

## **Tobas vítreas como áridos ligeros en la localidad de Flores, Banes**

**Dervis Ricardo Solis**

**Ismael Terrero Aguirre**

[iterrero@ismm.edu.cu](mailto:iterrero@ismm.edu.cu)

Universidad de Moa (Cuba).

**Resumen:** Se evaluaron las propiedades físico-mecánicas de las tobas vítreas del yacimiento Flores para ser empleadas como árido, sustituto del árido grueso (granito 3/8) en la fabricación de bloques huecos de hormigón. A estos bloques se les realizaron ensayos donde se comprobó que cumplían con lo establecido por la norma (NC 247: 2010). Se demostró mediante el ensayo de resistencia a la compresión que la resistencia de los bloques cumple con lo establecido en la norma, a pesar de ser un material no tradicional para estos usos. Se realizan, además, ensayos de absorción que, comparados con los patrones, duplica el porcentaje de estos, aunque es normal tratándose de materiales porosos.

**Palabras clave:** Áridos; bloque hueco de hormigón; árido ligero; tobas vítreas.

---

Tutorado por el Dr. Carlos Leyva Rodríguez.

Recibido: 4 agosto 2019/ Aceptado: 17 noviembre 2019

## **Vitreous tuffs as aggregates light in the town of Flores, Banes**

**Abstract:** The physical-mechanical properties of the vitreous tuffs of the Flores reservoir were evaluated to be used as aggregate, a substitute for coarse aggregate (granite 3/8) in the manufacture of hollow concrete blocks. These blocks were tested where they were found to comply with the provisions of the standard (NC 247: 2010). It was demonstrated by the compression resistance test that the strength of the blocks complies with the provisions of the standard, despite being a non-traditional material for these uses. In addition, absorption tests are carried out which, compared to the standards, double the percentage of these, although it is normal for porous materials.

**Key words:** Aggregates; hollow concrete block; light aggregate; vitreous tuffs.

## Introducción

Los áridos son un material necesario para la sociedad actual porque estos se emplean en cantidades muy importantes en todos los ámbitos de la construcción, ya sea en vías de comunicación, obras de infraestructura, equipamientos, vivienda, industria química.

El árido ligero es un material física y químicamente neutro, que no desprende gases ni malos olores, no se pudre y no es atacable por parásitos, hongos o roedores. No le afectan las sustancias químicas y es altamente resistente a las heladas y a los cambios bruscos de temperaturas.

En la actualidad se emplea la toba vítrea de los yacimientos Guaramanao y Ají de la Caldera en la producción de limpiador doméstico (GEOLIMP) y de lijas, ambos productos comercializados a nivel nacional (Gómez *et al.*, 2011).

La utilización de las tobas como material para la construcción tiene antecedentes favorables en Cuba (Pérez, 2011; Costafreda, Calvo y Parra, 2010). Almenares (2011) determinó las propiedades puzolánicas de los materiales tobáceos de la región de Holguín, con perspectivas a ser utilizadas como puzolanas naturales.

Esta investigación tiene como objetivo determinar las propiedades físico-mecánicas de las tobas vítreas de la localidad de Flores para ser empleadas como árido ligero, en la construcción de bloques huecos de hormigón.

## Materiales y métodos

### Toma de la materia prima

La materia prima se tomó en el yacimiento de Flores ubicado en la parte noroeste de la cooperativa 26 de Julio, a 4 km al norte del poblado de Flores.

### Preparación de la materia prima

La muestra se sometió a un proceso de trituración manual con un mazo de 5 kg, reduciéndola hasta obtener fragmentos menores de 100 mm; seguidamente se procedió a la trituración empleando una trituradora de mandíbula.

Al producto se le realizaron manualmente dos operaciones de cribado de control, la primera con un tamiz de 9 mm de malla, la segunda con uno de 4 mm. El retenido de la segunda etapa de cribado se designó para la fabricación de bloque hueco de hormigón.

Para la fabricación de los bloques huecos de hormigón patrones se utilizó árido grueso-graba (granito 3/8 procedente de Banes (ECOPP)), árido fino–(polvo de piedra procedente de Banes (ECOPP)) y cemento PP-350.

### **Fabricación de bloques huecos de hormigón**

Se realizó la producción de los bloques huecos de hormigón en la bloquera de Banes perteneciente al ECOPP. Se utilizó una máquina estacionaria de hacer bloques de 10 con todos sus elementos unidos entre sí con estructura metálica de vigas y angulares, así como los elementos, moldes y mecanismos que permiten el vertido, el zarandeo y la compactación de la mezcla.

Las mezclas para la producción de los bloques se fabricaron en una hormigonera. Terminado el proceso se trasladaron los bloques para el secado y curado. El curado se llevó a cabo rociándole agua a cada uno de los bloques durante una semana.

En el caso del granito de toba vítrea se le roció agua antes de hacer la mezcla para evitar que este material absorbiera el agua de esta, ya que este material es muy poroso y no le daría tiempo al cemento a reaccionar. Según la norma NC 247: 2010 los bloques producidos se clasifican de tipo III, que son los que tienen 10 cm de espesor.

### **Descripción de los ensayos realizados a los bloques huecos de hormigón**

Determinación de las dimensiones

Se efectúa la medición de cada uno de los bloques que constituyen la muestra y se determina el promedio de todas sus dimensiones. Esta medición se puede realizar con una cinta metálica con valor de división de un milímetro o regla graduada con igual valor de división, siguiendo el plan establecido como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Plan establecido para determinar las dimensiones de fabricación de los bloques

Dimensiones	Procedimiento de medición
Longitud	3 mediciones en las cabezas
Anchura	7 mediciones en 3 puntos por la cara superior y 3 puntos por la cara inferior
Altura	6 mediciones en 3 puntos de cada cara lateral

La dimensión promedio ( $\bar{X}$ ) se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (1)$$

Donde

$\bar{X}$ : Dimensión promedio de la muestra, mm;

$X_i$ : Dimensión de cada bloque, mm;

$n$ : Tamaño de la muestra (número de bloques que constituyen la muestra).

### Resistencia a compresión

Este método se establece para determinar el valor de la resistencia media a la compresión de los bloques. Cada bloque es sometido a una carga de compresión en el sentido longitudinal de los huecos hasta la rotura, determinándose la resistencia a la compresión.

### Preparación de las muestras de ensayo

Se eliminaron las irregularidades en las caras de los bloques con el hacha de albañil y la lima de grano grueso. Se cortó el bloque en dos partes por la mitad con una sierra de disco. Se colocó una capa de pasta (capping) sobre la superficie de carga y apoyo de los bloques para nivelarlas. La capa de nivelación de la superficie de carga y apoyo puede estar constituida por un mortero de cemento gris P 350 y yeso con una proporción de 4:1 (4 partes de cemento con una parte de yeso); se adicionó agua hasta que adquiriera una consistencia pastosa capaz de asentar el bloque y no disgregarse bajo su peso. La resistencia a compresión de estos morteros será superior a la especificada para los bloques.

Para la aplicación de la capa de nivelación se vertió el mortero preparado sobre la superficie engrasada y se esparció con la cuchara de albañil, formando una capa uniforme. Rápidamente se colocó el bloque sobre esta capa y se comprobó su perpendicularidad con la base por medio de un nivel de burbuja en posición vertical

acomodándolo con golpes ligeros con el mango de la cuchara de albañil hasta que quedara bien asentado el bloque; se retiró el material sobrante por los lados una vez rematados estos con un movimiento de la espátula entrante hacia arriba. Al notarse el endurecimiento de la mezcla antes de las dos horas de colocado el recape, se producirá un leve movimiento sobre el plano horizontal al bloque para evitar su adherencia a la meseta, después se levanta retirándose de la misma y se coloca de forma vertical evitando dañar la capa de nivelación en las esquinas.

Se limpió la meseta y se repitió el mismo proceso para aplicar la segunda capa de nivelación sobre la otra cara del bloque, se comprobó el paralelismo y la verticalidad de las caras por medio del nivel de burbujas, esperándose entre 24 horas y 72 horas para efectuar el ensayo.

Para realizar el ensayo cada bloque se colocará suavemente sobre el plato inferior de la máquina de ensayos a compresión sin deslizarlo por este y sobre un área previamente determinada con un centro geométrico conocido que coincide con el eje de carga de la máquina.

Al poner en contacto la cara superior del bloque con el plato superior de la máquina se hará suavemente sin que se produzcan impactos al bloque y que se garantice un buen contacto entre ambas superficies.

En el momento en que la superficie de la cara superior de la prensa hidráulica y el bloque tengan contacto se comienza a aplicar una carga a velocidad constante de 5 kN/s hasta determinar el esfuerzo máximo hasta la rotura.

Para el ensayo de resistencia a la compresión se aplicó una carga de velocidad constante de 5 kN/s en el sentido longitudinal de los huecos hasta determinar el esfuerzo máximo hasta la rotura.

### **Expresión de los resultados**

La resistencia a la compresión de cada bloque ( $R'_{ci}$ ) se calcula por la expresión:

$$R'_{ci} = \frac{F_j}{A_j \cdot 1000}$$

Donde:

$R'_i$ : Resistencia a la compresión de cada bloque, MPa;

$F_j$ : Carga de rotura, kN;

$A_j$ : Área de la sección bruta del bloque, m.

La resistencia a la compresión media ( $R'_m$ ) se calcula por medio de la expresión:

$$R'_m = \frac{\sum_{i=1}^n R'_i}{n}$$

Donde:

$R'_m$ : Resistencia a la compresión media, MPa;

$n$ : Tamaño de la muestra de ensayo.

### Absorción

El ensayo de absorción tiene como objetivo determinar la capacidad de los bloques para absorber una cierta cantidad de agua, donde deberán cumplir con los valores máximos según la categoría de estos, fijados en la norma.

Se colocan los bloques enteros en la estufa por 24 horas a una temperatura de 100 °C aproximadamente, separadas entre sí y se secan hasta tener una masa constante. Se extraen y se dejan enfriar el tiempo necesario para que puedan manipularse sin uso de protección, realizándose dos o tres pesadas por intervalos de una hora; si estas pesadas sucesivas no difieren del 1 %, los bloques o las porciones estarán a masa constante; tomándose el valor de la última pesada como la masa constante.

Concluido este proceso se colocaron los bloques dentro del estanque lleno de agua de forma que este los cubra totalmente. Se dejaron sumergidas 24 horas y se escurrieron sobre parrillas metálicas. El agua superficial se eliminó con paño húmedo hasta que pierdan el brillo, cuidando de no exponerlas al sol durante este proceso. Se pesan, determinándose así la masa húmeda y la diferencia de ambos pesos muestra el porcentaje de absorción de cada bloque que se calcula por medio de la ecuación:

$$A_i = \frac{M_{hi} - M_{si}}{M_{hi}} \cdot 100 \%$$

Donde:

$A_i$ : Absorción de la muestra, %;

$M_{hi}$ : Masa húmeda de cada unidad de la muestra, kg;

$M_{si}$ : Masa seca de cada unidad de la muestra, kg.

La absorción promedio ( $A_m$ ) se calcula por la fórmula:

$$A_m = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{n}$$

### Determinación de la disminución de masa

Este ensayo se realiza con el objetivo de determinar la cantidad de masa que pierde el bloque hueco de hormigón de árido ligero con respecto al patrón.

Se pesan los bloques a temperatura ambiente con una balanza y se toman los valores, después se colocan en la estufa por 24 horas a una temperatura de 100 °C aproximadamente, separadas entre sí y se secan hasta tener una masa constante. Se extraen y nuevamente se pesan.

Mediante las expresiones siguientes se determina la disminución de la masa de los bloques a temperatura ambiente y en estado seco.

$$DM_{amb} = \frac{MP_{amb} - MTV_{amb}}{MP_{amb}} \cdot 100$$

$$DM_{seco} = \frac{MP_{seco} - MTV_{seco}}{MP_{seco}} \cdot 100$$

Donde:

$DM_{amb}$  y  $DM_{seco}$ : es la disminución de la masa en el medio ambiente y en estado seco respectivamente, %;

$MP_{amb}$  y  $MP_{seco}$ : es la masa del bloque patrón en el medio ambiente y en estado seco, respectivamente, kg;

$MTV_{amb}$  y  $MTV_{seco}$ : es la masa del bloque con toba vítrea como granito en el medio ambiente y en estado seco, respectivamente, kg.

La disminución de masa promedio se calcula por la ecuación:

$$DM_i = \frac{\sum_{i=1}^n (MP_i - MTV_i)}{n}$$

Donde:

$DM_i$ : es la disminución de la masa en el medio, %;

$MP_i$ : es la masa del bloque patrón en el medio, kg;

$MTV_i$ : es la masa del bloque con toba vítrea como granito en el medio, kg.

### Resultados de las mediciones realizadas a los bloques huecos de hormigón

Las mediciones se le realizaron a cuatro bloques patrones, con una cinta métrica metálica con un valor de división de 1 mm. En la Tabla 2 se reflejan los resultados de las mediciones realizadas.

Tabla 2. Resultados de las mediciones realizadas a los bloques patrones

Elemento	Largo; m	Ancho; m	Alto; m
Bloque 1	0,400	0,100	0,196
Bloque 2	0,400	0,100	0,196
Bloque 3	0,400	0,100	0,195
Bloque 4	0,400	0,100	0,196
Promedio	0,400	0,100	0,196

Todas las mediciones realizadas a los bloques se encuentran en el rango de aceptación admisible de la norma (NC 247: 2010) (Tabla 3).

Tabla 3. Dimensiones principales y tolerancias admisibles

Tipo de bloque	L ( $\pm 0,003$ m)	b ( $\pm 0,003$ m)	h ( $\pm 0,003$ m)
I	0,495	0,200	0,195
	0,395		
II	0,495	0,150	
	0,395		
III	0,495	0,100	
	0,395		
IV	0,495	0,065	
	0,395		

Con el mismo procedimiento que se le realizaron las mediciones y el cálculo del promedio de los bloques patrones se le realizó a cuatro de tobas vítreas. En la Tabla 4 se exhiben los resultados de este ensayo.

Tabla 4. Resultados de las mediciones realizadas a los bloques de tobas vítreas

Elemento	Largo; m	Ancho; m	Alto; m
Bloque 1	0,400	0,100	0,195
Bloque 2	0,400	0,100	0,195
Bloque 3	0,400	0,100	0,195
Bloque 4	0,400	0,100	0,195
Promedio	0,400	0,100	0,195

Todas las mediciones realizadas a los bloques se encuentran en el rango de aceptación admisible de la norma NC 247: 2010.

### Resultados del ensayo de resistencia a compresión

El ensayo de compresión se le realizó a cuatro bloques de siete días. La Tabla 5 muestra los resultados obtenidos por la prensa hidráulica que se llevó a la unidad de (MPa).

Tabla 5. Comportamiento de la resistencia a compresión de los bloques patrones a siete días

Patrón	Compresión; MPa
Bloque 1	3,524
Bloque 2	2,456
Bloque 3	2,580
Bloque 4	2,600
Promedio	2,790

Se puede observar en la tabla anterior que todos los valores se encuentran por encima de 2 MPa que es el valor mínimo requerido por la norma NC 247: 2010.

### Especificaciones para este tipo de bloque

Se realizó a los cuatro de tobas vítreas con el mismo procedimiento del ensayo a los bloques patrones, como se indica en la Tabla 6.

Tabla 6. Resistencia a compresión de los bloques de tobas vítreas a los siete días.

Toba vítrea	Compresión; MPa
Bloque 1	2,321
Bloque 2	2,250
Bloque 3	2,290
Bloque 4	2,285
Promedio	2,311

Como se puede observar todos los bloques de toba vítrea cumplen con el valor mínimo que exige la norma NC 247: 2010 pero comparado con los patrones hay una disminución de la resistencia.

A los 28 días se volvió a realizar este ensayo a los bloques patrones, con el mismo procedimiento que se le realizó a los siete días, como se refleja en la Tabla 7.

Tabla 7. Comportamiento de la resistencia a compresión de los bloques patrones a los 28 días

Patrón	Compresión; MPa
Bloque 1	4,520
Bloque 2	4,503
Bloque 3	4,443
Bloque 4	4,633
Promedio	4,522

Se puede observar en la tabla anterior que todos los valores se encuentran por encima de 2,5 MPa, que es el valor mínimo requerido por la norma NC 247: 2010.

En la Tabla 8 se muestran los resultados obtenidos de los bloques de toba vítrea. A los 28 días se encuentran acorde a la norma NC 247:2010, pero igual que el resultado de los siete días bajan la resistencia comparado con los patrones.

Tabla 8. Comportamiento de la resistencia a compresión de los bloques de toba vítrea a la edad de 28 días

Toba vítrea	Compresión; MPa
Bloque 1	3,750
Bloque 2	4,130
Bloque 3	4,450
Bloque 4	3,750
Promedio	4,020

La determinación del promedio de la resistencia a la compresión de los bloques patrones y de toba vítrea se realizó mediante la ecuación 3. Los resultados de este cálculo se grafican en la Figura 1.

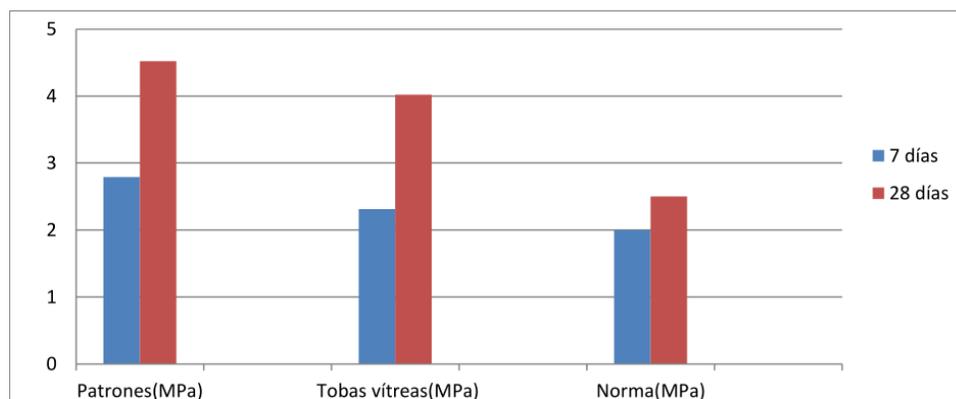


Figura 1. Promedio obtenido del ensayo de la resistencia a la compresión realizado a los bloques.

El promedio de todos los bloques ensayados cumple satisfactoriamente con la resistencia mínima establecida en la norma (NC 247: 2010), la cual especifica que los bloques tipo III el valor mínimo de resistencia a la compresión a 7 y 28 días es de 2 MPa y 2,5 MPa, respectivamente, pero al comparar los de toba vítrea con los patrones se puede observar que hay una pequeña disminución de la resistencia.

### **Análisis de los resultados del ensayo de absorción**

El ensayo de absorción de los bloques huecos de hormigón se les realizó a bloques patrones producidos con la dosificación antes mencionada en el capítulo II para obtener la cantidad de agua que pueden absorber. La Tabla 9 muestra los resultados del ensayo de absorción a los bloques patrones.

Tabla 9. Absorción de los bloques huecos de hormigón patrón

Elementos	Peso seco kg	Peso húmedo kg	Absorción %
Bloque 1	13,560	13,900	2,446
Bloque 2	13,710	14,010	2,141
Bloque 3	13,623	14,103	3,404
Promedio	13,630	14,004	2,663

Se obtiene que el porcentaje de absorción de los bloques patrones realizado en la ECCOP varía de 2,141 % hasta 3,404 %. La Tabla 10 recoge los resultados del ensayo de absorción a los bloques de tobas vítreas. El porcentaje de absorción de los bloques, mediante el empleo de toba vítrea es mayor comparándolo con los patrones, que varía de un 5,6 % hasta un 5,7 %.

Tabla 10. Absorción de los bloques huecos de hormigón con la toba vítrea como grava (granito 3/8)

Elementos	Peso seco g	Peso húmedo g	Absorción %
Bloque 1	12,740	13,450	5,6
Bloque 2	12,820	13,550	5,7
Bloque 3	12,870	13,610	5,7
Promedio	12,810	13,536	5,7

El promedio de la absorción de los bloques patrones y de toba vítrea se determinó mediante la ecuación 5, el resultado se revela en la Figura 2.

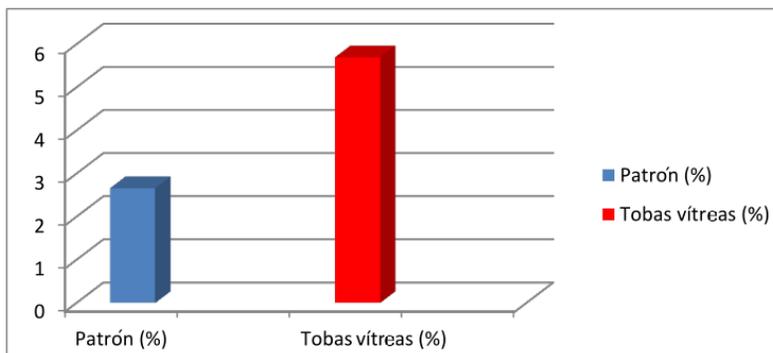


Figura 2. Promedio obtenido del ensayo de absorción realizado a los bloques.

La norma NC 247: 2010 no tiene límite de absorción para los bloques de 10 mm de espesor porque estos son empleados solamente para paredes divisoras, pero comparándolo con los patrones (Figura 2) se puede apreciar que aumenta el porcentaje de absorción de estos bloques.

**Resultados de la determinación de disminución de masa**

Este ensayo se le realizó a dos bloques de cada tipo, patrones y de tobas vítreas a la temperatura ambiente. Los resultados se obtuvieron mediante la ecuación 6, los cuales se muestran en la Tabla 11. En cada bloque que se empleó toba vítrea hay una disminución de masa mayor que el 8 %.

Tabla 11. Determinación de disminución de masa de los bloques en el medio ambiente

Elementos	Patrón (kg)	Toba vítrea (kg)	Masa perdida (%)
Bloque 1	14,350	13,280	7,472
Bloque 2	14,508	13,190	9,084
Promedio	14,429	13,235	8,278

Mediante la ecuación 7 se definió la pérdida de masa para el estado seco. La Tabla 12 expone que en estado seco la toba vítrea reduce la masa del bloque en un valor no menor del 7 %.

Tabla 12. Determinación de disminución de masa de los bloques en estado seco

Elementos	Patrón (kg)	Toba vítrea (kg)	Masa perdida (%)
Bloque 1	13,240	12,353	6,699
Bloque 2	13,300	12,240	7,969
Promedio	13,270	12,296	7,334

Mediante los resultados obtenidos anteriormente y la ecuación 8 se determinó el promedio de disminución de la masa de los bloques con la sustitución de la grava (granito 3/8) por toba vítrea, como se indica en la Figura 3.

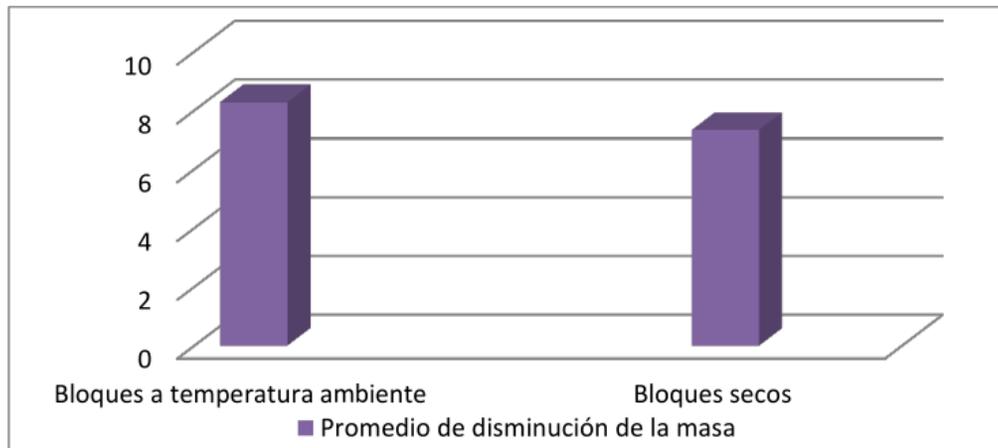


Figura 3. Promedio del porcentaje disminución de la masa de los bloques de toba vítrea con respecto a los patrones.

Como se muestra en la Figura 3 los bloques a temperatura ambiente reducen la masa en un promedio de 8,278 % comparados con los bloques en estado seco el promedio de disminución de la masa es de 7,334 %.

### Conclusiones

Se realiza un análisis químico y mineralógico a las tobas vítreas de la región de Flores municipio Banes.

Se especifica el comportamiento de las tobas vítreas al ser empleadas como árido ligero en la construcción de bloques huecos de hormigón, dando como resultado bloques un poco más ligeros y con una resistencia dentro de la norma cubana.

Se efectúan ensayos de resistencia a la compresión a los 7 días, con un valor promedio de 2,7 MPa el patrón y 2,3 MPa el de tobas vítreas; a los 28 días los resultados de la resistencia a la compresión de los bloques patrones aumentaron de 2,7 MPa a 4,5 MPa y de 2,3 MPa a 4 MPa para los de toba vítrea, quedando conforme con la exigencia de la norma cubana (NC 247: 2010) como mínimo.

Se determina la absorción de cada bloque a ensayar obteniendo un promedio de 5,7 % para los de toba vítrea que duplica el 2,3 % de los patrones.

## Referencias bibliográficas

- ALMENARES, R. 2011. *Perspectivas de utilización de tobas vítreas y zeolitizadas de la provincia Holguín como aditivo puzolánico*. Tesis de maestría. Instituto Superior Minero Metalúrgico.
- COSTAFREDA, J. L.; CALVO, B. Y PARRA, J. L. 2010. Criterios para el aprovechamiento de tobas dácíticas en la sustitución de cemento Portland en morteros y hormigones. VIII Jornadas Iberoamericanas de Materiales de Construcción. Lima, Perú, 23-24 de agosto. Consulta: 12 de may de 2019. Disponible en: [http://oa.upm.es/11669/2/Materiales\\_de\\_construcci%C3%B3n.Criterios\\_de\\_sostenibilidad\\_y\\_desarrollo.pdf?#page=21](http://oa.upm.es/11669/2/Materiales_de_construcci%C3%B3n.Criterios_de_sostenibilidad_y_desarrollo.pdf?#page=21)
- GÓMEZ, L. J.; GONZÁLEZ, V.; LAVANDERO, R. M.; GONZÁLEZ, E. M.; GÓMEZ, O.; BRAVO, F.; ALTARRIBA, I.; BATISTA, R.; TORRES, J. L.; GARCÍA, M. Á.; HERRERA, F.; PÉREZ, H. Y NOEL, W. 2011. Rocas y minerales industriales de la República de Cuba. En: Cuarta Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, GEOCIENCIAS'2011. Memorias. La Habana, 4-8 abril 2011. ISBN: 978-959-7117-30-8. Consulta: 24 may 2018. Disponible en: [http://www.redciencia.cu/geobiblio/paper/2011\\_Gomez\\_GEO3-CE1.pdf](http://www.redciencia.cu/geobiblio/paper/2011_Gomez_GEO3-CE1.pdf)
- NORMA CUBANA NC 247: 2010. Bloques huecos de hormigón-Especificaciones. Oficina Nacional de Normalización. La Habana.
- PÉREZ, Y. 2011. Evaluación de tobas vítreas y zeolitizadas de la provincia Holguín para su utilización como puzolana natural en la construcción. *Ciencia & Futuro* 1(4): 41-51.