

Uso de tobas de la localidad de Flores para productos de cerámica roja

Yaimaris Martínez Fonseca

ymfonseca@minas.ismm.edu.cu

Ismael Terrero Aguirre

iterrero@ismm.edu.cu

Carlos Alberto Leyva Rodríguez

Universidad de Moa (Cuba).

Resumen: Se determinaron las propiedades físico-mecánicas de las mezclas de arcillas con las tobas vítreas de la cooperativa de Flores y se evaluó el comportamiento de las mezclas de arcilla con un 10 % y 20 % de tobas vítreas para la obtención de ladrillos. Mediante diferentes métodos de ensayos se obtuvieron los siguientes parámetros tecnológicos: porcentaje de absorción de agua, porcentaje de pérdida de peso y resistencia a la compresión, además del comportamiento de estas variables durante el secado y la temperatura de cocción. De las mezclas analizadas la muestra M-1 es la de mayor resistencia a la compresión, siendo la de mejor resultado con respecto a los parámetros evaluados.

Palabras clave: arcilla; toba vítrea; materiales para la construcción.

Use of tuffs from Flores town for ceramic red products

Abstrac: The physical-mechanical properties of clay mixtures with vitreous tuffs of Flores cooperative were determined and performance of clay mixtures with 10 and 20% vitreous tuffs was also evaluated to obtain bricks. The following technological parameters were obtained by using different test methods: % water absorption, % weight loss and compression strength, as well as their performance during cooking temperature and drying. M-1 was the sample with highest compression resistance of all analyzed mixtures being the one with the best result according to the evaluated parameters.

Keywords: clay; vitreous tuff; construction materials.

Introducción

La arcilla cocida se revela como fuente principal de materia prima para la producción de ladrillos. Puede ser moldeada en casi todas las formas, las cuales conservan después de ser sometidas a la acción del calor. Para su uso en la fabricación de ladrillos es muy poco usual que sea empleada como se encuentra en la naturaleza, por lo cual es común añadir otros materiales, lo que garantiza un mejor aprovechamiento de sus propiedades.

La adición de tobas en materiales para la construcción ha sido analizada por diversos autores (Almenares & Leiva, 2001; Frazao, Orozco, Coello-Velázquez & Menéndez, 2007; Díaz-Álvarez, 2015), quienes demuestran que su utilización para los programas de construcción de viviendas y otras obras sociales revelan resultados alentadores, lo cual permite influir positivamente en el desarrollo local.

Cabo de Villa Figueiral (2016) analiza que las mezclas con adición de tobas vítreas presentan mayor absorción de agua a medida que se aumenta su contenido en la mezcla, experimentando mayor pérdida de peso al cocerla hasta 750 °C, lo que manifiesta las ventajas de esta propiedad de tener mayor facilidad de colocación de los ladrillos cerámicos; a la vez que incrementan las propiedades de mayor aislamiento térmico y acústico.

Este trabajo se propone determinar las propiedades físico-mecánicas de las mezclas de arcillas del yacimiento Flores, municipio de Banes, con tobas vítreas, para su utilización como cerámica roja para la construcción.

Sobre la base de la composición química de las tobas analizadas se pueden clasificar geológicamente como rocas vulcano-sedimentarias, de composición dacítica, según el criterio de Ramachandran (1995).

Las tobas del yacimiento están constituidas esencialmente por vidrio volcánico con un bajo contenido de arcillas para estas rocas (montmorillonita), subordinadamente, aunque en bajos porcentajes, calcita, cuarzo y feldespato.

Materiales y métodos

Para la selección de la materia prima se escogió un corte dentro del afloramiento con el objetivo de obtener una muestra representativa a todo lo largo de los perfiles.

Las muestras fueron tomadas de Loma de Los Cruce de la zona de Flores, municipio de Banes. Se aplicó el método por puntos, que consistió en la toma de trozos típicos de la materia prima, garantizando representatividad.

Preparación de muestras y ensayos

Una vez colectada en el yacimiento la materia prima se mezcló, homogeneizó y se sometió a una primera inspección. Se le realizó una limpieza preliminar con el objetivo de eliminar restos de materia orgánica y perdigones.

Materiales a utilizar en la investigación

1. Material arcilloso del yacimiento Flores, municipio de Banes
2. Toba vítrea de la Loma de Los Cruce

Preparación de las mezclas de arcilla con la toba: Se confeccionaron seis mezclas de cada tipo, las cuales se realizaron por un proceso de preparación mecánica para asegurar la calidad del producto final.

Secado inicial: Luego de ser tomada la muestra, se realizó un proceso de homogeneización. Si la muestra se encuentra húmeda se pone al sol, obteniendo el secado que permita el desmenuzamiento de los terrones y las aglomeraciones de partículas.

Molienda: Se realizó en un molino de mandíbulas para desmenuzar el material rocoso y llevarlo a una misma granulometría.

Preparación de las mezclas para la conformación de las probetas:

Las mezclas del material arcilloso con la toba vítrea de la Loma de Los Cruce se prepararon en dos mezclas con dosificaciones diferentes para la confección de las probetas, la cual se observa en la Tabla 1.

Tabla 1. Dosificaciones de las mezclas de la arcilla

Materiales	Dosificaciones M-1	Dosificaciones M-2	Dosificaciones M-3
Arcilla gris	90 %	80 %	100 %
Toba vítrea	10 %	20 %	-

Maduración y reposo: Antes de incorporar la arcilla al ciclo de producción es necesario someterla a procesos como la homogenización, tamizado y reposo, para así obtener una adecuada consistencia y uniformidad de las características físicas y químicas deseadas.

El reposo tiene la finalidad de facilitar el desmenuzamiento de los terrones y la disolución de los nódulos para impedir las aglomeraciones de las partículas arcillosas. Favorece la descomposición de la materia orgánica que pueda estar presente y permite la purificación química y biológica del material. De esta manera, se obtiene un material completamente inerte y poco propenso a posteriores transformaciones mecánicas o químicas.

Depuración de la pasta: El sistema de depuración de la arcilla se hizo mediante la limpieza a mano.

Moldeado: Se realizó a mano con agua, para obtener una mezcla homogénea; después se colocó el material en el molde, el cual tiene dimensiones de 22 cm de largo, 10,2 cm de ancho y 5,0 cm de altura.

Secado final: El secado tiene el propósito de eliminar el agua agregada en la fase de moldeado, para de esta manera poder pasar a la fase de cocción; se realizó el secado al aire libre durante una semana o quince días.

Cocción: La cocción se puede efectuar en hornos artesanales o criollos, donde se aumenta la temperatura gradualmente hasta alcanzar 900 °C, y se mantiene esta temperatura por una hora; así se produce la sintetización. Este proceso origina profundos cambios en la arcilla. El primero es la terminación de su secado, el cual debe efectuarse lentamente, de lo contrario, la formación de vapor en la pasta puede provocar su estallido. El segundo cambio ocurre aproximadamente a 140 °C, cuando el agua combinada químicamente comienza a eliminarse. A partir de los 500 °C estará completamente deshidratada y la pieza no se ablanda ni se desintegra en el agua y pierde su plasticidad.

Metodología para la realización de los ensayos

Una vez obtenido el ladrillo se determinan de las propiedades físico-mecánicas a partir de diferentes métodos.

Ensayo de la contracción total; La contracción de cocción se comprueba en muestras sometidas a distintas temperaturas, lo cual indica la cohesión progresiva de la arcilla con el avance de la temperatura. Sin embargo, en la investigación se analizó este parámetro a temperatura constante, debido al interés solamente de examinar la influencia de las diferentes dosificaciones de las mezclas elaboradas.

1. Se confeccionó una masa de arcilla bien amasada, de una consistencia promedio para moldear y hacer un cierto número de ladrillos con las dimensiones correspondientes (recordar que estas mediciones pueden variar).
2. Se dejaron secar las probetas, volteándolas frecuentemente para evitar la deformación.
3. Se cocieron los ladrillos a la temperatura establecida, aproximadamente 1 000 ° C.
4. Se midió la longitud de los ladrillos cocidos.
5. Se calculó la contracción total por la ecuación:

$$\text{Contracción lineal} = 100 \frac{LP-LC}{LP} \quad (\%) \quad (1)$$

Donde:

LP: Longitud en plástico (cm),

LC: Longitud después de cocida (cm).

Ensayo de pérdida de peso: para la realización de este ensayo las muestras deben estar pesadas antes y después de ser cocidas para obtener así el porcentaje de pérdida de peso a partir de la ecuación:

$$\text{Pérdida de peso} = 100 \frac{PS - PC}{PC} \quad (\%) \quad (2)$$

Donde:

PS: Peso en seco (g),

PC: Peso cocido (g).

Ensayo de absorción de agua de las mezclas cocidas: El grado de absorción de agua es una medida de la maduración de la mezcla de arcilla cocida, en este caso con adición toba vítrea. A medida que la mezcla de arcilla se aproxima a la vitrificación su absorción se acerca a cero; este ensayo se realiza con el objetivo de establecer la capacidad de absorción de agua del elemento. Dicho parámetro fue determinado mediante los siguientes pasos:

1. Se pesaron cuidadosamente los ladrillos cocidos.
2. Luego fueron introducidos en un recipiente con agua durante 24 horas.
3. Una vez transcurridas las 24 h se secó la superficie de los ladrillos con una toalla y se pesó nuevamente.
4. Posteriormente se procedió al cálculo del porcentaje de absorción de agua empleando la ecuación:

$$\text{Absorción de agua} = 100 \frac{PS-PH}{PS} \quad (\%) \quad (3)$$

Donde:

PS: Peso seco (g),

PH: Peso saturado (g).

Ensayo de resistencia a la compresión: En este ensayo se somete cada elemento que constituye la muestra del ensayo a una carga de compresión perpendicular a las caras mayores del mismo y se precisa la carga en el momento de ruptura.

1. Medir el área de las probetas.
2. Ubicar la probeta en el equipo.
3. Asegurarse de que está bien ubicada para evitar valores erróneos.
4. Calcular la resistencia por la ecuación:

$$\text{Resistencia a la compresión} = \frac{F_i}{A_i} \times f \text{ (MPa)} \quad (4)$$

Donde:

F_i: Carga de rotura del elemento (kgf),

A_i: Área de la cara del ladrillo expuesta a la carga (cm²),

f: factor de conversión de kgf/cm² a MPa—10,197.

Análisis de los resultados

Contracción total

El análisis de este parámetro se realizó a partir de los resultados que se muestran en las Tablas 2, 3 y 4 y en la Figura 1. Antes y después de la cocción se realizó la medición a todas las muestras y se buscó una media entre los resultados recopilados.

El parámetro tecnológico contracción total del ladrillo ofrece 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 precisar cuánto 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. En el caso de las muestras estudiadas no se observaron a simple vista ninguna de estas imperfecciones por lo que se logró un adecuado control de este parámetro tecnológico.

Tabla 2. Contracción al secado natural (CSN), longitudinal en cm

Muestras	M-1 adición con 10 %	M-2 adición con 20 %	M-3 arcilla sola
1	23,7	23,3	23,0
2	23,5	23,4	22,9
3	23,4	23,3	23,0

Tabla 3. Contracción después de la cocción (CDC), longitudinal en cm

Muestras	M-1	M-2	M-3
1	22,9	22,5	22,0
2	22,8	22,7	21,0
3	22,6	22,5	22,0

Tabla 4. Porcentaje de la contracción total CT, longitudinal, en %

Muestras	M-1	M-2	M-3
1	3,37	3,43	4,35
2	2,98	2,99	4,80
3	3,42	3,43	4,35
CT %	3,25	3,06	4,5

Una vez obtenidos los porcentajes de la contracción lineal para cada una de las mezclas analizadas se graficaron los datos (Figura 1). La mezcla M-3, compuesta por arcilla sola, posee los mayores porcentajes de contracción lineal (4,5 %), atribuidos al mayor contenido de arcilla. Esto permite que a medida que la muestra se seca las partículas de arcilla se acercan más entre sí, o sea se compactan mejor, liberando el espacio ocupado por el agua. La mezcla M-1, con menos contenido de toba vítrea, manifiesta un 10 %, siendo esta la razón por la que se contrae en menor proporción, ya que no tiene la misma capacidad de absorción que la arcilla. De manera general, los valores obtenidos se encuentran dentro del rango permisible por las normas para productos cerámicos, donde la contracción para arcillas plástica es menor del 6 %.

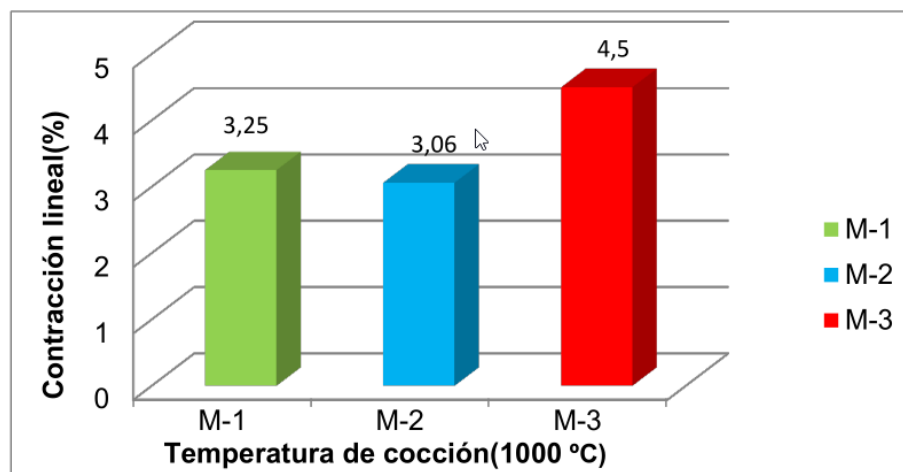


Figura 1. Contracción lineal en las mezclas evaluadas a una temperatura de cocción de 1 000 °C.

Pérdida de peso

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

Los ladrillos de la muestra M-3 (Figura 2), con un contenido de 100 % de arcillas, tuvieron menor porcentaje de pérdida de peso en el proceso de cocción; mientras que los ladrillos de la muestra M-2, que poseían un contenido mayor de tobas vítreas con un 20 %, experimentaron un mayor porcentaje de pérdida del peso (Tablas 5, 6, y 7).

Tabla 5. Peso inicial del ladrillo (seco)

Muestras	M-1	M-2	M-3
1	930,0	970	830,1
2	1 024,0	968	1 020,0
3	1 030	954	1 027,2
4	910	928	830,2

Tabla 6. Peso después de la cocción

Muestras	M-1	M-2	M-3
1	790	810	710
2	868,2	813	875
3	880,1	790	879
4	765	773	700

Tabla 7. Porcentaje de pérdida de peso final del ladrillo

Muestras	M-1	M-2	M-3
1	15,05	16,49	14,47
2	15,31	16,01	14,03
3	14,55	17,19	14,43
4	15,93	16,70	15,98
% pérdida de peso	15,21	16,60	14,65

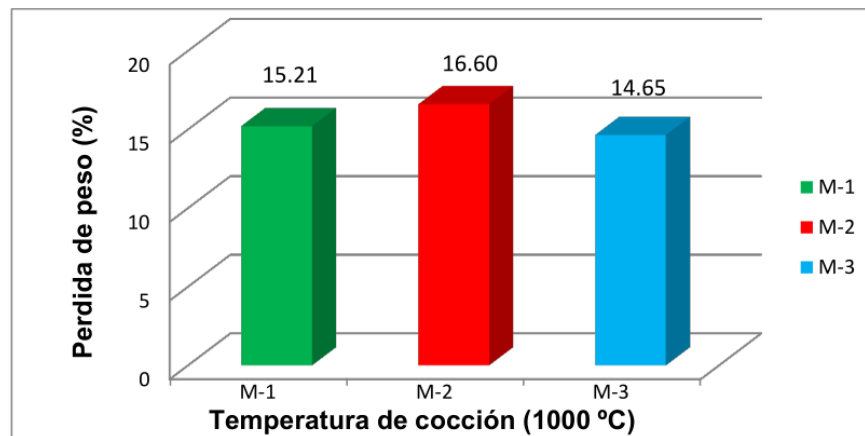


Figura 2. Pérdida de peso en las mezclas evaluadas.

Absorción de agua

Los resultados de los análisis de absorción de agua que se obtuvieron se muestran en las Tablas 8, 9 y 10, para cada una de las muestras después de la cocción. En la Figura 3 se exhiben los porcentajes logrados, lo que indica que a mayor porcentaje de tobas vítreas en la mezcla se irá aumentando la absorción por un mayor volumen de poros. Para el análisis se compararon los resultados según lo establecido en las normas cubanas (NC 360:2005) para ladrillos cerámicos de arcilla cocida.

Por tanto, se plantea que la absorción de agua se encuentra por encima del rango permisible para productos cerámicos elaborados con 10 % y 20 % de adición de toba vítrea a la arcilla, ya que las exigencias de esta propiedad para los ladrillos cerámicos están en el rango de absorción de agua de 8 % a 18 %. La mezcla que más absorbe el agua es la M-2, compuesta por 80 % de arcilla y 20 % de toba vítrea, dado esto por la porosidad que le da a la muestra la toba empleada, lo que significa que, a mayor proporción de toba vítrea, mayor es la absorción de agua.

Tabla 8. Peso del ladrillo antes de entrar a la piscina

Muestras	M-1	M-2	M-3
1	1 256	1 189	1 240
2	210	1 165	1 190

Tabla 9. Peso del ladrillo luego de 24 horas

Muestras	M-1 adición con 10 %	M-2	M-3
1	1 506	1 489	1 440
2	1 455	1 465	1 390

Tabla 10. Porcentaje de absorción de agua

Muestras	M-1	M-2	M-3
1	19,90	25,23	16,13
2	2 20,24	25,75	16,81
Promedio: %	20,07	25,49	16,47

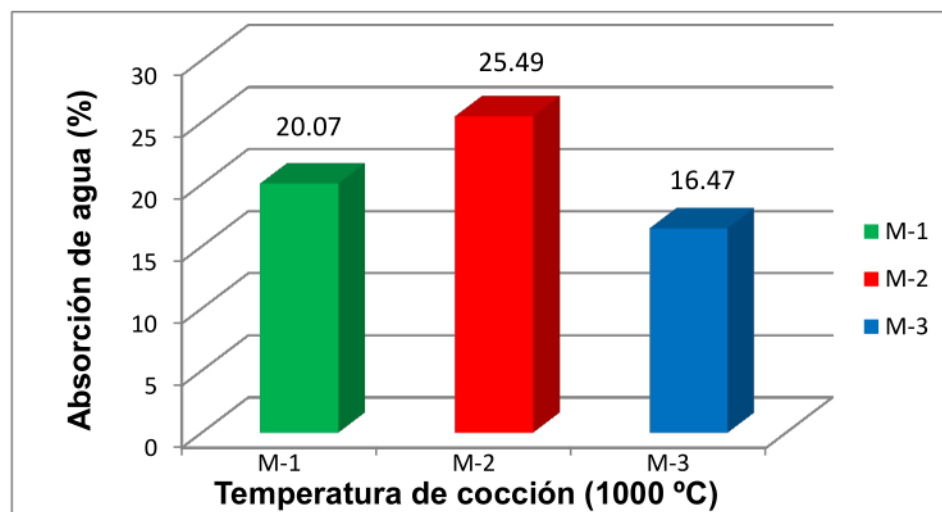


Figura 3. Absorción de agua en las mezclas evaluadas.

Resistencia a la compresión

La resistencia mecánica define la capacidad de los objetos cerámicos de resistir golpes y cargas sin sufrir roturas durante su uso y manipulación. Los datos obtenidos del

ensayo de resistencia a la compresión se reflejan en la Tabla 11, los cuales se obtuvieron a partir de la ecuación (4).

Tabla 11. Resistencia a la compresión (MPa)

Muestras	M-1	M-2	M-3
1	7,5	7,0	6,2
2	7,0	6,83	5,5
3	6,0	6,0	6,0
Promedio (MPa)	6,83	6,61	5,9

Los resultados de la resistencia a la compresión resultan de gran importancia y casi determinantes en la industria cerámica y de materiales de la construcción. Los adquiridos en este trabajo, mostrados en la Figura 4, establecen que de las dos mezclas analizadas la M-1, con un 10 % de material aditivo, presentó los mejores resultados. Ello indica una resistencia a la compresión mayor, la cual posee un valor promedio de 6,83 (MPa), por lo que los ladrillos que se quemaron más eficientemente fueron los colocados en los niveles intermedios e inferiores del horno.

Es importante destacar que en los dos casos aumentó la resistencia, en comparación con la arcilla sin mezcla de tobas vítreas.

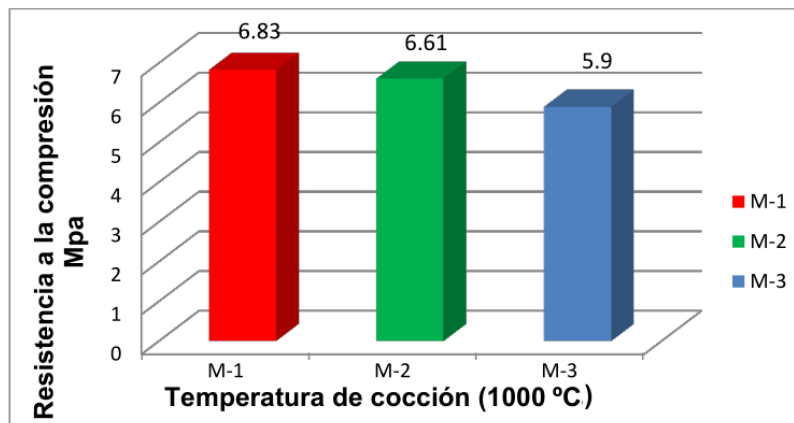


Figura 4. Resistencia a la compresión en las mezclas.

Conclusiones

Se demuestra que los valores obtenidos de contracción lineal se encuentran dentro del rango permisible por las normas cubanas para productos cerámicos. No se observan grietas ni fisuras en los ladrillos de ninguna de las dosificaciones estudiadas.

Se determina que la mezcla M-2, compuesta por un 80 % de arcilla y 20 % de tobas vítreas, presenta mayor pérdida de peso, con un valor de 25,49 %.

De las mezclas analizadas la de mayor resistencia a la compresión es la M-1, compuesta por 90 % de arcilla y 10 % de tobas vítreas, con un valor de 6,83 MPa. Por esta razón, y considerando que este parámetro es el de mayor importancia, se propone esta dosificación para ser implementada.

Referencias bibliográficas

- ALMENARES, R. & LEIVA, R. 2011. *Perspectivas de utilización de tobas vítreas y zeolitizadas de la provincia Holguín como aditivo puzolánico*. Tesis de maestría. Instituto Superior Minero Metalúrgico. Moa.
- CABO DE VILLA FIGUEIRAL, S. R. 2016. *Lixiviación acida inversa para la eliminación de hierro de la arcilla del Yacimiento Cayo Guam*. Tesis de maestría. Instituto Superior Minero Metalúrgico. Moa.
- DÍAZ-ÁLVAREZ, A. 2015. Evaluación de mezclas arcillas con adición de tobas vítreas para la fabricación ladrillos cerámicos Bayamo. *Ciencia & Futuro* 5(1): 20-35.
- FRAZAO, M.; MELGAR, G. O.; COELLO-VELÁZQUEZ, A. L. & MENÉNDEZ, J. M. A. 2007. Caracterización mineralógica de tobas zeolitizadas del yacimiento Caimanes para su beneficio por molienda diferencial. *Minería y Geología* 23(4): 1-18.
- NORMA CUBANA NC 360: 2005. Ladrillos de arcilla cocida. Requisitos. La Habana. Oficina Nacional de Normalización.
- RAMACHANDRAN, V. S. 1995. Anosognosia in parietal lobe syndrome. *Consciousness and cognition* 4(1): 22-51.