

TABICÓN A BASE DE OLOTE DE MAÍZ, CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL Y ANÁLISIS DE COSTO

SOLID BLOCK BASED ON CORN OLOTE, STRUCTURAL CHARACTERIZATION AND COST ANALYSIS

Correa-Constantino E.^{1*}, Pérez-Castro H.¹, Flores-González J.¹, López-Cervantes A.¹

¹Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ingeniería y Arquitectura
* Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez, Km 1, Col. La Esmeralda, C.P. 86690, Cunduacán, Tabasco, México.

* edgarcorrea1123@gmail.com

RESUMEN

El presente trabajo de investigación estudió la reutilización de materiales de desecho de la industria agrícola, específicamente el “olote”, como sustituto del agregado pétreo, para la elaboración de un tabicón, con el fin de aportar un material alternativo para la edificación. El objetivo de la investigación fue evaluar la resistencia del tabicón y el costo de producción con respecto a las opciones comerciales, para verificar su viabilidad económica en el mercado como material económico y de calidad. La metodología constó de los siguientes pasos, investigación bibliográfica, planteamiento del diseño de mezclas de mortero,

elaboración de moldes, producción de los especímenes y finalmente se procedió a la evaluación mecánica y de costos. Las pruebas de resistencia a la compresión en los prototipos muestran una mejora respecto a las piezas de referencia. Los resultados obtenidos indican que los prototipos son elementos ligeros, pero de alta resistencia a la compresión.

Palabras clave: material alternativo de construcción, olote, residuo orgánico tabicón.

ABSTRACT

The present research paper studied the reuse of waste materials from the agricultural industry, specifically the “olote”, as a substitute for stone

aggregate, for the elaboration of a solid block, in order to provide an alternative material for the building. The objective of the research was to evaluate the resistance of the partition and the cost of production with respect to commercial options, to verify its economic viability in the market as an economical and quality material. The methodology consisted of the following steps: bibliographic research, approach to the design of mortar mixtures, mold elaboration, production of the specimens and finally the mechanical and cost evaluation was carried out. Compressive resistance tests in the prototypes showed an improvement over the reference parts. The results obtained indicate that the prototypes are light elements, but with high resistance to compression.

Keywords: alternative construction material, olote, organic residue, solid block

INTRODUCCION

Históricamente los materiales de construcción siempre han representado un rubro muy importante en el desarrollo de toda civilización o sociedad. Hoy en día son populares materiales como el acero, concreto, vidrio y plásticos. No obstante, por cuestiones ideológicas, ecológicas, sociales o económicas, existen en paralelo una gama de materiales alternativos, los cuales persiguen reutilizar o reciclar los residuos, integrándolos a nuevos materiales [1].

Los materiales alternativos se pueden dividir en materiales naturales e industrializados, pueden derivar del reciclaje o no. Estos materiales presentan en mayor o menor medida características como reciclables, biodegradables, que no necesitan mucha o nada de energía en su producción, ventajas constructivas o económicas, o que no necesiten mano de obra especializada [2].

Por otro lado, atendiendo a los datos del informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social de las entidades, municipios y demarcaciones territoriales para el ejercicio fiscal 2020, en Tabasco, un 4.9% de la población, presentó viviendas con muros de material endeble durante el 2018 [3].

En este sentido, la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece en el capítulo 1, artículo 4, que toda familia tiene derecho a disfrutar de una vivienda digna y decorosa [4]. Sin embargo, esto sigue siendo inalcanzable para algunas familias, debido a los altos costos que representa la construcción de una casa; es por ello que las personas con escasos recursos se ven orilladas a elaborar sus viviendas con materiales económicos y que tienen a su disposición.

A la acción de realizar uno mismo una construcción propia, se denomina autoconstrucción [5].

Atendiendo a esta necesidad, el material que aquí se presenta, se planteó con el fin de que permita crear espacios habitables con mano de obra no especializada, y que pueda ser replicado por cualquier persona.

En ocasiones, la autoconstrucción puede generar el desarrollo de nuevos materiales, entre ellos los denominados como alternativos, es decir, aquellos capaces de alternar con una función igual o semejante a los usados de forma convencional. En el caso específico de esta investigación, se trabajó con el tabicón. Es un material para muros, el cual está compuesto de cemento y agregados pétreos. La innovación consistió en sustituir parte de esos agregados por residuos de la industria agrícola, específicamente del aprovechamiento el olote de maíz. Para unificar conceptos, se menciona que el maíz es una planta de la familia de las gramíneas, con el tallo

grueso, de uno a tres metros de altura, según las especies, hojas largas, planas y puntiagudas, flores masculinas en racimos terminales y las femeninas en espigas axilares resguardadas por una vaina. Es indígena de la América tropical, se cultiva en Europa y produce mazorcas con granos gruesos y amarillos muy nutritivos [5], los cuales son aprovechados y el resto es desechado, entre ellos se encuentra el “olote”, que es la mazorca ya desgranada.

La razón que influenció la integración de este desecho como material agregado es que, para poder desarrollar un material de construcción eficiente es necesario que se adecue a las características geográficas, sociales, culturales, económicas y ambientales del entorno en el que se empleará. En la búsqueda de generar materiales para la edificación de vivienda para el estado de Tabasco con esta perspectiva, se observó que los restos de la mazorca del maíz podían ser utilizados.

Este residuo se convirtió en elemento de estudio para el desarrollo de este trabajo.

Tabasco es un estado que cuenta con una presencia agrícola importante, se cosecha alrededor de 150,020 toneladas al año [6]. Por cada tonelada de maíz se genera 170 kg de olote [7].

El olote, se desecha de diversas maneras, por esparcimiento sobre la tierra, por incineración al aire libre o mezclado con otros compuestos en la alimentación ganadera como forraje, generando ganancias muy bajas o nulas [8]. Además, de acuerdo con la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [9], Tabasco figura dentro de las 21 regiones estratégicas, en la que se incentivara el cultivo de maíz blanco y amarillo, como parte del desarrollo nacional agrícola, entre el 2017 y el 2030 debido a la importancia de este grano en la agricultura mexicana. De igual manera menciona que el maíz puede ser

cosechado entre 120 y 150 días después de su siembra, de forma recurrente durante el año lo que asegura un suministro constante y abundante de dicho producto. Esta información da una perspectiva de producción a largo plazo, implicando como consecuencia el desecho de olote. Surgiendo de aquí la línea de investigación del actual trabajo, que consiste en su aprovechamiento como recurso en la elaboración de un material alternativo para la autoconstrucción. El objetivo de la investigación consistió en establecer la resistencia a la compresión del tabicón a base de olote de maíz y el costo de producción, con el objeto de compararlo respecto a las opciones comerciales.

METODOLOGÍA

Para el desarrollo del prototipo fue necesario definir el tipo de pieza, de acuerdo con la NOM-C-036-ONNCCE-2004 un tabicón “es un componente de

forma prismática que se obtiene por moldeo de concreto y otros materiales siendo siempre macizo” [10].

El tabicón fue seleccionado por su facilidad de manipulación para la construcción y transporte.

La metodología constó de los siguientes pasos, investigación bibliográfica sobre normas, preparación de mezclas y ejemplos análogos; plantear y elaborar el mortero y los moldes, producir las muestras, proceder a las pruebas de resistencia y finalmente realizar el análisis de costos.

Las dimensiones del tabicón fueron retomadas de las medidas comerciales, siendo 10 x 14 x 24 cm. Para lograr su elaboración, se construyó un molde a base de madera de pino.

Las mezclas se elaboraron con cemento portland, grava de $\frac{3}{4}$ ”, y olote molido de $\frac{1}{2}$ ”. Cabe mencionar que el olote utilizado, procede del maíz cultivado en la Región de la Chontalpa, fue triturado en un molino

manual y posteriormente tamizado. La proporción utilizada para realizar las mezclas de mortero con inclusión de olote se describe en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Proporciones utilizadas en las mezclas

	Cemento	Arena	Grava	Olote molido
<i>Mezcla 1</i>	1	3	0	2 1/4
<i>Mezcla 2</i>	1	2	2	1
<i>Mezcla 3</i>	1	1 1/2	0	3 3/4

En todos los casos de mezclas realizadas, la cantidad de cemento permanece constante, mientras la arena, la grava y el olote varían.

Las proporciones indicadas se basan en volúmenes de material en estado seco para el cemento, arena y grava; mientras en el caso del olote se después de ser triturado se humedece para no restar humedad a la mezcla.

RESULTADOS

Cómo primer resultado se tiene la estimación del peso volumétrico de las

mezclas 1,2 y 3 que corresponden a los 21 días de fraguado. Así mismo se realiza la comparativa respecto de las casas comerciales locales (San Rafael, Santa Teresa y San Román), ver **Tabla 2**.

Tabla 2. Peso volumétrico

Descriptor del Tabicón	kg/m ³
<i>Mezcla 1</i>	1477.66
<i>Mezcla 2</i>	2247.00
<i>Mezcla 3</i>	1241.00
<i>San Rafael</i>	1727.50
<i>Santa Teresa</i>	1725.00
<i>San Román</i>	1736.25

En ella se observa que la mezcla de mayor peso corresponde a la mezcla 2, con un peso volumétrico de 2247 kg/m³, la razón es el contenido de grava. En cuanto a las mezclas 1 y 3 se distingue que sus pesos son los menores.

Posteriormente se realizaron las pruebas de resistencia a la compresión (**Figura 1**), empleando la prensa hidráulica CRUSHIR 15 Ton, Marca PIKE.



Figura 1. Pruebas de compresión a la resistencia.

Las pruebas, se realizan con fines exploratorios, se elaboraron tres especímenes de cada mezcla. En lo concerniente a la prueba de resistencia, se obtuvieron los siguientes resultados correspondientes a las mezclas 1,2 y 3, en intervalos de 7, 14 y 21 días, **Figura 2.**

Las resistencias durante el periodo de observación se incrementaron de forma ascendente en las tres diferentes mezclas. A los siete días oscilaron entre 0 y 25.52 kg/cm², siendo la mezcla 2 la de mayor resistencia y la mezcla 3 la de menor. El comportamiento para los 21 días varió de 3.65 a 42.2 kg/cm², destacando la mezcla 2, por sus valores.

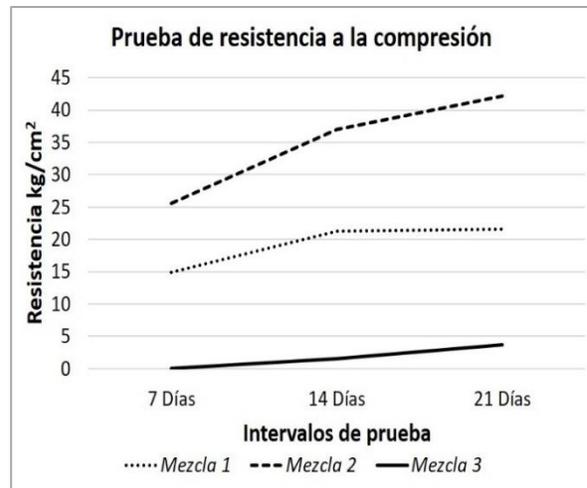


Figura 2. Resistencia a la compresión.

En resumen, los valores máximos alcanzados son, mezcla 2 con 42.2 kg/cm², mezcla 1 con 21.57 kg/cm² y mezcla 3 con 3.65 kg/cm².

Los diagramas de cajas (**Figura 3**) muestran que la mezcla 3, tienen un escaso desarrollo de resistencia a la compresión, el cual no supera los 10 kg/cm². Mientras las mezclas 1 y 2, tienen un mejor desempeño en cuanto a la resistencia que alcanzan oscilando entre 21.57 y 42.2 kg/cm².

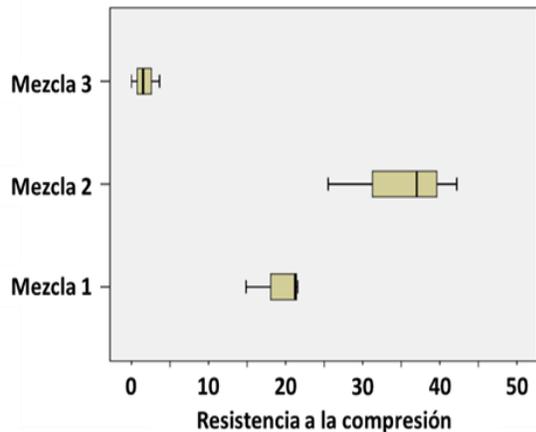


Figura 3. Diagramas de caja, resistencia a la compresión.

Con el fin de realizar una comparativa entre los especímenes manufacturados contra los comerciales, se eligieron los de mortero (mezcla 1 y 3) por tener condiciones semejantes, resultando que la mezcla 1 sobrepasó la resistencia de San Rafael en 0.06 kg/cm².

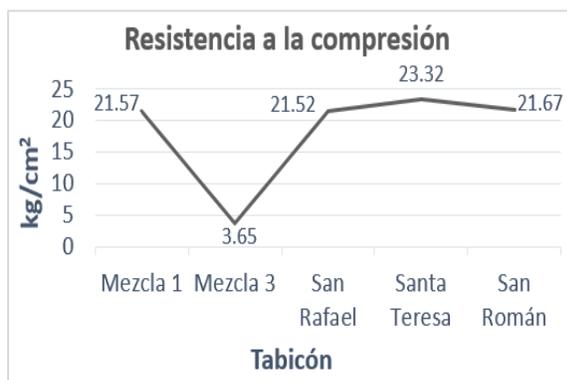


Figura 4. Resistencia a la compresión.

En cuanto a la exploración de costo, se obtuvieron los siguientes resultados, ver

Tabla 4.

Tabla 4. Tabla comparativa precio unitario.

Tabicón	Precio unitario por pieza	Costo promedio
Mezcla 1	\$4.83	\$4.70
Mezcla 3	\$4.58	
San Rafael	\$6.80	
Santa Teresa	\$6.50	\$6.70
San Román	\$6.80	

Las piezas comerciales San Rafael y San Román tienen un costo de 6.80 pesos, mientras que Santa Teresa cuesta 30 centavos menos. En el caso de las piezas manufacturadas, mezcla 1 y 3, tuvieron una diferencia de 25 centavos. En la tabla se distingue que, al obtener el promedio tanto de los especímenes comerciales como de los manufacturados y compararlos, se aprecia una diferencia de 2 pesos en el costo.

DISCUSIÓN

A continuación, se debaten los resultados obtenidos, atendiendo exclusivamente a los especímenes que contienen cemento-arena, con el fin de visualizarlos con respecto de los comerciales.

El peso volumétrico neto mínimo de las piezas, en estado seco, de acuerdo con Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería, indican que, para un tabicón, debe ser de 1500 kg/m³. En el caso de los comerciales todos sobrepasan los 1700 kg/m³, mientras que los manufacturados presentaron valores menores a 1477 kg/m³, confirmándose con esto el impacto que provoca en el peso, la integración del olote [11].

De acuerdo con la NMX-C-441-ONNCCE-2013 [12], una resistencia óptima para un tabicón artesanal debe ser de 24 kg / cm². Tras analizar las mezclas, solo el tabicón con mezcla 3, logró acercarse con 21.57

Kg/cm² esto apunta a la posible factibilidad del material, el cual, se recomienda sea sometido a más investigación.

Tras realizar la evaluación de costo, se apreció que el de olote representa un 29.85% menor que el de las casas comerciales, la lógica indica que se abarata al sustituir la arena, lo que podría permitirle ser una pieza económicamente viable.

CONCLUSIONES

En general se llega a la conclusión de que el tabicón a base de olote es una pieza apta para la autoconstrucción pues tiene características que lo posicionan como una mejor opción con respecto a los comerciales:

- Es ligero lo que le permite ser transportado por personas con poca fuerza, como mujeres y adultos de la tercera edad.
- Puede ser empleado en muros no estructurales, tal como los divisorios.

- Presenta un menor costo de elaboración.

Sin embargo, se debe continuar con su investigación, aún quedan pendientes varios aspectos que pueden ser mejorados o ampliados.

REFERENCIAS

- [1] Angulo, V. L. (2018). Materiales alternativos sostenibles empleados en la construcción: una revisión de la literatura científica. (Trabajo de investigación). Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/23755>.
- [2] Acosta F. et al. (2008). Materiales alternativos, Tierra/Paja. Construcción III. 1er semestre. Obtenido de http://construccion3.weebly.com/uploads/5/3/6/3/536327/g06_materiales_alternativos.pdf
- [3] CONEVAL. (2020). Informe de pobreza y evaluación 2020. Tabasco. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. Obtenido de https://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Documents/Informes_de_pobreza_y_evaluacion_2020_Documentos/Informe_Tabasco_2020.pdf
- [4] Secretaría de Gobernación 2020. (1917). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Artículo 4. México. Obtenido de <http://ordenjuridico.gob.mx/Constitucion/1917.pdf>
- [5] Real Academia Española. (2020). Diccionario de la lengua española, 23.ª ed., [versión 23.3 en línea]. Obtenido de <https://dle.rae.es>
- [6] Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2019). Tabasco. Infografía Agroalimentaria 2019. Obtenido de <http://www.osiap.org.mx/senasica/sites/default/files/Tabasco-Infografia-Agroalimentaria-2019.pdf>
- [7] Fernández, I. (2019). XILINAT. Obtenido de <https://xilinat.com/olote-de-maiz-un-residuo-agricola-que-mejora-la-economia-del-pais/>
- [8] Rodríguez et al. (2018). Evaluación de coliformes totales en sustrato de olote en la región del valle del Mezquital. Obtenido de https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Investigacion_y_Development/vol4num11/Revista_de_Investigacion_y_Development_V4_N11_1.pdf
- [9] SAGARPA. (2015). Agenda Técnica Agrícola de Tabasco. Obtenido de https://vun.inifap.gob.mx/VUN_ME

DIA/BibliotecaWeb/_media/_agendas/3106_4811_Agenda_Tecnol%C3%B3gica_Tabasco_2015.pdf

- [10] Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C. (2004). NMX-C-036-ONNCCE-2004.
- [11] Gobierno de la Ciudad de México. (2020). Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería con comentarios.
- [12] Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C. (2011). NMX-C-441-ONNCCE-2011.

