

# COMPARACIÓN ENTRE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE ADOBES TRADICIONALES Y BTC ESTABILIZADOS QUIMICAMENTE

Marcelo Vázquez<sup>1</sup>; Daniel Sebastián Guzman<sup>2</sup>; Jorge Mateo Iñiguez<sup>3</sup>

Universidad de Cuenca- Ecuador

<sup>1</sup>marcelo.vazquez@ucuenca.edu.ec; <sup>2</sup>sgf\_9g@hotmail.com; <sup>3</sup>mit\_2110@hotmail.com

**Palabras claves:** bloques de tierra comprimida, estabilización, cloruro de sodio, cal, cáscara de arroz

## Resumen

La crisis energética suscitada en la década de los 70 obligó a los países a buscar soluciones ecológicas en el campo de la construcción para reducir su consumo desmedido, en este contexto, los sistemas constructivos conformados por bloques de tierra adquirieron mayor importancia desplegándose investigaciones que buscan lograr mejoras técnicas tanto del sistema como de los materiales que lo constituyen. Desde esta visión la investigación pretende contribuir al desarrollo tecnológico, proponiendo una combinación de materiales alternativos que reemplacen a los empleados comúnmente como estabilizantes para la producción de bloques de tierra y así generar una técnica constructiva benéfica para el medio ambiente. De manera concreta se utiliza el prensado hidráulico para lograr piezas de tierra que mejoren las características mecánicas del material. Para su estabilización se experimenta con fibras vegetales alternativas a las que se han venido utilizando. Adicionalmente, en la investigación se experimenta con estabilizantes que cumplen características ecológicas y de menor impacto ambiental en su obtención. El reciclado es otra particularidad que se contempla en el estudio, partiendo de las disponibilidades del mercado y su costo de obtención. Para la elección del estabilizante óptimo se utiliza una matriz basada en parámetros ponderados que den como resultado el que mejor cumpla con los objetivos de la investigación. La producción de los bloques experimentales ha sido sometida a estudios físico-mecánicos utilizando normas internacionales de construcción en tierra; el método comparativo ha permitido lograr resultados entre los adobes tradicionales y los adobes mejorados. El resultado de los ensayos físico-mecánicos, demostrarán la eficacia de los estabilizantes experimentales, en el caso concreto de la investigación nos referimos a la cáscara de arroz y al cloruro de sodio con cal.

## 1. INTRODUCCIÓN

La presente investigación desarrolla una propuesta de mejoramiento de los bloques de tierra. Se da esta denominación a los mampuestos de tierra sin cocer que pueden contener una fibra vegetal u otros materiales para optimizar sus propiedades técnicas.

El sistema constructivo en adobe ha sido utilizado por distintas culturas a lo largo de la historia, en el caso de Ecuador y más concretamente en la región del austro los pueblos prehispánicos empleaban la tierra (adobe y bahareque) como material predominante para la construcción de sus viviendas (Pesantes; González, 2011). Sin embargo, en la actualidad, estas prácticas constructivas han caído en desuso debido a la introducción de nuevas técnicas de construcción que han provocado una subvaloración y desprestigio de estos sistemas.

A partir de esta problemática surge el interés por revalorizar el sistema constructivo de bloques de tierra debido a sus ventajas como sistema constructivo, además la tierra -insumo principal para la elaboración de los bloques- es de fácil obtención y no necesita de mano de obra especializada para su extracción.

Con el fin de desarrollar una propuesta de mejoramiento del material que constituye dichos bloques, se realiza un estudio práctico donde se emplean 3 tipos de estabilización que buscan optimizar las propiedades físico-mecánicas del bloque. Primero se emplea la estabilización física donde se realiza un correcto diseño de mezclas para la tierra con el fin de tener una composición granulométrica óptima; la estabilización mecánica en la cual se

somete a la mezcla de tierra a una prensa hidráulica; y finalmente la estabilización química donde para empezar se realiza el estudio de estabilizantes que modifiquen las propiedades del suelo. Posteriormente se realiza la elección del compuesto óptimo para la estabilización química mediante una matriz capaz de calificarla en cuatro aspectos: impacto ambiental, materiales reciclados, economía y mejora técnica.

## 2. OBJETIVOS

El objetivo de esta investigación es aplicar la estabilización física, mecánica y química a una propuesta de mejora de bloques de tierra, estudiar sus propiedades físico-mecánicas y compararlas con las propiedades físico-mecánicas de los adobes – bloques de tierra fabricados de forma tradicional.

## 3. METODOLOGÍA

Para la elaboración de la propuesta de mejora se ha realizado un análisis granulométrico por tamizado del suelo que conforma la materia prima principal para la elaboración de los bloques de tierra, con el fin de conocer su composición. Este análisis se ha realizado aplicando la norma ASTM D-422.

Para la determinación del índice de plasticidad se ha realizado ensayos de límite líquido y límite plástico de muestras de suelo siguiendo la norma ASTM D-4318.

A continuación se han analizado varias posibilidades de estabilización física en las mezclas que conformarían los bloques, esto debido a que en el ensayo granulométrico el suelo con el que se han de realizar los bloques de tierra y los adobes tradicionales cuentan con un porcentaje de arena de del 39% y un porcentaje de finos (arcilla y limos) del 61%. Según Saroza y otros (2008) no existe un consenso al momento de determinar el porcentaje óptimo de arcillas en una muestra para realizar bloques de tierra, sin embargo, el porcentaje mínimo debería ser un 15%. Barrios y otros (1986) mencionan que un porcentaje de arena es admisible entre el 55% a 65%. Al conocer estas connotaciones se ha decidido elaborar bloques de tierra cuya composición granulométrica se encuentre alrededor del 60% de arena y 40% de finos (arcilla y limos). Para esto se tuvo que adicionar arena en el suelo elegido con el fin de conformar una mezcla de tierra que alcance dicha composición granulométrica.

Posteriormente se ha determinado que los bloques se elaborarán mediante el uso de una prensa hidráulica con el fin de compactar la mezcla y determinar si existe una mejora en la resistencia a compresión (Figura 1). La comparación entre el bloque prensado de tierra se realiza con los adobes realizados por métodos tradicionales en el sector donde se realiza el estudio, en Cuenca, Ecuador. Con la finalidad de realizar el análisis comparativo se ha recurrido a un productor de adobes donde se ha elaborado dichos bloques de tierra por métodos tradicionales cuya composición granulométrica es igual a la de los bloques prensados (Espínola; Valderrama, 2011).



Figura 1. Máquina para fabricar bloque prensado y muestras de bloque prensado

Con el fin de optimizar las propiedades físicas y mecánicas del bloque de tierra se ha decidido incorporar estabilizantes químicos para probar su comportamiento al mezclarlos con tierra. Para la elección de los estabilizantes se ha realizado una clasificación según su tipo; posteriormente se ha procedido a elaborar una lista de parámetros mediante los cuales se califica cada compuesto. Los dos agregados con mayor puntuación serán los empleados en la mezcla de tierra que conformarán los bloques.

Para cumplir los objetivos propuestos en esta investigación los parámetros elegidos para calificar a los estabilizantes son los siguientes:

**Impacto Ambiental** – el impacto ambiental o la denominada huella de carbono se calcula considerando la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera, autores como Wiedmann y Minx (2008, apud Espíndola; Valderrama, 2011), mencionan que para el cálculo del impacto ambiental se toma en cuenta un gas único ( $\text{CO}_2$ ). Con el fin de evaluar el consumo energético en la elaboración de un material se debe tomar en cuenta la energía incorporada en su construcción que considera todos los procesos que fueron necesarios para llevar un material hasta el lugar donde se lo va a utilizar, esto comprende desde extracción hasta energía incorporada por transporte, logrando una calificación a cada material presente en la clasificación según dicho coste energético.

**Uso de materiales reciclados y/o reutilización de materiales** – se buscan materiales de bajo impacto ambiental o en su defecto materiales que aporten soluciones para reducir el despilfarro energético en la actualidad, se han considerado materiales reciclados como componentes para la estabilización del adobe, es decir, materiales que en su proceso de elaboración usen materia prima reciclada y/o procesada para la conformación de compuestos. También se considera como positivo la re-utilización de desechos.

**Economía** – se califica el costo extra que significa el agregar el estabilizante para la elaboración de un bloque. Además se califica la disponibilidad del material en el medio en el que se realiza el estudio, en Cuenca, Ecuador.

**Mejora de propiedades técnicas del suelo** – se realiza una revisión bibliográfica con el fin de identificar si existen estudios que mencionen el uso de cada uno de los estabilizantes en los suelos. Se califica de manera positiva estudios que mencionen el uso de los estabilizantes en suelos para mejorar la resistencia a la compresión y/o resistencia al agua, con el fin de mejorarlas propiedades físico-mecánicas.

Se califica cada apartado con puntajes que va de uno hasta cinco puntos siendo este puntaje el mayor. Se realiza una ponderación con el fin de dar más peso a los parámetros de impacto ambiental y mejora de propiedades técnicas en consideración de ser los más importantes. Estas valoraciones obedecen a un estudio de cada uno de los estabilizantes en la ciudad de Cuenca, Ecuador y la puntuación ha sido otorgada por los autores de este artículo después de conocer las distintas condicionantes presentes en el medio (Tablas 1-2).

Después de identificados los procesos para elaborar los bloques en la prensa hidráulica se ha procedido a su fabricación. Con el fin de identificar si los estabilizantes químicos producen una mejora, se realiza una primera muestra de 25 bloques que no contienen ningún estabilizante químico, cuya composición granulométrica contiene un 60% de arena y un 40% de finos (arcilla y limos). Posteriormente se realizan muestras de igual cantidad de bloques prensados con una similar composición granulométrica y se adiciona en la mezcla en seco el estabilizante químico elegido en porcentajes del 3%, 6% y 10%, es decir, se han realizado muestras cada una con 20 a 30 bloques prensados que contienen 60% de arena 40% de finos (arcilla-limos) y 3%, 6% y 10% de estabilizante. Los estabilizantes empleados en la mezcla son cáscara de arroz y cloruro de sodio. En el caso de los bloques estabilizados con cloruro de sodio se agrega un 2% de cal a la mezcla de tierra ya que después de consultar algunos autores, estos indican que al mezclar este compuesto con cal se estabiliza aún más. La dosificación utilizada para cada una de las propuestas se muestra en la tabla 3.

Tabla 1. Matriz para calificación de precio de estabilizantes

Estabilizante	Precio por kg	Peso específico kg/m <sup>3</sup>	Precio por m <sup>3</sup>	Ratio precio (RP)	Puntaje	Para la calificación del precio se aplica un ratio o relación entre los estabilizantes. Se obtiene el precio de cada estabilizante por kg y se calcula el precio para 1 m <sup>3</sup> . Posteriormente se toma el precio del estabilizante de mayor costo (resinas acrílicas) para 1 m <sup>3</sup> ; este se divide para el precio de cada uno de los otros estabilizantes. De esta manera se consigue una relación de precio entre todos los compuestos estudiados. Esta relación se establece en porcentajes, dando un puntaje de uno a cinco puntos a cada estabilizante según el porcentaje conseguido	
Cascara de arroz	0,004	780	3,12	100%	5		
Escorias de fundición	0,010	1500	15	100%	5		
Puzolana	0,017	1100	18,7	100%	5		
Cabuya	0,913	60	54,78	80%	4		
Cal	0,105	1000	105,4	80%	4		
Cloruro de sodio	0,090	1200	108	80%	4		
Cemento	0,144	1200	172,8	60%	3		
Yeso	0,162	1250	203	60%	3		
Almidón de yuca	0,760	500	380	60%	3	Precio por m <sup>3</sup>	Puntaje
Silicato de sodio	0,900	1380	1242	40%	2	%RP>90	5
Bitumen	2,950	800	2360,0	40%	2	60<%RP<90	4
Resinas acrílicas	2,639	1010	2665,5	40%	2	40<%RP<60	3
Aceite de linaza	7,149	940	6720	20%	1	20<%RP<40	2
Resina epóxica	6,247	1170	7308,6	20%	1	RP<20%	1

Tabla 2. Matriz para calificación y elección de estabilizantes

Estabilizante	Impacto ambiental	Material reciclado	Disponible	Mejora técnica	Precio	Total	Total ponderado	Ratio calidad
Cascara arroz	5	5	4	3	5	22	21,00	84%
Cloruro de sodio	4	1	5	3	4	17	18,00	72%
Cal	2	1	4	5	4	16	18,00	72%
Escorias de fundición	4	5	1	3	5	18	17,00	68%
Cabuya	4	1	4	3	4	16	17,00	68%
Cemento	1	1	5	5	3	15	17,00	68%
Almidón de yuca	4	1	4	3	3	15	16,00	64%
Silicato de sodio	3	1	4	4	2	14	15,50	62%
Yeso	1	1	5	3	3	13	14,00	56%
Puzolana	3	1	2	2	5	13	13,50	54%
Aceite de linaza	5	1	1	4	1	12	13,50	54%
Resinas acrílicas	1	1	4	4	2	12	13,50	54%
Resina epoxica	1	1	4	3	1	10	11,00	44%
Bitumen	1	1	3	3	2	10	11,00	44%
	20%	10%	20%	30%	20%			

Tabla 3. Dosificaciones de mezclas para la elaboración de bloques prensado

	Estabilizante	% Estabilizante	% Arena	% Arcilla y limo
Bloque Tipo	Ninguno	0	60	40
Bloque A	Cáscara de arroz	3	60	37
Bloque B	Cáscara de arroz	6	60	34
Bloque C	Cáscara de arroz	10	60	30
Bloque D	Cloruro de sodio	3	60	35
	Cal	2		
Bloque E	Cloruro de sodio	6	60	32
	Cal	2		
Bloque F	Cloruro de sodio	10	60	28
	Cal	2		

Con el fin de conocer las propiedades físico-mecánicas de los bloques fabricados se efectúan ensayos de compresión, absorción por capilaridad y humectación. El ensayo de humectación se realiza siguiendo la norma UNE-EN 41410:2008, donde se emplean dos bloques: uno para realizar el ensayo y un segundo como referencia. Para realizar este ensayo se coloca la cara del bloque que va a ser remojada sobre 3 piezas de apoyo de 3 mm de altura. Se añade agua hasta que quede sumergida 10 mm. Se mantiene sumergida 30 segundos. Se deja secar al aire hasta igualar al color del bloque de referencia y se observa su estado, anotando si aparecen las condiciones de rechazo como: grietas aleatorias, hinchamiento, pérdida de capacidad de suelo, penetración de agua en más del 70% de la anchura, pérdida de fragmentos mayores a 50 mm. Se debe repetir el proceso seis veces. Se consideran bloques aptos a los que después de pasados los 6 ciclos no presenten ninguna condición de rechazo de las antes mencionadas. Los ensayos de compresión y absorción por capilaridad al igual que el anterior sigue los lineamientos expuestos por la Normativa UNE-EN 41410:2008 para bloques de tierra comprimida por ser la más completa y está acorde a la definición del bloque realizado (BTC). Los ensayos de compresión se han realizado a los 15, 25, 32 días de elaborados los bloques prensados con el fin de identificar la influencia del tiempo de secado en la resistencia a compresión y de esta manera conocer el tiempo óptimo de secado para conseguir una mayor resistencia de las piezas. La variación de tiempo en el desarrollo de los ensayos obedeció a la disponibilidad de la máquina y del laboratorio para realizarlos.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 4 se exponen los resultados conseguidos de los ensayos a compresión, absorción y humectación.

Los bloques de tierra estabilizados mecánicamente (bloques prensados) sin ningún tipo de estabilizante se los denominarán "bloques tipo". Estos obtuvieron resistencias aceptables a la compresión. La normativa española UNE-EN 41410:2008 no estipula un mínimo aceptable para la resistencia a la compresión de bloques. Por esta razón, se toma en cuenta el esfuerzo mínimo admisible para adobes simples o estabilizados estipulados en la normativa peruana E.080, que especifica que la resistencia mínima debe ser superior a 1,17 MPa (12 kgf/cm<sup>2</sup>). La resistencia promedio conseguida al ensayar una muestra de 6 "bloques tipo" ha sido 2,03 MPa (20,71 kgf/cm<sup>2</sup>). La desviación estándar obtenida al realizar dicho ensayo ha sido de 0,31 MPa. Es necesario puntualizar que la Norma NEC (2011) para el caso de sistemas constructivos en tierra dispone la observancia de la Norma E.080.

Al agregar a la dosificación cáscara de arroz como estabilizante químico existe una mejora en la resistencia a la compresión, esto si comparar con los bloques tipo. Al agregar el 3% del

estabilizante se produce una mejora en la resistencia a compresión del 23%, 2,61 MPa (26,63kgf/cm<sup>2</sup>). La dosificación de 6% produce una mejora del 14%, 2,30 MPa (23,47 kgf/cm<sup>2</sup>). La dosificación que generó mejores resultados fue la correspondiente a la dosificación de 10% que obtuvo una mejora de su resistencia en casi un 50%, 2,84 MPa (29,05kgf/cm<sup>2</sup>).

Tabla 4. Promedio de resistencia a compresión, resultados de ensayo de absorción y humectación de bloques prensado

Material	Resistencia a la compresión (MPa)	% de absorción	Humectación	Desviación estandar
Adobe tradicional	0,518	sin ensayo	No cumple	
Adobe tradicional, estabilización física	0,673	sin ensayo	No cumple	
Bloque prensado tipo	2,031	19%	Cumple	0,31
Bloque prensado, Cascara de arroz (3%)	2,612	19%	Cumple	0,30
Bloque prensado, Cascara de arroz (6%)	2,302	15%	Cumple	0,40
Bloque prensado, Cascara de arroz (10%)	2,849	28%	Cumple	0,32
Bloque prensado, Cloruro de sodio (3%)+Cal (2%)	1,708	16%	Cumple	0,34
Bloque prensado, Cloruro de sodio (6%)+Cal (2%)	1,159	21%	Cumple	0,29
Bloque prensado Cloruro de sodio (10%)+Cal (2%)	0,765	28%	Cumple	0,33

En cuanto al tiempo de secado de las piezas, después de realizar los ensayos a los 15, 25 y 32 días, se ha identificado la influencia directa sobre la resistencia a la compresión. Después de ensayar a los 15 días de secado los “bloques tipo”, así como, los bloques con dosificaciones del 3%, 6% y 10% de cáscara de arroz, se ha podido determinar que bloques que contienen 10% de cáscara de arroz obtuvieron resistencias superiores. Mediante el tacto de las piezas, se ha identificado que, internamente, estos bloques contenían menor humedad, esto a diferencia del resto de muestras ensayadas que se ha podido constatar que constaban con mayor humedad, condición que puede haber influido en la resistencia final obtenida. Sin embargo, no existen datos suficientes que permitan corroborar dicha hipótesis. Posteriormente con los ensayos realizados a los 25 y 32 días, la resistencia a la compresión tanto de los “bloques tipo” como de las muestras elaboradas con dosificaciones del 3% y 6% de cáscara de arroz, se demuestra su incremento de modo sustancial. Los especímenes llegan a un pico de resistencia a los 25 días de secado en el caso de bloques empleados con el 3% de cáscara de arroz; y, a los 32 días para los bloques prensados con 6% de cáscara de arroz y los “bloques tipo”.

En el caso de las muestras que contienen 10% de cáscara de arroz si bien existió una mejora en la resistencia a compresión a los 25 y 32 días de secado, ésta resulta insignificante ya que aumentó alrededor del 7%.

Para el caso de las muestras estabilizadas con cloruro de sodio y sal, el ensayo a los 15 días de secado no ha podido ser realizado debido a que los bloques contenían un alto porcentaje de humedad. A los 25 días de secado, se observó que los bloques, cuya dosificación contenían un 3% de cloruro de sodio y 2% de cal, podían ser sometidos a los ensayos de compresión porque se encontraban con menor porcentaje de humedad. No obstante, los bloques con el 6% y 10% de cloruro de sodio aún se hallaban húmedos. A los 32 días de secado los bloques con el 6% y 10% de cloruro de sodio todavía contenían un

porcentaje de humedad significativo, que se evidenciaban en sus cantos, sin embargo, se procedió al ensayo de compresión con el fin de conocer su resistencia.

Los bloques prensados con el 3% de cloruro de sodio a los 15 días de secado y curado, obtuvieron resistencias superiores a la especificada en la normativa E.080, 1,70 MPa (17,42 kgf/cm<sup>2</sup>), sin embargo, estas fueron inferiores a las obtenidas por los “bloques tipo”; a los 32 días la resistencia a la compresión fue similar.

Los bloques prensados con el 6% y 10% de cloruro de sodio ensayados únicamente a los 32 días -las muestras seguían húmedas a los 15 y 25 días- dieron como resultado resistencias extremadamente bajas que no cumplen con los mínimos especificados en la normativa E.080, 1,15 MPa y 0,76 MPa (11,82 kgf/cm<sup>2</sup> y 7,80 kgf/cm<sup>2</sup> respectivamente).

Ulteriormente a los ensayos, se ha observado que todas las piezas de bloque prensado estabilizadas con cloruro de sodio, internamente contenían un alto porcentaje de agua aún a los 32 días de producción debido a que el estabilizante mantiene la humedad de la pieza y dificulta su secado.

Finalmente, de los ensayos realizados a los 15, 25 y 32 días se concluye que en el caso de los bloques estabilizados con cáscara de arroz, el tiempo adecuado de secado se encuentra entre los 15 y 25 días, a su vez, la tendencia evidenciada en los sondeos indican que al agregar mayor cantidad del estabilizante se necesita menor tiempo de secado, sin embargo, si existe una mayor cantidad de material, esta repercute en una menor resistencia debido a la absorción de agua de la pieza.

#### **4.1 Ensayos de humectación**

En los ensayos de humectación se ha observado que a excepción de la pieza estabilizada con un 10% de cáscara de arroz -que presentó condiciones de rechazo-, el resto piezas de bloque prensado cumplen con la normativa. Se ha identificado que a mayor porcentaje de cáscara de arroz agregada a la mezcla menor es la resistencia ante la humedad.

#### **4.2 Ensayos de absorción**

El ensayo ha permitido determinar que el porcentaje de humedad promedio de los “bloques tipo” es del 19%.

En cuanto a los bloques estabilizados con cáscara de arroz, los que contienen un 10%, absorben mayor cantidad de agua, llegando a un porcentaje promedio del 28%. Sin embargo, las muestras que contienen el 3% y 6%, tienen un porcentaje de absorción del 19% y 15% respectivamente. Según Minke (2001), esto se debe a la cantidad de poros generados en la mezcla de tierra con fibras vegetales. Las muestras estabilizadas con el 3% de cloruro de sodio y 2% de cal reducen la absorción del agua en un 3% con respecto a los “bloques tipo”.

Las muestras estabilizadas con 6% y 10% de cloruro de sodio y un 2% de cal en ambos casos tienen un porcentaje de absorción promedio mayor, siempre comparando con el “bloque tipo” que no contiene ningún estabilizante.

La normativa UNE-EN 41410:2008, que se ha tomado como referencia para realizar los ensayos, no especifica un porcentaje máximo admitido. Sin embargo, después de la investigación realizada, se puede concluir que los porcentajes de absorción obtenidos por las piezas elaboradas en esta investigación son aceptables, ya que, bloques de tierra prensada con patente registrada y calidad comprobada – similares a los realizados en esta investigación (como BTC con patente registrada como Cannabric o Bioterre)- tienen porcentajes de absorción que oscilan entre el 30% y 40%.

#### **4.3 Comparación de propiedades técnicas entre adobe tradicional y propuesta de mejoramiento**

La resistencia a la compresión de los bloques prensados supera en alrededor del 500% a los adobes tradicionales.

En el caso de los adobes tradicionales, no se han realizado ensayos de absorción debido a que distintos autores mencionan que la pieza tradicional fracasa antes de terminar dicha prueba. La resistencia a la humedad entre los adobes tradicionales y los propuestos en la investigación demuestran un incremento significativo en este orden, la razón, el prensado reduce la cantidad de poros, consiguiéndose menor absorción.

## 5. CONCLUSIONES

La compactación en prensa hidráulica genera un aumento significativo en la resistencia a la compresión y absorción de humedad de la pieza. Este aumento es concluyente si se compara con el adobe realizado por métodos tradicionales.

Al aplicar la compactación en una prensa hidráulica se ha constatado que existe una mejora sustancial en cuanto al tiempo de producción de las piezas. La máquina empleada al contar con una mezcladora mecánica y una prensadora con un molde múltiple -3 bloques simultáneamente- puede producir de 70 a 100 bloques prensados por hora con la participación de 4 obreros.

La estabilización química cumple un papel preponderante en la realización de una propuesta de mejoramiento para el adobe. La combinación del barro con materiales alternativos (estabilizantes) a los empleados en la construcción tradicional (paja) influye de manera directa en sus propiedades físico-mecánicas.

De los estabilizantes adicionados, se concluye que la cáscara de arroz funciona como material de mejoramiento y optimiza las propiedades técnicas del bloque prensado. Su bajo precio, así como, el poco volumen necesario de material para realizar el mejoramiento, hace que el costo de optimizar la resistencia sea casi nulo.

En cuanto al cloruro de sodio, se debe descartar su utilización como material de mejoramiento para el bloque prensado, ya que ralentiza el tiempo de secado, siendo incluso superior al de los adobes tradicionales. En cuanto a la resistencia a la compresión, tampoco se podría considerar como un compuesto que mejore su propiedad mecánica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Asociación Española de Normalización y Certificación (2008). UNE 41410 – Bloque de tierra comprimida para muros y tabiques. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo. Madrid: AENOR.

ASTM International D-4318-10 e1 (2010) Standard test methods for liquid limit, plastic limit, and plasticity index of soils. DOI: 10.1520/D4318

ASTM International D-422-63 (2007) e2. Standard test method for particle-size analysis of soils. DOI: 10.1520/D0422-63R07E02

Barrios, G.; Alvarez, L.; Arcos, H.; Marchant, E.; Rosi, D. (1986). Comportamiento de los suelos para la confección de adobes. *Informes de la Construcción*, 37(377), 44-49.

Espíndola, C.; Valderrama, J. (2011). Huella del carbono. Parte 1: conceptos, métodos de estimación y complejidades metodológicas. *Información Tecnológica*, 163-176. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642012000100017](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642012000100017)

Minke, G. (2001). *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. Kassel: Forschungslabor fur Experimentelles Bauen.

Norma Técnica de Edificación (1999) NTE E.080. Adobe. Lima: SENCICO

Norma Ecuatoriana de Construcción (2011). NEC – SE – VIVIENDA. Vivienda de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 m. MIDUVI

Pesántes, M.; González, I. (2011). *Arquitectura tradicional en Azuay y Cañar. Técnicas, creencias, prácticas y saberes*. Cuenca: INPC Regional 6

Saroz, B.; Rodríguez, M.; Menéndez, J.; Barroso, I. (2008). Estudio de la resistencia a compresión simple del adobe elaborado con suelos procedentes de Crescencio Vladés, Villa Clara, Cuba. *Informes de la Construcción*, 60(511), 41-47.

Wiedmann, T.; J. Minx. (2008). A definition of carbon footprint In: C. C. Pertsova, *Ecological Economics Research Trends*, n. 1, p. 1-11, Nova Science Publishers, Hauppauge NY, USA. Disponible en: [http://www.censa.org.uk/docs/ISA-UK\\_Report\\_07-01\\_carbon\\_footprint.pdf](http://www.censa.org.uk/docs/ISA-UK_Report_07-01_carbon_footprint.pdf)

## **AUTORES**

Marcelo Vázquez Solórzano, Arquitecto, Docente Titular del Área de Construcciones, Facultad de Arquitectura y Urbanismo-Universidad de Cuenca. 3er lugar premio ODEBRECHT edición 2014. Director de la Investigación “La Arquitectura y la construcción de Ecuador involucrada en el quehacer de la construcción sostenible” desarrollado en la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Cuenca.

Sebastián Guzmán Freire, Egresado de la Facultad de Arquitectura Universidad de Cuenca (2014), Auxiliar Investigación en proyecto de investigación “La Arquitectura y la construcción de Ecuador involucrada en el que hacer de la construcción sostenible” desarrollado en la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Cuenca.

Mateo Iñiguez Tinoco, Egresado de la Facultad de Arquitectura Universidad de Cuenca (2014).