



Artículo Original

El ladrillo de bloque de tierra comprimida: una alternativa para reducir la carga ambiental

Compressed earth block brick: an alternative to reduce the environmental burden

Bessy María Ramos Rivera,¹ Julio César López Zerón

Facultad de Ingeniería, Universidad Tecnológica Centroamericana, Tegucigalpa, Honduras

Historia del artículo:

Recibido: 26 junio 2019

Revisado: 13 septiembre 2019

Aceptado: 13 noviembre 2019

Publicado: 30 diciembre 2019

Palabras clave

Ladrillo tradicional
Ladrillo de tierra comprimida
Medio ambiente
Propiedades mecánicas

Keywords

Compressed earth block
Environment
Mechanical properties
Traditional block

RESUMEN. Introducción: El ladrillo de arcilla cocida ha sido utilizado con mucha frecuencia para la construcción. El proceso de fabricación consiste en la cocción de la arcilla en hornos artesanales que desprenden dióxido de carbono (CO₂). El CO₂ es un desecho primario que incrementa la carga ambiental de los gases efecto invernadero. El objetivo del estudio fue evaluar la resistencia de un material alternativo conocido como ladrillo o bloque de tierra comprimida (BTC). **Métodos:** El estudio fue descriptivo. Los ladrillos de arcilla y BTC fueron elaborados y comparados mediante la principal propiedad mecánica que es la resistencia a la compresión (f^c). **Resultados:** La resistencia de los ladrillos tradicionales fue menor a 1,000 psi, mientras que la resistencia de los ladrillos BTC con adiciones de cemento Portland y cascarilla de arroz alcanzaron un valor mayor a 1,500 psi. **Conclusión:** El ladrillo BTC mejorado con cemento cumple con el requisito estructural NW (intemperismo despreciable) y según su absorción, se puede clasificar como de intemperismo moderado (MW) que puede ser una alternativa de construcción amigable con el ambiente.

ABSTRACT. Introduction: Baked clay blocks have been used very frequently for construction. The manufacturing process involves cooking clay in artisanal furnaces that gives off carbon dioxide (CO₂). CO₂ is a primary waste that increases the environmental burden of greenhouse gases. The study aim was to evaluate resistance of an alternative material known as compressed earth block (CEB). **Methods:** The study was descriptive. Clay blocks and CEB were compared using its main mechanical property, that is, compressive strength (f^c). **Results:** Resistance of traditional blocks was less than 1,000 psi, while the resistance of CEB with additions of Portland cement and rice husks reached a value greater than 1,500 psi. **Conclusion:** The CEB meets the structural requirement NW (negligible weathering). From an absorption point of view, CEB can be classified as moderate weathering (MW).

1. Introducción

Los ladrillos se fabrican en diferentes colores, generalmente rojo o anaranjado, dependiendo de la temperatura de cocido durante la fabricación (Mamlouk & Zaniewski, 2009). La temperatura de cocido varía entre 900°C y 1200°C (1,650°F a 2,200°F) para fabricar los ladrillos. Los ladrillos de arcilla tienen una densidad de 2 Mg/m³ (125 libra/pie³).

La emisión del dióxido de carbono (CO₂) es un gas invernadero que surge del proceso de fabricación del ladrillo. Este es el resultado de la cocción del ladrillo a altas temperaturas en hornos tradicionales elaborados en forma artesanal. En la actualidad, el sector de la construcción está enfrentando la insostenibilidad (Amorós García, 2011). El

impacto medioambiental debe reducirse, específicamente el que provoca la producción de materiales para la edificación. La emisión de CO₂ a la atmósfera es un indicador básico del impacto ambiental. Para llevar a cabo el cálculo de este indicador, no sólo se debe tomar en cuenta la fase de producción/extracción del material, sino que también la energía que se consume en todos los procesos pertinentes a su vida útil.

En el 2000, los procesos industriales generaron 689.97x10⁹ gr (689,970 Ton) representando un 9.87% del total de las emisiones de CO₂, según el Inventario de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) (SERNA, 2012). La emisión de gases de efecto invernadero (GEI) por causa de la cocción de ladrillos de arcilla fue una causa que se describió en el INGEI. El ladrillo o bloque de tierra comprimida (BTC) puede representar una alternativa ecológica. Actualmente, el

¹ Autor correspondiente: bessyramos@unitec.edu. Universidad Tecnológica Centroamericana, Campus Tegucigalpa, Zona Jacaleapa, Tegucigalpa, Honduras. Disponible en 10.5377/innovare.v8i2.8989

ladrillo clásico artesanal a base de arcilla se usa en la construcción local (principalmente en el rubro de vivienda) (Soto & Sánchez, 2017). El ladrillo clásico artesanal a base de arcilla posee un proceso de confección a través de la combustión, especialmente de madera en hornos artesanales. Por otro lado, el ladrillo BTC es fabricado con compactación manual y/o mecánica por medio de una prensa hidráulica o equipo similar que genera determinado valor de presión (Ton, MPa o psi) sin ningún tipo de cocción.

Durante la mezcla de suelo pueden ser incorporados determinados porcentajes de “aditivos” o adiciones de materiales como ser el cemento o productos clásicos de desechos como ser hules, plásticos y desperdicios que son inevitables de la agricultura (e.g. cascarilla de arroz, bagazo de caña de azúcar). Estos aditivos pueden mejorar las principales propiedades de los ladrillos (resistencia a la compresión y porcentaje de absorción) reduciendo el impacto ambiental de los residuos sólidos y GEI por la quema típica de desechos agrícolas.

En Honduras, el ladrillo de arcilla cocida representa el tercer material de construcción más utilizado en la edificación de viviendas seguido por el bloque de concreto y adobe (INE, 2013). El ladrillo de arcilla es importante por su material a base de “tierra” conocido como el “adobe”. El adobe representa el principal material de construcción para viviendas independientes en las zonas rurales de Honduras.

Cabe resaltar, que el adobe es hecho con una base de arcilla calcárea arenosa o cualquier arcilla desértica aluvial con buenas propiedades plásticas y se seca constituyendo una masa dura y uniforme, la cual sufre un proceso de secado “al sol” (Hornbostel, 1999). El objetivo de este estudio fue mostrar las propiedades mecánicas del BTC a través de pruebas de laboratorio regulados por la normativa ASTM y así poder validar sus condiciones para determinadas obras civiles.

2. Métodos

2.1. Enfoque y alcance

La Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM), en su normativa C67, establece los procedimientos de laboratorio necesarios para conocer las propiedades físicas/mecánicas o geotécnicas de los ladrillos, particularmente para los ladrillos de arcilla cocida y ladrillos BTC (ASTM C216-10, 2010). Para establecer el control de calidad, se estudió dos propiedades fundamentales y posteriormente se compararon con las especificaciones técnicas para ladrillos de construcción incorporadas en la norma ASTM C62.

Se formularon cuatro hipótesis que consideraron la propiedad fundamental para elementos estructurales sometidos a compresión en su resistencia a su condición de carga (f'_c):

1) La media de f'_c para ladrillos tradicionales de arcilla cocida es igual a 1,000 lb/in².

- 2) La media de f'_c para ladrillos BTC de suelo (BTC-S) es igual a 1,000 lb/in².
- 3) La media de f'_c para ladrillos BTC de suelo + cemento (BTC-S+C) es igual a 1,500 lb/in².
- 4) La media de f'_c para BTC suelo + cemento + cascarilla (BTC-S+C+A) igual a 1,500lb/in².

2.2. Procedimientos de laboratorio realizados

2.2.1. Contenido de humedad

Se define como el cociente del peso de agua por el peso de sólidos en un volumen (Das, 2001).

2.2.2. Peso específico de sólidos

Se define como la relación del peso de un volumen dado del material al peso de un volumen igual de agua destilada (Das, 2015).

2.2.3. Límites de Atterberg

El límite de líquido determinado por medio de la copa de Casagrande (ASTM D-4318) se define como el contenido de agua con el cual se cierra una ranura de ½ pulgada (12.70 mm) mediante 25 golpes. El límite plástico se define como el contenido de agua con el cual el suelo se agrieta al formarse un rollito de ⅛ pulgada (3.18 mm) de diámetro (ASTM D-4318). La diferencia entre el límite líquido y el plástico es el índice de plasticidad (Das, 1999).

2.2.4. Ensayo de compactación de Proctor

Por norma ASTM D-698 y AASHTO T-99, se obtuvo la densidad seca máxima y el contenido de humedad óptimo. El suelo se mezcla con diferentes porcentajes de agua y luego se compacta en tres capas iguales por medio de un pisón que transmite 25 golpes.

2.2.5. Peso volumétrico

Respetando la norma ASTM C-29, se calcula dividiendo la masa de determinado tipo de agregado que llena un determinado recipiente entre el volumen de éste (Das, 2015).

2.3. Proceso para la elaboración y prueba de ladrillos BTC

En referencia al protocolo recomendado por Galarza (2018) para la conformación de los ladrillos BTC, a continuación, se detallan los principales pasos que fueron utilizados para completar dicho procedimiento técnico.

2.3.1. Elaboración de ladrillos ecológicos BTC

Utilizando una balanza electrónica marca “OHAUS” modelo AX8201/E, se cuantificaron 4,500 gr de suelo como

materia prima. Esta cantidad fue generada mediante ensayos de prueba y error. El objetivo fue un ladrillo con una altura aproximada de 7 cm, que es una altura típica para este tipo de ladrillo. Posteriormente, el ladrillo fue sometido al proceso mecánico de compactación. De acuerdo con cada tipo de ladrillo BTC, se mezcló el suelo básico con agua y las adiciones estudiadas (cemento y cascarilla de arroz) en los porcentajes debidamente propuestos.

Se elaboró un molde metal en forma artesanal con placas de acero de 1/2 in para este estudio. El molde fue engrasado y relleno en tres capas, compactada cada una con 25 golpes. El molde con determinada adaptación y relleno de material fue ingresado a la máquina de compresión para cilindros de concreto marca HUMBOLDT modelo CM-2500-DIR, con una capacidad máxima de 250,000lbs.

Se aplicó una carga de 43,500lb o 21.8Ton, que dividida entre la plana del ladrillo (50in²) brindó un esfuerzo de compresión aplicado de 870lb/in² (61.17 kgf/cm²). Este esfuerzo se encuentra dentro del rango de las presiones adecuadas (60-100 kgf/cm²) para compactar cualquier tipo de suelo, principalmente los suelos con presencia de granos gruesos y poca arcilla (Soto, 2018). Finalmente, el ladrillo BTC fue desmoldado/liberado y posteriormente sometido a proceso de curado al aire libre durante 7 días.

2.3.2. Ensayo de resistencia a la compresión

Con el apoyo de la máquina de compresión Humboldt, la resistencia a la compresión (ASTM C39) fue determinada comprimiendo de forma “plana” un ladrillo (aplicando carga vertical en dirección de la altura de la pieza). La carga de fractura fue calculada dividiendo entre el área de contacto con el pistón de la máquina de compresión.

2.3.3. Ensayo de absorción (coeficiente de saturación)

Según norma ASTM C67, el coeficiente de saturación fue calculada utilizando el peso/masa seca de los elementos,

peso/masa saturada luego de inmersión en agua fría durante 24 horas y el peso/masa saturada luego de inmersión en agua hirviendo durante 5 horas, utilizando un calentador de “baño maria” marca Hamilton Beach con temperatura máxima de 500 ° F.

2.4. Configuración y cantidad de ladrillos BTC

Para este estudio específico, la población propuesta para el experimento estuvo conformada por cuatro tipos de ladrillos: (1) tradicional de arcilla cocida, (2) BTC únicamente con suelo, (3) BTC con suelo + cemento y (4) BTC con suelo + cemento + cascarilla de arroz. La muestra fueron 10 ladrillos de cada tipo estudiado para el ensayo de compresión y cinco ladrillos de cada tipo para los ensayos de absorción.

Ladrillo Tradicional (LT)

$$y = 4 \cdot 10^{-10}x^6 - 9 \cdot 10^{-06}x^5 + 0.0857x^4 - 432.47x^3 + 1 \cdot 10^{06}x^2 - 2 \cdot 10^{09}x + 1 \cdot 10^{12}$$

con R²=0.9246, significando que un 92.46% de y es explicado por el modelo de orden 6.

Ladrillo de Suelo (BTC-S)

$$y = 0.0008x^3 - 9.0719x^2 + 34698x - 4 \cdot 10^{07}$$

con R²=0.6415, significando que un 64.15% de y es explicado por el modelo de orden 3.

Ladrillo de Suelo + Cemento (BTC-SC)

$$y = -2 \cdot 10^{-08}x^5 + 0.0003x^4 - 2.9892x^3 + 13154x^2 - 3 \cdot 10^{07}x + 3 \cdot 10^{10}$$

con R²=0.746, significando que un 74.60% de y es explicado por el modelo de orden 5.

Ladrillo de Suelo + Cemento + Cascarilla de Arroz (BTC-SCA)

$$y = -7 \cdot 10^{-07}x^4 + 0.0079x^3 - 35.214x^2 + 69392x - 5 \cdot 10^{07}$$

con R²=0.1159, significando que un 11.59% de y es explicado por el modelo de orden 4.

Cuadro 1

Datos finales de la resistencia a la compresión (F_c) para todas las muestras.

Ladrillo No.	Resistencia a Compresión F _c			
	LT	BTC-S	BTC-S+C	BTC-S+C+A
1	621.25 psi	1,118.33 psi	1,557.02 psi	1,948.39 psi
2	536.45 psi	955.77 psi	1,667.49 psi	1,702.63 psi
3	499.53 psi	963.80 psi	1,566.19 psi	1,872.80 psi
4	565.85 psi	1,211.16 psi	2,356.45 psi	1,797.95 psi
5	518.14 psi	1,021.32 psi	2,187.37 psi	1,959.90 psi
6	532.81 psi	1,079.71 psi	1,500.07 psi	1,851.63 psi
7	541.44 psi	881.35 psi	1,426.43 psi	1,788.18 psi
8	513.38 psi	1,025.59 psi	1,437.44 psi	1,823.12 psi
9	498.05 psi	871.81 psi	1,486.56 psi	1,780.64 psi
10	509.55 psi	883.56 psi	1,580.78 psi	1,926.48 psi

BTC-S+C = BTC-suelo+cemento; BTC-S+C+A= BTC-suelo+cemento+arroz

Los ensayos de absorción (coeficiente de saturación) se presentan en el Cuadro 5. Según la norma técnica de Perú, ITINTEC-331.017, generalmente a mayor coeficiente de saturación, mayor será la cantidad de agua que absorbe rápidamente el ladrillo. De acuerdo al criterio técnico establecido y a los resultados obtenidos, no fue posible establecer un coeficiente de saturación para el ladrillo-BTC porque las piezas sufrieron un proceso de desmoronamiento excesivo, ya que fueron sometidas a inmersión en agua fría durante 24 horas (Cuadro 5). Esto hizo imposible ejecutar la prueba de referencia. Por otra parte, una situación contraria se presentó para las piezas de BTC-suelo+cemento (coeficiente=0.95) y piezas de BTC-suelo+cemento+arroz (coeficiente=0.92), ya que se generaron los valores

descritos. Los valores cercanos fueron a 1. Se puede inferir que dichos ladrillos pueden ser utilizadas bajo condiciones donde reciban una protección adecuada contra la intemperie.

3. Discusión

Los ladrillos conformados por suelo únicamente o bloque de tierra comprimida (BTC) brindaron una resistencia a la compresión considerablemente mayor (el doble) que los ladrillos tradicionales de arcilla. No obstante, los ladrillos BTC reforzados con cemento y los ladrillos BTC reforzados con cemento y cascarillas de arroz superaron sus resistencias, con una diferencia altamente perceptible del patrón típico de las piezas tradicionales de arcilla.

Cuadro 2

Prueba de hipótesis para la media poblacional.

Muestra	LT	BTC-S	BTC-SC	BTC-SCA
H ₀ =	1,000.00 psi	1,000.00 psi	1,500.00 psi	1,500.00 psi
H ₁ <	1,000.00 psi	1,000.00 psi	1,500.00 psi	1,500.00 psi
A	0.05	0.05	0.05	0.05
T	-39.66	0.03	1.72	13.18
P-valor	1.02E-11	0.49	0.06	1.72E-07

Cuadro 3

Comparación de tipos de ladrillo. Prueba F para varianzas de dos muestras.

Ladrillo tradicional vs. BTC suelo.		
Muestra	BTC-S	LT
Media	1,001.24 psi	533.64 psi
Varianza	12,597.15	1,382.57
Observaciones	10	10
Grados de libertad	9	9
P(F<=f) una cola	0.0015	
	∴ varianzas desiguales	
Prueba t para muestras con varianzas desiguales		
P(T<=t) dos colas	7.60E-08	
	∴ sí existe diferencia entre las medias poblacionales.	
Tierra comprimida suelo (BTC-S) vs. tierra comprimida suelo+cemento (BTC-SC)		
Muestra	BTC-SC	BTC-S
Media	1,676.58 psi	1,001.24 psi
Varianza	105,098.78	12,597.15
Observaciones	10	10
Grados de libertad	9	9
P(F<=f) una cola	0.0021	
	∴ varianzas desiguales	
Prueba t para muestras con varianzas desiguales		
P(T<=t) dos colas	6.48E-05	
	∴ sí existe diferencia entre las medias poblacionales.	

Cuadro 4

Tierra+suelo+cemento (BTC-SC) vs. tierra+suelo+cemento+cascarilla (BTC-SCA). Prueba F para varianzas de dos muestras.

Muestra	BTC-SCA	BTC-SC
Media	1,845.17 psi	1,676.58 psi
Varianza	6,853.56	105,098.78
Observaciones	10	10
Grados de libertad	9	9
P(F<=f) una cola	0.0002	
	∴ varianzas desiguales	
Prueba t para muestras con varianzas desiguales		
P(T<=t) dos colas	0.14	
∴ no existe diferencia entre las medias poblacionales.		

Una muestra tangible de la calidad valorada consiste en el hecho que los ladrillos BTC con suelo y cemento y los BTC con suelo, cemento y cascarilla de arroz poseen resistencias medias que se encuentran por encima de la resistencia mínima que se utiliza para clasificar bajo el código NW (meteorización despreciable) a los ladrillos de construcción. En función de ello, los ladrillos BTC pueden ser utilizados con toda confianza en ambientes protegidos de la intemperie, a diferencia de las piezas de ladrillo tradicional, que no pueden ser calificadas por encontrarse debajo del mínimo estandarizado requerido por la norma de referencia.

El estudio se enfocó principalmente en el ladrillo, ya sea de arcilla cocida o BTC, como material de construcción individual. Esta pieza modular permite la conformación de determinado tipo de paredes (mampostería) cuya propiedad más importante es la resistencia a la compresión (f_m) (Uribe Vargas et al., 2019). En términos generales, la resistencia a compresión define la calidad estructural y el nivel de resistencia a la intemperie o cualquier causa de deterioro (Uribe Vargas et al., 2019). El principal factor que determina la resistencia a compresión de la mampostería (f_m) corresponde a la resistencia a la compresión del ladrillo que será utilizado (f_c) (Uribe Vargas et al., 2019). Esta fue la propiedad mecánica objeto principal del estudio.

Como evidencia de la importancia de esta propiedad, se estima que la resistencia a la compresión de la mampostería (f_m) representa aproximadamente entre un 25% y 50% de la resistencia a compresión de un ladrillo (f_c). Según los resultados obtenidos en la prueba de desgaste de los Ángeles, el material reciclado #4 con el que se realizó la mezcla 1, no cumple con la resistencia a la abrasión

recomendada por la norma ASTM C-131. Dicho lo anterior, el tamaño del material en cuestión no debe utilizarse para un pavimento de concreto hidráulico. Sin embargo, el agregado reciclado #4 cumple con todas las demás propiedades de un concreto estructural. Cuando se determinó el porcentaje óptimo de sustitución, se escogió la mezcla que presentó propiedades físicas y mecánicas iguales o similares a las de una mezcla de concreto hidráulico ordinario.

La característica o propiedad física de absorción corresponde al factor de estimación o predicción de la durabilidad que pueda tener determinada pieza y no representa una propiedad mecánica. Por lo tanto, una alta durabilidad o buen comportamiento al intemperismo puede ser clave si la pieza puede desarrollar una resistencia aceptable durante su desempeño a través de la vida útil de determinada obra.

Según la norma ASTM C62 (2012), se encontró que los ladrillos de alta resistencia poseen bajos porcentajes de absorción (especialmente luego de 5 hrs en agua hirviendo). Las piezas tradicionales de arcilla no cumplieron con la normativa. Según absorción, los ladrillos BTC con suelo y cemento pueden ser calificados como intemperismo moderado. De acuerdo a este parámetro, este tipo de ladrillos pueden ser utilizados para muros de mampostería que se encuentren expuestos a la intemperie en forma moderada. Sobre la prueba de absorción, se encontró que las piezas BTC no son infalibles, ya que cuando se intentó realizar la inmersión en agua fría (24 hrs) con las piezas conformados únicamente por suelo, dicha prueba falló de forma imponente. Esto se debió porque los ladrillos sufrieron un daño progresivo irreparable a causa del agua.

Cuadro 5

Absorción por inmersión en agua fría (24 hrs) y agua hirviendo (5 hrs) y coeficiente de saturación.

Propiedad	LT	BTC-S	BTC-S+C	BTC-S+C+A
Absorción por inmersión en agua fría durante 24 horas	23%	N/A	21%	22%
Absorción por ebullición durante 5 horas	26%	N/A	22%	24%
Coefficiente de Saturación	0.87	N/A	0.95	0.92

Por lo tanto, se recomienda que un ladrillo BTC óptimo debe poseer un aditivo estructurante (elemento que desempeñe una función cementante o de unión intra-partículas) como ser el cemento Portland o cascarilla de arroz (Chur Pérez, 2010).

Esto se debe a que los ladrillos BTC conformados con dichas adiciones soportaron en forma satisfactoria el ensayo de ebullición (5 hrs) y la inmersión de 24 horas, particularmente el ladrillo BTC con suelo, cemento y cascarilla de arroz (Cabo Laguna, 2011). La razón fue que la cascarilla de arroz sirvió como refuerzo interno para unir de forma integral a las partículas, sumado a la acción del cemento por causa de su fraguado (Fuentes Molina, Fragozo Tarifa, & Vizcaino Mendoza, 2015).

4. Conclusión

Se requiere de pruebas de laboratorio complementarias para diseñar características de sostenibilidad mecánica y/o ambiental del BTC, así se podrá extrapolar la utilización de materiales para paredes o muros exteriores de mampostería sometidos a ciclos importantes de intemperismo.

5. Contribuciones de los Autores

Ambos autores participaron en la revisión de literatura, el diseño, la ejecución de los experimentos y redactaron el artículo.

6. Reconocimientos

A Juan Carlos Reyes Zúniga, Ingeniero Civil y Coordinador Técnico del Laboratorio de la Carrera de Ingeniería Civil de UNITEC, Kevin Ariel Meza Banegas, Estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil de UNITEC, Ritza Mariela Pacheco Ordoñez, Estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil de UNITEC y a Walter Elías Lenigan Rodríguez, Estudiante de la Carrera de Ingeniería Mecatrónica de UNITEC por el apoyo técnico, contribución al proceso de fabricación de los ladrillos BTC y desarrollo de ensayos de laboratorio requeridos para el estudio.

7. Conflictos de Interés

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

8. Referencias Bibliográficas

- American Society for Testing and Materials [ASTM C216-10]. (2010). Standard specification for facing brick (Solid masonry units made from clay or shale).
- American Society for Testing and Materials [ASTM C62-12]. (2012). Standard specification for building brick (solid masonry units made from clay or shale). ASTM C62-12.
- Amorós García, M. (2011). Politécnica - Biblioteca Universitaria. Disponible en: http://oa.upm.es/9058/2/TESIS_MASTER_MARTA_AMOROS_GARCIA.pdf.
- Cabo Laguna, M. (2011). *Ladrillo ecológico como material sostenible para la construcción*. Universidad Pública de Navarra (UPNA). Disponible en: <https://academicia.unavarra.es/bitstream/handle/2454/4504/577656.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Chur Pérez, G. (2010). *Evaluación del uso de la cascarilla de arroz como agregado orgánico en morteros de mampostería*. Biblioteca Central de Universidad de San Carlos de Guatemala. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3173_C.pdf.
- Das, B. M. (2001). *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (Primera ed.). (C. Learning, Ed.) Estados Unidos de América: Thomson Learning. Recuperado el 6 de Diciembre de 2018.
- Das, B. M. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. México D.F.: Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.
- Fuentes Molina, N., Fragozo Tarifa, Ó. I., & Vizcaino Mendoza, L. (2015). Residuos agroindustriales como adiciones en la elaboración de bloques de concreto no estructural. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*.
- Hornbostel, C. (1999). *Materiales modernos para construcción - usos y aplicaciones*. México D.F.: Editorial Limusa S.A. de C.V.
- Instituto Nacional de Estadística [INE]. (2013). Instituto Nacional de Estadística [INE]. Disponible en: <http://170.238.108.227/binhnd/RpWebEngine.exe/Portal?BASE=CPV HND2013NAC&lang=ESP>.
- Mamlouk, M. & Zaniewski, J. (2009). *Materiales para ingeniería civil*. Madrid: Pearson Prentice Hall.
- Secretaría de Estado en los Despachos de Recursos Naturales y Ambiente de Honduras [SERNA]. (2012). Segunda comunicación nacional del Gobierno de Honduras ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Disponible en: <https://unfccc.int/resource/docs/natc/honnc2.pdf>.
- Soto, G. & Sánchez, L. (2017). Estudio comparativo de la resistencia a la compresión, absorción y dimensionamiento del ladrillo raflón producido en Quimistán, Chamelecón y Florida, Honduras. *Innovare*, 20.
- Uribe Vargas, C., Acevedo, M.J., González, G.E., Redondo, R., Duque, G., & Peña, L. (2019). *Análisis de la resistencia a la comprensión del concreto*. Universidad Tecnológica de Bolívar.