



Bloques de tierra comprimida con adición de fibras vegetales como alternativa en la arquitectura de bajo impacto ambiental

Raquel Suárez Benítez¹, Jhon Fredy Rocha Jiménez²,
Hedy Carolina Peralta Ladino³.

¹Centro Agroindustrial y Fortalecimiento Empresarial de Casanare
Instructor área de construcción
rasuarezb@sena.edu.co
Sena Regional Casanare



Imagen ilustrativa.

Bloques de tierra comprimida
con adición de fibras vegetales
como alternativa en la arquitectura
de bajo impacto ambiental

Resumen

Los BTC (Bloques de tierra comprimida), también conocidos como el mejoramiento o evolución del adobe, son elementos prefabricados, utilizados en diferentes sistemas constructivos, que además de brindar características arquitectónicas, termodinámicas y económicas, son eficientes con el medio ambiente. El desarrollo del proyecto está enfocado en conocer la capacidad de resistencia, permeabilidad y durabilidad del bloque, con la variante de adición de fibras vegetales de coco, fique y cascarilla de arroz, con lo cual se pretende rescatar el conocimiento ancestral del adobe con una mezcla de innovación en su aplicación, dando a conocer a la comunidad que existen otras alternativas económicas de construcción orientadas a la preservación de medio ambiente y reducción de impactos generados en la construcción convencional, además de estar disponible para la población en general.

El objetivo de la investigación es identificar las características físicas, mecánicas y estructurales de bloques de tierra comprimida con adición de fibras vegetales típicas de la región. Se trata de una investigación cuantitativa por su alto contenido experimental; para llevar a cabo el proceso se realizan tres fases: 1. Caracterización de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos mediante ensayos de laboratorio. 2. Evaluación de la dosificación de suelo/fibra y elaboración de prototipos de ensayos con estas dosificaciones. 3. Ejecución de ensayos a los prototipos, análisis de datos.

Como resultado final y adicional se espera informar a la población en general sobre las características, dosificación y alternativa constructiva del BTC y su comportamiento en edificación.

Palabras claves: Bloques, compresión, construcción ancestral, ensayos, prototipos.

Abstract

The BTC (Compressed Earth Blocks), also known as the improvement or evolution of adobe, are prefabricated elements, used in different construction systems, which in addition to providing architectural, thermodynamic and economic characteristics, are efficient with the environment. The development of the project is focused on knowing the resistance capacity, permeability and durability of the block, with the variant of adding vegetable fibers of coconut, fique and rice husk, with which it is intended to rescue the ancestral knowledge of adobe with a mixture of innovation in its application, making the community aware that there are other economic alternatives for construction aimed at preserving the environment and reducing the impacts generated in conventional construction, in addition to being available to the general population.

The objective of the research is to identify the physical, mechanical and structural characteristics of blocks of compressed earth with the addition of vegetable fibers typical of the region. It is a quantitative investigation due to its high experimental content; To carry out the process, three phases are carried out: 1. Characterization of the physical and mechanical properties of the soils through laboratory tests. 2. Evaluation of the soil / fiber dosage and preparation of test prototypes with these dosages. 3. Execution of tests on prototypes, data analysis.

As a final and additional result, it is expected to inform the general population about the characteristics, dosage, and constructive alternative of BTC and its behavior in buildings.

Keywords: Blocks, compression, ancestral construction, tests, prototypes

Introducción

El uso de bloques de tierra comprimida (BTC) es una de las técnicas amigable con el medio ambiente, económicas y primitivas para la construcción de muros. Este proyecto de investigación promueve elaborar BTC, los cuales se fabrican con materiales que provienen de suelos previamente analizados y encontrados en el mismo sitio del proyecto, haciéndolos más amigables y económicos en su fabricación.

Lo anterior va enfocado a conocer las capacidades de resistencia, permeabilidad y durabilidad del bloque, dando a conocer a la comunidad que hay otras alternativas económicas de construcción, encaminado a la preservación ambiental y la reducción de impactos generados en la construcción convencionales, además de estar al alcance de la población en general, motivando técnicas ancestrales de construcción y comprobando sus propiedades con equipo y tecnología reciente. Por otra parte las normativas legales que rigen a los bloques de tierra comprimida, son muy amplios y diversos para cada país, ya que se han tratado de establecer índices y estándares globales, no se ha podido llegar a una sola forma de elaboración de estos bloques de tierra comprimida, por lo tanto se implementará un tipo de fibra vegetal que permitirá mejorar la durabilidad y resistencia de cada bloque y de esta manera comparar su resistencia teniendo en cuenta las normativas legales aplicadas en nuestro país según la NTC 5324 (bloques de suelo cemento para muros).

El alcance del proyecto va más allá de la parte económica y ambiental, ya que se producen diferentes incertidumbres y prejuicios al tipo de construcción realizada con materiales ecológicos, por tal razón se hace énfasis en rescatar este modelo de construcción antiguo analizándolo por medio de pruebas de laboratorio que nos permitan determinar los valores específicos de estas características y dar a conocer sus bondades con una mirada técnica.

Metodología

La presente investigación es de carácter innovador; dado que pretende rescatar un producto mejorado con respecto a sus características o aplicaciones previas, incluyendo mejoras significativas en especificaciones técnicas, componentes y materiales, análisis de información, facilidad de uso y otras características funcionales. Es una investigación de tipo cuantitativo por su alto contenido experimental, para llevar a cabo el proceso investigativo se utilizó como técnica el diseño experimental por fases así:

Ilustración 1. Metodología

Fase No 1. Caracterización del materia prima. Propiedades físicas de suelo y la arcilla a través de los ensayos de laboratorio.



Fase No 2. Evaluación de dosificación, determinación de proporciones de fibras vegetales a adicionar en la elaboración de especímenes de ensayo. Elaboración de prototipos y especímenes de ensayo para determinación de propiedades de resistencia mecánica - Pruebas de ensayo y elaboración de bloques con CINVA RAM.



Fase No 3. Toma y análisis de datos a ensayos de resistencia mecánica de los prototipos elaborados y selección de la mejor dosificación y proporción para elaboración de bloques de tierra comprimida. - Ensayos de laboratorio a las probetas de ensayo y bloques elaborados, fabricación de bloques para muro de prueba.

Resultados y Análisis

Caracterización de suelo y arcilla. Para caracterizar el suelo y la arcilla materia prima para la elaboración de los BTC, se ejecutaron los siguientes ensayos y se clasificó el suelo según la metodología del sistema unificado de clasificación de suelos SUCS.

Figura 3. Granulometría de mezclas

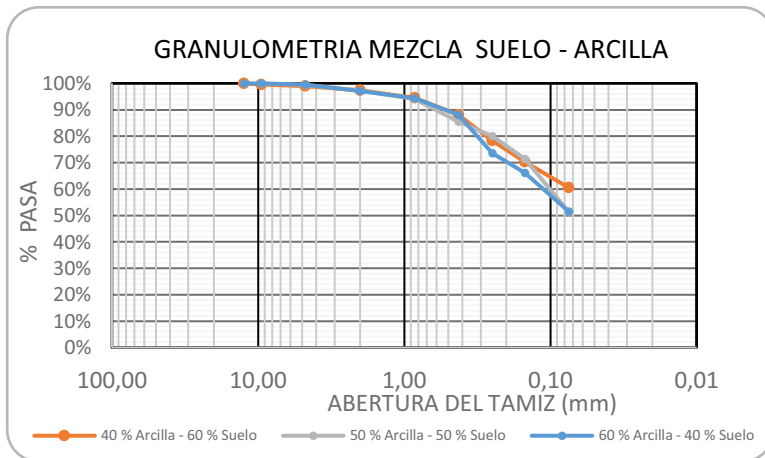


Figura 4. Limite líquido e IP de mezclas

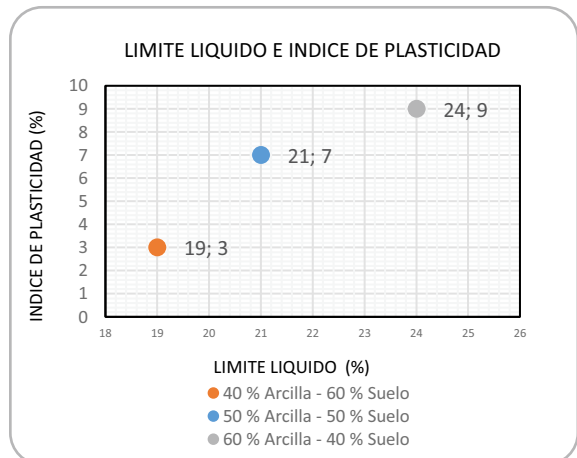
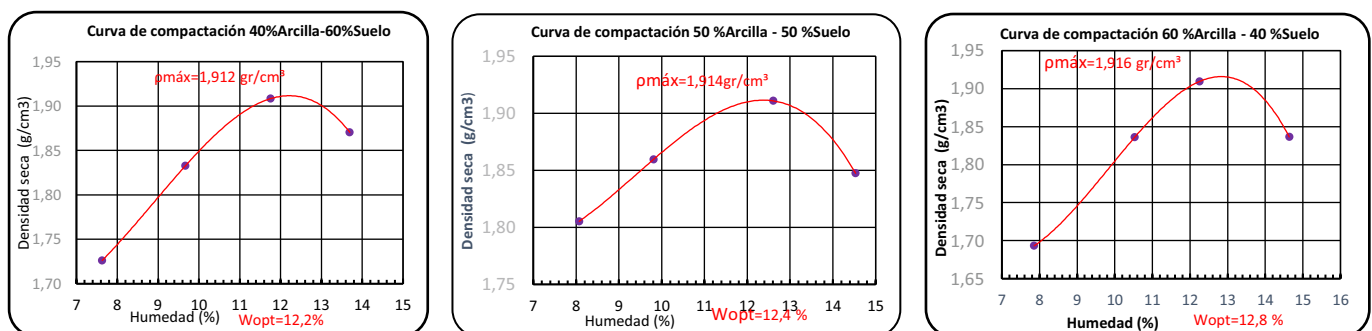


Tabla 3. Caracterización de mezclas de suelo - arcilla

PARÁMETROS	40%Arcilla-60%Suelo	50%Arcilla-50%Suelo	60%Arcilla-40%Suelo
Limite líquido	20%	21%	24%
Limite plástico	16%	14%	15%
Índice de plasticidad	4%	7%	9%
% Gravas	1,00%	0,56%	0,45%
% Arenas	38,47%	48,09%	48,09%
Limos o arcillas	60,53%	51,03%	51,35%
Clasificación SUCS	CL-ML (Arcilla y limo de baja plasticidad)	CL-ML (Arcilla y limo de baja plasticidad)	CL (Arcilla de baja plasticidad)

- Relaciones de humedad – Peso unitario seco en los suelos (Ensayo normal de compactación, norma INV. - E 141- 2013)
- Absorción
- Compresión inconfiada húmedo y seco
- Resistencia a la compresión

Figura 5. Relación de humedad – Densidad del suelo



Nota: a. 40% Arcilla – 60 % Suelo, b. 50% Arcilla – 50 % Suelo, c. 60% Arcilla – 40 % Suelo.

Según los resultados de los ensayos realizados a las mezclas de suelo - arcilla (tabla 3), podemos observar que propiedades como la plasticidad aumenta de acuerdo con el incremento en el % de arcilla, aunque las fracciones de materiales presentes en la muestra no varían significativa-

mente (48% arena, 51% limo y arcillas), la densidad y la humedad máxima de compactación aumentan gradualmente en la medida que crece el % arcilla, su incremento no es significativo ($\rho_{\text{máx}}=1,912 \text{ gr/cm}^3$ - $\rho_{\text{máx}}=1,916 \text{ gr/cm}^3$; $W_{\text{opt}}=12,2\%$ - $W_{\text{opt}}=12,8\%$).

Figura 6. Absorción en mezclas de suelo – arcilla.



Nota: Absorción por capilaridad 24 horas a. 40, b. 50 y c. 60 % contenido de arcilla

Figura 7. Curvas de velocidad de absorción.

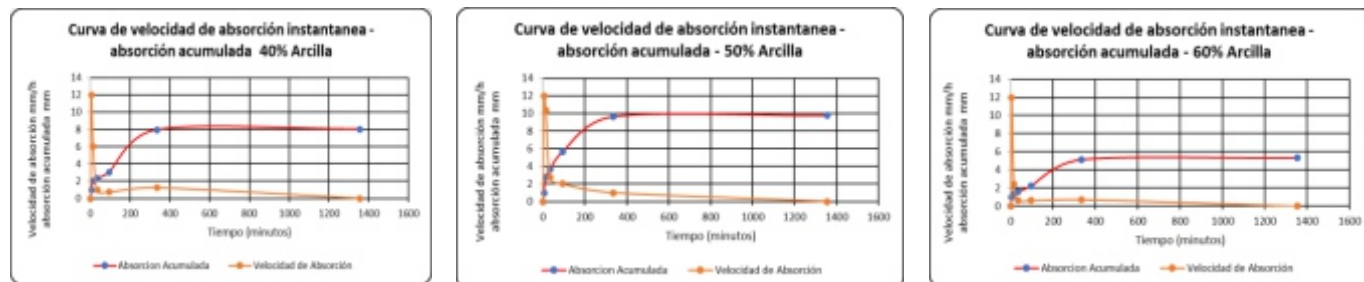


Figura 8. Esfuerzo Compresión Inconfinada - esfuerzo deformación



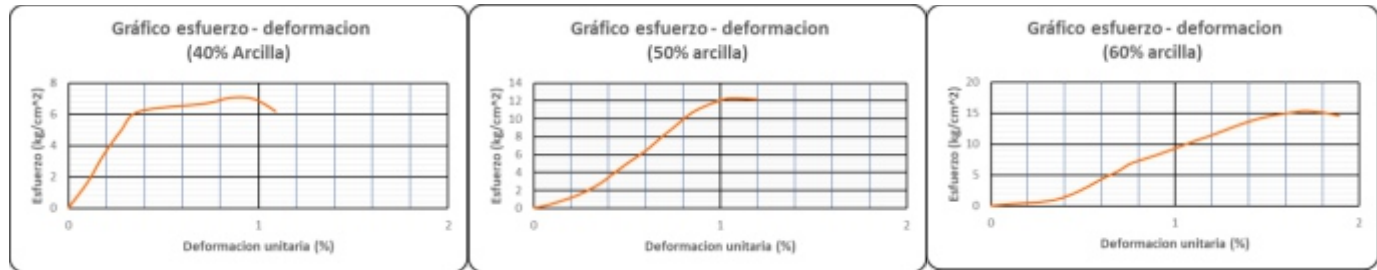
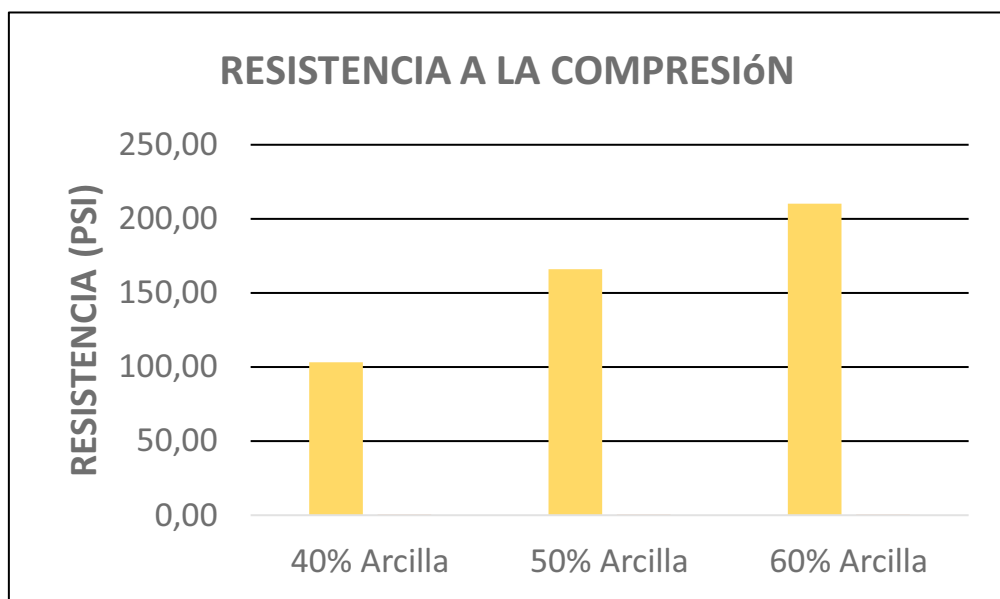


Figura 9. Resistencia a la compresión en mezclas de suelo – arcilla.



Nota: Resistencia a la compresión: a. 103 psi 40% arcilla, b. 165 psi 50% arcilla, c. 210 psi 60% arcilla.

Tabla 4. Resistencia a la compresión



Sin embargo los resultados que más influyeron en la decisión de la mezcla a utilizar fueron el ensayo de absorción y los de resistencia a la compresión; en ellos se puede evidenciar que entre más alto el contenido de arcilla el ascenso de humedad por capilaridad en un periodo de 24 horas es menor y la resistencia a la compresión es más alta; se podría inferir entonces que se debería incrementar más el contenido de arcilla de la mezcla, sin embargo porcentajes más altos de arcilla (consultados en fuentes secundarias y algunos evaluados en el laboratorio) no resultan adecuados porque se genera problemas de grietas en los BTC al momento del secado, dado que este se hace a temperatura ambiente y pueden también generar expansión si los BTC llegan a

entrar en contacto con humedad; entonces la mezcla a utilizar en el desarrollo de la investigación se fijó 60% Arcilla - 40% Suelo.

- Porcentaje de fibras: Una vez determinada la proporción de arcilla y suelo a utilizar se indagó acerca del porcentaje de fibras vegetales que se podría adicionar a cada BTC usado como espécimen de ensayo, para la cual se consultaron las fuentes secundarias las cuales recomiendan proporciones del 1% de fibra respecto a la cantidad de material necesario para elaborar cada espécimen de ensayo, 100 gramos de fibras por cada 10000 gramos de mezcla de suelo-arcilla necesaria para bloque.

Figura 10. Fibra vegetal (coco, fique o cascarilla de arroz)



Nota: Fibra vegetal adicionada a cada espécimen de ensayo. a. Fique, b. Coco. c. Cascarilla de arroz.

- Elaboración de especímenes de ensayo para flexión: Conocidos los porcentajes de arcilla, suelo, fibra vegetal y humedad optima de compactación se

procedió a elaborar los especímenes de ensayo y definir cual fibra que le aporta propiedades de resistencia a la flexión al BTC.

Figura 11. Proceso de elaboración de especímenes de ensayo



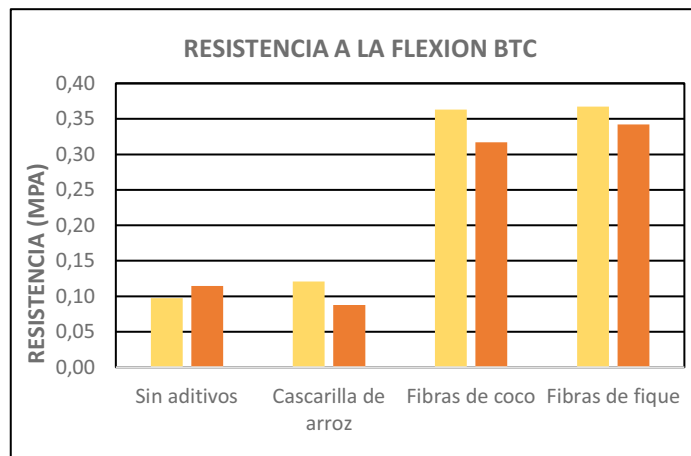
Nota: Proceso elaboración especímenes de ensayo. a. BTC de referencia. b. Fibra de fique. c. Fibra de coco. d. Cascarilla de arroz

- Pruebas de flexión. Un vez cumplido el periodo de secado de los especímenes de ensayo se procedió a fallarlos a flexión, como se muestra en la figura 12.

Figura 12. Ensayo de flexión a BTC de prueba



Tabla 5. Resistencia a la flexión



- Elaboración de BTC, resultado final para construcción de muro de prueba

Figura 13. Elaboración de BTC, resultado final para construcción de muro de prueba.





Como resultados finales se obtuvo:

- La mejor dosificación encontrada es la 60% de Arcilla y 40% de Suelo .
- La humedad optima de compactación para la elaboración de los especímenes de ensayos es 12,5 %.
- La fibra más adecuada para la elaboración de los especímenes es la cascarilla de arroz porque aparte de conseguirse con mayor facilidad no se le debe hacer ningún proceso antes de ser utilizada en la elaboración de los bloques como si sucede con la fibra de coco la cual es muy difícil de obtener la fibra; el fique, aunque se consigue es necesario secarlo y cortarlo en fibras pequeñas y requiere mayor procesamiento.
- Los resultados de los ensayos de compresión, deformación y resistencia están aún en análisis y en comparación con normas internacionales. .

Conclusiones

- La cascarilla de arroz fue la fibra que mejor comportamiento presentó a la hora de preparar la mezcla, razón por la cual facilita el proceso de fabricación.
- Entre mayor sea el contenido de arcilla en los BTC, mejores son los resultados de resistencia a la compresión; sin embargo, se incrementa el riesgo de fractura.
- Entre mayor sea la fuerza de compresión que se aplica a la hora de fabricación, mayor es la resistencia del bloque a la compresión y la flexión.

- Se observó disgregación de material por falta de impermeabilización al prototipo, razón por la cual se plantea una segunda fase del proyecto para realizar estudios para hallar u impermeabilizante que disminuya o elimine la disgregación del material.

Referencias

- Falceto, J. (2012). Durabilidad de los bloques de tierra comprimida. Evaluación y recomendaciones para la normalización de los ensayos de erosión y absorción. Tesis doctoral. Madrid, España.
- Galíndez, F. (2009). Bloques de tierra comprimida sin adición de cemento (BTC). Argentina. Universidad Católica de Salta.
- Gutiérrez, J. A. (2012). Bloques de tierra comprimida adicionada con fibras vegetales. Plaza y Valdez, 152.
- Medina, K. (2011). Bloques de tierra comprimida como material constructivo. Revista ciencia y agricultura.
- Salvador, R. (2010). Bloques de tierra comprimida en las zonas húmedas. Plaza y Valdez, 188.
- Vásquez and Botero. (2015). Fabricación de bloques de tierra comprimida con adición de residuos de construcción y demolición como reemplazo del agregado pétreo convencional. Colombia. Ingeniería y Ciencia.