horno el cual es de tiro convectivo; según los datos obtenidos se puede observar que los ladrillos con un 10 % de material aditivo presentaron los mejores resultados mostrando una resistencia mayor que la de las normas establecidas y dando a conocer que los ladrillos que se quemaron más eficientemente fueron los colocados en los niveles intermedios e inferiores del horno. Es importante destacar que en todos los casos aumento la resistencia, comparada con la arcilla sin mezcla de tobas vítreas.

Tabla 12. Resistencia a la compresión (MPa)

U/M	AI	AII	AIII	BI	BII	BIII	CI	CII	CIII	DI	DII	DIII
MPa	5,39	6,47	6,22	7,37	8,03	9,25	7,25	7,51	7,15	6,11	7,00	7,04

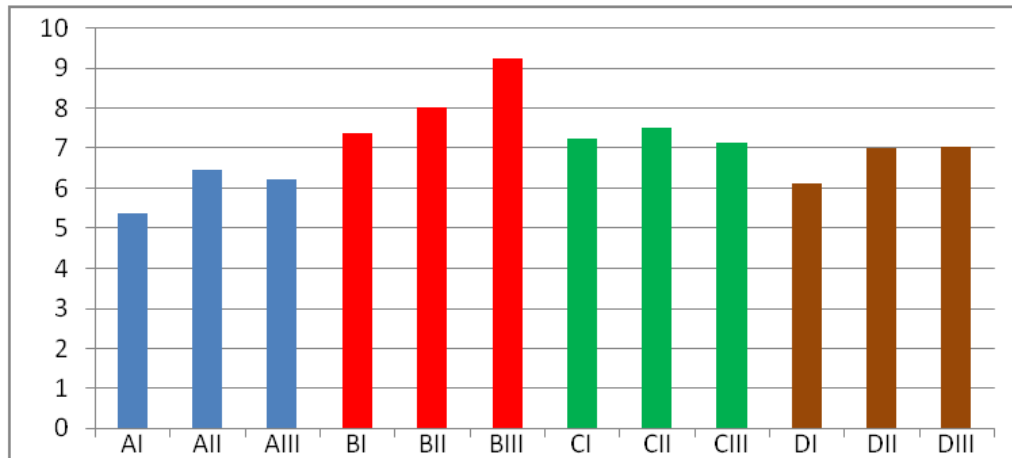


Figura 4. Gráfico de la resistencia a la compresión.

Los análisis se justifican según la tabla 13, donde se realiza una comparación con los valores obtenidos de los resultados según la norma NC: 360 (2005) y NC: 359 (2005).

Tabla 13. Rango de variación de las propiedades físico mecánicas estudiadas

Propiedades físico mecánicas	Rangos establecidos	Rango de valores obtenidos
Absorción de agua (%)	8 -18	11 - 17
Resistencia a la compresión (MPa)	8	5,39-9,25

Conclusiones

Existen potencialidades demostradas de mejorar la calidad de los ladrillos cerámicos y otros productos empleando las mezclas con tobas vítreas en la Empresa Provincial de Construcción y Mantenimiento Constructivo de Granma.

Durante el proceso de contracción natural y de contracción al quemado no se observaron a simple vista grietas ni fisuras en los ladrillos. Tomando en cuenta la Norma Cubana 360 se establece que el ladrillo debe contraer hasta un 10% y en las muestras ensayadas se logró entre un 6% y un 8%.

Las mezclas de arcilla con tobas vítreas presentan una mayor absorción de agua, pero es importante referir que no superan las normas cubanas para este tipo de ladrillo.

Los valores de resistencia a la compresión de las mezclas con adición de tobas vítreas tuvieron resultados satisfactorios, lográndose entre 7 y 9 MPa.

Es factible el uso del yacimiento de tobas vítreas Jiguaní como material desgrasante y de esta forma se disminuye la plasticidad de la arcilla de La Cañada teniendo como resultados una mejor contracción y menor rotura en los productos.

El aditivo de toba vítrea presenta como ventaja que se comporta como un fundente, lo cual nos permite disminuir la temperatura de cocción del ladrillo y el tiempo que el mismo se encuentre en el horno. Al tener esta propiedad permite calcinar mucho mejor las partículas de los ladrillos.

De las mezclas que se utilizaron y se le realizaron las pruebas correspondientes presentaron un mejor resultado aquellas que tenían un 10% de tobas vítreas, y se colocaron en la zona intermedia y en el piso inferior del horno. Siendo esta dosificación del 10 % de tobas vítreas la que mejor resultado arrojó de las pruebas realizadas.

Referencias bibliográficas

DÍAZ, Y.; BETANCOURT, D. & MARTIRENA, F. 2011: Influencia de la finura de molido del carbonato de calcio en las propiedades físico mecánicas y de durabilidad de los ladrillos de cerámica roja. *Revista ingeniería de construcción* 26(3): 269-283.

OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NC 360: 2005: Ladrillos de arcilla cocida. Requisitos.

OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NC 359: 2005: Ladrillos y Bloques de arcilla cocida Cerámicos. Métodos de ensayo.

OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NC 54-224: Materiales y Productos de la Construcción. Especificaciones de calidad para el ladrillo estándar.

OROZCO, G. 1995: Caracterización de las arcillas de Cayo Guam. Informe técnico. ISMM.

PONS, J. & LEYVA, C. 1996: Caracterización de las arcillas refractarias de la zona de Cayo Guam y su empleo en la fundición. *Minería & Geología* XIII(3): 19.

PONS, J. & LEYVA, C. 1996: Empleo de las arcillas ferrocaoliníticas-gibbsíticas de la región de Moa en los talleres de fundición. *Minería & Geología* XIII(3): 93.

SANTOS, J. D.; MALAGÓN, P. Y. & CÓRDOBA, E. M. 2009: Caracterización de las arcillas para la preparación de pastas cerámicas para la fabricación de tejas y ladrillos en la región de Barichara, Santander (Colombia). Revista: Dyna 2011 78(167). Medellín.