

RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN PROBETAS ELABORADAS CON TRITURADO DE CONCHA DE OSTIÓN

COMPRESSIVE STRENGTH IN TEST SAMPLES MADE FROM CRUSHED OYSTER SHELL

De Dios- Suárez J.¹, Pérez- Escobar B.L.¹, Ramírez- Morales E.¹, Rojas- Blanco L.¹, Pérez- Hernández G.¹, Ramírez-Betancour R.¹, Pérez Castro A.¹, López- Cervantes A.^{1*}

¹Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

* Avenida Universidad s/n Zona de la Cultura, Colonia Magisterial CP 86690,
Villahermosa Centro Tabasco México

*gph08@hotmail.com

Artículo Científico

Publicado: 17 de Diciembre 2024

RESUMEN

Los áridos utilizados en el mundo corresponden al doble del valor anual de sedimentos transportados por los ríos que, sumados con los residuos sólidos generados antropogénicamente, impactan a los ecosistemas costeros y marinos, creando una emergencia ambiental. Es posible reutilizar o reciclar parte de los residuos orgánicos o inorgánicos que el ser humano desecha, mediante el desarrollo de materiales alternativos que incorporen concha de ostión, disminuyendo la cantidad de áridos que utiliza la industria de la construcción. Adicionalmente en el 2022, el estado de Tabasco fue el primer productor de ostión en el País, generando grandes cantidades de residuos, siendo este un nicho de oportunidad para su aprovechamiento. En este proyecto se elaboran probetas cilíndricas de cemento-arena, no estructurales, agregando 5, 10, 15 y 20 % a la mezcla base para preparación de

mortero y sustituyendo a uno de los componentes (arena) en 5, 10, 20 y 30 % de triturado de concha de ostión, siguiendo la normativa NMX-C-441-ONNCCE, para determinar resistencia a la compresión. También se utilizó difracción de rayos X para conocer las características estructurales del material alternativo, se determinó que la concha de ostión está compuesta principalmente de calcita, un importante componente de calcio. Para la morfología superficial se utilizó un microscopio óptico bifocal, se indica que, se observó que la superficie del bloque presenta una distribución homogénea con algunas fallas alrededor del triturado. Se alcanzaron valores de resistencia a compresión de 20 y 25 kg/cm² para las probetas cilíndricas elaboradas como sustituto y aditivo de triturado de concha, respectivamente.

Palabras clave: Material alternativo, Concha de ostión, resistencia a la compresión.

ABSTRACT

The aggregates used in the world correspond to twice the annual value of sediments transported by rivers which, added to the solid waste generated anthropogenically, impact coastal and marine ecosystems, creating an environmental emergency. It is possible to reuse or recycle part of the organic or inorganic waste that humans discard, through the development of alternative materials that incorporate oyster shells, reducing the amount of aggregates used by the construction industry. Additionally, in 2022, the state of Tabasco was the first oyster producer in the country, generating large amounts of waste, this being a source opportunity for its use. In this project, cylindrical cement-sand specimens, non-structural, are elaborated, adding 5, 10, 15 and 20 % to the base mixture for mortar preparation and replacing one of the components (sand) in 5, 10, 20 and 30 % of oyster shell crushing, following the NMX-C-441-ONNCCE standard, to determine compressive strength. X-ray diffraction was also used to know the structural characteristics of the alternative material, it was determined that the oyster shell is mainly composed of calcite, an important component of calcium. For the surface morphology, a bifocal optical microscope was used, it is indicated that it was observed that the surface of the block presents a homogeneous distribution with some faults around the crushing. Compressive strength values of 20 and 25 kg/cm² were achieved for cylindrical specimens made

as a substitute and shell crushing additive, respectively.

Keywords: Alternative material, Oyster shell, Compressive strength.

INTRODUCCIÓN

En la industria de la construcción, se estima que, en un año, alrededor de 26,000 millones de toneladas de los áridos que se utilizan en el mundo, son para la fabricación de concreto (P. Ekins, 2019). Este sector es causante del 37 % de la energía operativa global y de las emisiones de CO₂ (United Nations Environment Programme, 2022) y se le atribuye el 40 % del consumo energético (A. Costantini et al, 2022). En los últimos años se han reportado investigaciones sobre la búsqueda de materiales alternativos para reducir este consumo, tales como productos de residuos orgánicos e inorgánicos. Una opción es el uso de desechos orgánicos provenientes de la industria alimenticia como las conchas de ostión. Estos han sido utilizados en materiales de construcción como bloques o concreto, sustituyendo alguno de los componentes en la mezcla cemento arena.

El uso de la concha de ostión como elemento sustituto de arena o cemento y como aditivo en las mezclas cemento-arena o gravas ha sido reportado por diferentes autores (León Ramos et al., 2020), (Horiguchi et al., 2021) (Velasco, 2021), (Vilasboa et al., 2024), (Wen-Cheng et al., 2024), incluso como suplemento de alimentos para aves, (Rodríguez et al., 2022). El triturado de

concha de ostión es sometido a tratamiento térmico utilizando temperaturas de 500, 700, 800, 900 y 1000°C para mejorar la estructura cristalina del material obteniendo, el polvo de concha de ostión que es utilizado como aglomerante para fabricación de mortero utilizado en construcción. El material al someterlo a altas temperaturas se obtiene en forma de cenizas y el tamaño de partícula alcanzado es del orden nanométrico. Algunos autores indican que los usos de conchas de ostión en forma de cenizas no afectan considerablemente las propiedades mecánicas de los elementos constructivos elaborados. Otros mencionan que el uso de conchas de ostión en forma de nanopartículas de CaCO_3 y cenizas presentan un efecto positivo en las propiedades mecánicas, recomendando como sustituto en mezclas de concreto. Se reporta que el CaCO_3 ha sido estudiado como aglomerante en morteros, concretos y ladrillos o bien mezclada con otros residuos para conformar bloques. Los estudios realizados en la reutilización de residuos de conchas de ostión permiten tener un panorama para desarrollar una propuesta de reutilizar o reciclar este material con la finalidad de reducir el impacto ambiental y tener opciones en materiales de construcción generados a partir de desechos.

Dado lo anterior, se plantea trabajar en propuestas que ayuden en el control de la explotación, degradación ambiental y que éstos no causen afectaciones a la población; una de ellas es el reúso y reciclaje de residuos como una alternativa

para la incorporación en materiales para la construcción. Esta investigación propone incorporar triturado de conchas de ostión en forma de aditivo en porcentajes de 5, 10, 15, 20 % y sustituto en porcentajes de 5, 10, 20 y 30 % a la mezcla cemento-arena para la creación de materiales de construcción estudiando su resistencia a la compresión.

DISEÑO EXPERIMENTAL

Las conchas de ostión utilizadas fueron recolectadas en la cooperativa de producción pesquera Mecoacán, en el municipio de Paraíso, Tabasco. La especie a la que pertenece forma parte de las *Crassostrea Virginica* (Balderas-Mancilla et al., 2023). El material fue sometido a un proceso de limpieza para la eliminación de residuos. La distribución granulométrica del triturado se realizó con base en la norma NMX-C-077-ONNCCE-2019 (ONNCCE, 2019), determinando el valor de finura del triturado. Para conocer el tipo de mineral presente se realizó un análisis estructural del triturado utilizando un difractor D8 ADVANCE Bruker con una fuente de radiación $\text{Cu-K}\alpha$ ($\lambda = 1.54056 \text{ \AA}$).

Se elaboraron dos series de probetas cilíndricas de 196.25 cm^3 , usando el método establecido por MA Saad (Izquierdo Domínguez et al., 2022) en una relación 1:4 (cemento: arena). En la primera serie, el triturado de concha de ostión se utiliza como sustituto de arena natural en 5, 10, 15 y 20 %. La segunda serie, fue utilizada como aditivo a la mezcla cemento-arena en porcentajes 5, 10, 20 y 30 %. El proceso de elaboración

de las probetas que se muestran en la **Figura 1**, se realizó utilizando moldes cilíndricos de 10 cm de alto por 5 cm de diámetro, la mezcla cemento-arena-concha de ostión se colocó en tres capas de aproximadamente 3.3 cm de espesor, compactando con varilla de acero de $\frac{1}{4}$ ". Se determinó la resistencia a la compresión de las probetas con una prensa universal, utilizando los lineamientos de la norma NMX-C-441-ONNCCE (ONNCCE, 2013). Finalmente, se utilizaron seis segmentos de las probetas que obtuvieron mejores resultados en las pruebas de resistencia a compresión: dos realizadas con agregado de concha de ostión, dos como aditivo de esta, y dos de la muestra base solo de cemento-arena, se observó la morfología superficial utilizando un microscopio óptico marca VELAB, modelo STEREO VE-S5C.



Figura 1. Probetas cilíndricas preparadas con triturado de concha de ostión.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados granulométricos indican que el valor del módulo de finura determinado fue de 4.81, ubicándolo como aditivo muy grueso o extragrueso (JA Mejía-Quiñones, 2018). La **Figura 2**, muestra el espectro de difracción de rayos X que se obtuvo de las partículas de conchas de ostión, que fueron cribadas previamente y a la cual no se le dio tratamiento térmico, se determinó que el mineral presente corresponde en su mayoría al tipo calcita romboédrico. Adicionalmente, se observa que no muestra trazas de cloro, componente que podría contribuir en la corrosión del acero, limitando con esto su utilización como sustituto parcial de árido.

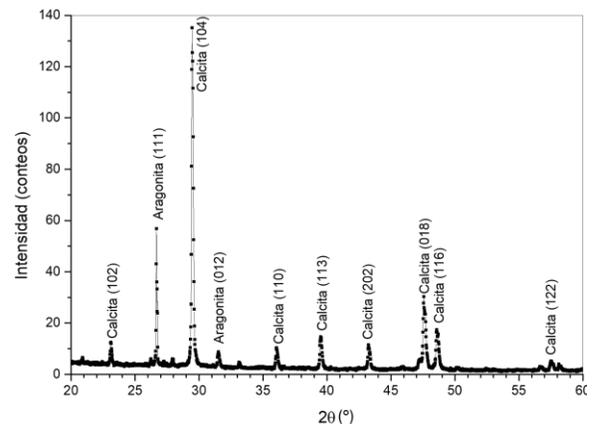


Figura 2. Patrón de difracción de rayos X del triturado de conchas de ostión

La **Figura 3**, muestra la morfología de las superficies de una sección de las probetas elaboradas con triturado de concha de ostión, posterior a la prueba de compresión, presenta una distribución homogénea del triturado de concha de ostión en la superficie de todos los especímenes elaborados. Se encontró una mayor distribución de triturado en la probeta **Figura 3a**, debido a la mayor

concentración de aditivo (30 %). Para concentraciones menores de aditivo la distribución de triturado es menor, tal como lo indica la **Figura 3e**. En ambos casos se puede observar los fragmentos de aditivo estando en consistencia con el módulo de finura determinado de 4.81. Alrededor del triturado de concha de ostión de las **Figuras 3. b, c, d** se presentaron fallas y menor adherencia en la mezcla cemento-arena, fenómeno que es más pronunciado en los especímenes preparado en mayores porcentajes de aditivo.

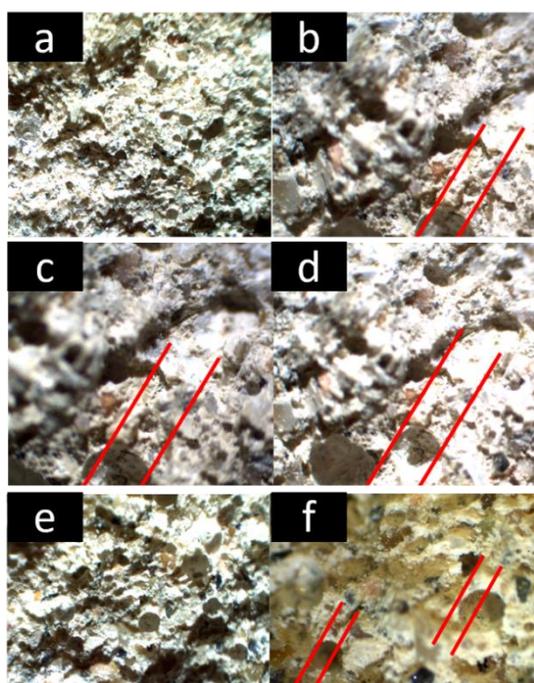


Figura 3 Micrografía de especímenes elaborado con triturado de concha de ostión. (a) Concentración de CaCO_3 de 30 %. (b, c, d) fallas y menor adherencia en la mezcla cemento-arena en proporciones de 5 a 30 % de CaCO_3 . (e) Concentración de CaCO_3 de 5 %.

Para porcentajes menores de aditivo **Figura 3f**, el efecto es menor. Algunos autores reportan que estas deficiencias son debido a la quitina presente en el

interior de la concha que disminuye la fuerza de tracción de compuestos inorgánicos, siendo más pronunciado cuando el triturado es de mayor tamaño (Giuseppe Falini, 2002), (Xiaohong Wang, 2001).

Los resultados del ensayo de compresión, siguiendo lo establecido en la Norma Mexicana **NMX-C-441-ONNCCE** (ONNCCE, 2013), considerando al triturado de concha de ostión como aditivo en la mezcla cemento-arena en porcentajes de 0, 5, 10, 20 y 30 %, y como sustituto de arena en porcentajes de 0, 5, 10, 15 y 20 %, se muestran en la **Figura 4**.

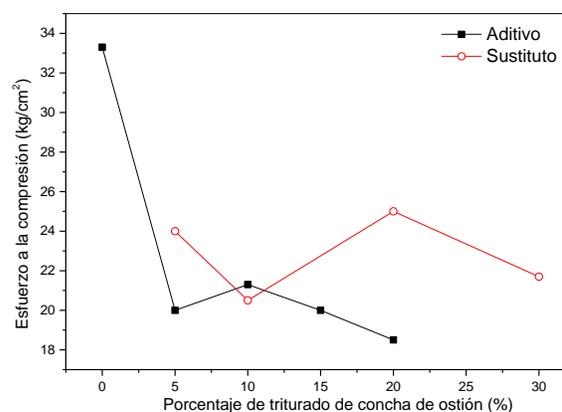


Figura 4. Resistencia a la compresión para probetas elaboradas considerando al triturado de concha de ostión como aditivo y sustituto.

De acuerdo con los valores de la **Figura 4**, la resistencia a la compresión utilizando el triturado de concha de ostión como sustituto de árido fue superior comparado con los que se usaron como aditivo en la mezcla cemento-arena.

En promedio, el porcentaje de decremento del valor de resistencia de compresión para las probetas que utilizaron triturado de concha de ostión como sustituto de arena fue de 31 % y 40 % para las que

utilizaron aditivo de triturado de concha de ostión en la mezcla cemento-arena. Lo anterior es debido al incremento en la absorción de agua en la preparación de la mezcla, ocasionando mayor porosidad que aumenta el volumen de poros y por consiguiente menor densidad (Hyunsuk Yoon, 2004), (Zhong Bin-Yang, 2012), (Wang Her-Yung, 2013), (Kuo Wen-Ten, 2013). Esta característica también se observó en la micrografía de los especímenes desarrollados, en las que se encuentran fallas o grietas alrededor del triturado de concha de ostión, así como una menor adherencia a la mezcla cemento arena, como resultado, menor valor de resistencia a la compresión. Sin embargo, el mineral tipo calcita determinado por rayos X del triturado de concha de ostión, indica que este componente puede ser un sustituto viable que permita mejorar las propiedades mecánicas de los bloques desarrollados con base al triturado de concha de ostión, contribuyendo a la reutilización de desechos, siendo su principal limitante el desconocimiento de sus materiales base de preparación.

CONCLUSIONES

Se elaboraron probetas cilíndricas a partir del uso de residuos de concha de ostión generando una alternativa para su reutilización, contribuyendo en la sensibilización, reciclaje y el cuidado del ambiente. La caracterización estructura del triturado de concha de ostión, muestra que el material está compuesto del mineral de calcita, siendo un aporte importante de calcio en la mezcla

cemento-arena-triturado de concha de ostión. La distribución del triturado es homogénea en la superficie de los especímenes elaborados, observándose fallas alrededor del triturado y una menor adherencia en la mezcla cemento arena generando el decremento de las propiedades mecánicas del material. Se alcanzaron valores de resistencia a la compresión de 25 kg/cm² para sustituto del 20 % y 21.3 kg/cm² para aditivo del 10 % de triturado de concha de ostión. Los valores obtenidos son menores a lo establecido en la norma mexicana NMX-C-441-ONNCCE (ONNCCE, 2013), debido a la absorción de agua a causa de la implementación de la concha de ostión y por lo cual es afectada la adherencia de la mezcla, esto aumenta la porosidad afectando la resistencia a la compresión.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al laboratorio de Nanotecnología y al Dr. Rosendo López González por las mediciones de difracción de rayos X.

REFERENCIAS

- [1] Costantini-Romero, A. B., & Francisca, F. M. (2022). Construction with soil-cement blocks as a sustainable alternative for building envelopes. *Habitat Sustentable*, 12(1), 114–125. <https://doi.org/10.22320/07190700>.2022.12.01.08
- [2] Giuseppe Falini, S. F. (2002). Crystallization of calcium carbonate salts into beta-chitin

- scaffold. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 475-480.
- [3] Horiguchi, I., Mimura, Y., & Monteiro, P. J. M. (2021). Plant-growing performance of pervious concrete containing crushed oyster shell aggregate. *Cleaner Materials*, 2. <https://doi.org/10.1016/j.clema.2021.100027>
- [4] Hyunsuk Yoon, S. P. (2004). Oyster shell as substitute for aggregate in mortar. *International Solid Waste Assosiation*, 158-170.
- [5] Izquierdo Domínguez, F. G., Mora Ortiz, R. S., Mora Ortiz, T. de J., & Munguía Balvanera, E. (2022). Uso del vidrio molido como sustituto del agregado fino en mezclas de mortero de albañilería. *Revista Espacio I+D Innovación Más Desarrollo*, XI(29), 48–61. <https://doi.org/10.31644/IMASD.29.2022.a04>
- [6] JA Mejía-Quiñones, J. P.-V. (2018). Diseño de bloques para mampostería en obras civiles con agregado de fibras de caucho de neumáticos y plástico reciclado. *Tesis*, 1-161.
- [7] Kuo Wen-Ten, W. H.-Y.-Y.-S. (2013). Engineering properties of controlled low-strength materials containing waste oyster shells. *Construction and Building Materials*, 128-133.
- [8] León Ramos, A., Carrera Lara, M., Pulido Téllez, A., López Rodríguez, A. S., & Díaz Flores, L. (2020). Obtención de mezclas de concreto adicionados con partículas de carbonato de calcio biogénico. *Coloquio de Investigación Multidisciplinaria 2020 Journal CIM*, 8(1), 987–994.
- [9] NMX-C-077-ONNCCE-2019 *Agregados para concreto - Análisis granulométrico*, México, Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C. (2019). In 1–5. <http://www.onncce.org.mx>
- [10] NMX-C-441-ONNCCE-2013. *Industria de la construcción-mampostería-bloques, tabiques o ladrillos y tabicones para uso no estructural-especificaciones y métodos de ensayo*. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S. C. (2013). In 1–9. <http://www.onncce.org.mx>
- [11] Paul Ekins, J. G. (2019). *Perspectiva del medio ambiente Mundial GEO-6 Planeta Saludable, Gente Saludable*. Kenya: ONU Medio Ambiente.
- [12] Rodríguez, B., Arencibia-Carballo, G., Gutiérrez, O., Betanzos-Veja, A., Pis, M. A., Ocano, C. A., & Navarro-García, G. (2022). Viabilidad de sustitución del carbonato de calcio por polvo de conchas de ostión (*Crassostrea* spp) en dietas para gallinas ponedoras, Cuba. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 5(3), 2922–2933. <https://doi.org/10.34188/bjaerv5n3-026>

- [13] Thaynã Vilasboa Artismo, Fábio de Oliveira Braga, Camila Aparecida Abelha Rocha, (2024). Physical-mechanical behavior of workable mortars with Perna perna mussel shell as fine aggregate, *Construction and Building Materials*, 418. 135411, ISSN 0950-0618, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.135411>.
- [14] United Nations Environment Programme. (2022). *Disclaimers Suggested citation Production Penrose CDB*. www.globalabc.org.
- [15] Wang Her-Yung, K. W.-T.-C.-Y. (2013). Study of the material properties of fly ash added to oyster cement mortar. *Construction and Building Materials*, 532-537.
- [16] Wen-Cheng Shao, Chao-Ling Lu, Yu-Wei Dong, Jia-Wei Chen, Yu-Ting Chiang. (2024). Research on innovative green building materials from waste oyster shells into foamed heat-insulating bricks, *Cleaner Materials*, 11, 100222, ISSN 2772-3976, <https://doi.org/10.1016/j.clema.2024.100222>.
- [17] Xiaohong Wang, J. M. (2001). Structural characterization of phosphorylated chitosan and their applications as effective additives of calcium phosphate cements. *Biomaterials*, 2247-2255.
- [18] Zhong Bin-Yang, Z. Q.-F. (2012). Structure and Property Characterization of Oyster Shell Cementing Material. *Chinese*
- Journal of structural Chemistry*, 85-92.