



UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO

"ESTUDIO EN LA DUDA, ACCIÓN EN LA FE"

DIVISIÓN ACADÉMICA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA



TÍTULO:

**BLOQUE MACIZO CEMENTO-ARENA CON AGREGADO DE TRITURADO
DE CONCHA DE OSTIÓN**

DESARROLLO TECNOLÓGICO

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN ARQUITECTURA Y AMBIENTE

PRESENTA:

MTRA. JESSICA DE DIOS SUÁREZ

DIRECTOR:

DRA. AIDA LÓPEZ CERVANTES

CO-DIRECTOR:

DR. ALBERTO MUCIÑO VÉLEZ

CUNDUACÁN, TABASCO.

MAYO DE 2024



UJAT

UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



División
Académica
de Ingeniería
y Arquitectura



2024
Felipe Carrillo
PUERTO
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN
PÚBLICA
MEXICO

DIRECCIÓN

OFICIO: DAIA/DIR/1245/2024

FECHA: 06 de mayo de 2024

ASUNTO: Autorización de
impresión definitiva

**ARQ. JESSICA DE DIOS SUÁREZ
PASANTE DE MAESTRÍA EN
ARQUITECTURA Y AMBIENTE
PRESENTE**

En virtud de haber elaborado su trabajo de tesis denominado: "**Bloque Macizo Cemento-Arena con Agregado de Triturado de Concha de Ostión**", para obtener el grado de **Maestro en Arquitectura y Ambiente** y en el cual ha tenido como Director de Tesis a la Dra. Aida López Cervantes, tengo a bien autorizarle la **IMPRESIÓN DEFINITIVA** de dicho trabajo, continuando con los trámites correspondientes para su examen de obtención de grado.

Agradeciendo de antemano sus atenciones, le envío un cordial saludo.

ATENTAMENTE

**DRA. DORA MARÍA FRÍAS MÁRQUEZ
DIRECTORA**

c.c.p. Archivo
DRA'DMFM / LB'EC



DIRECCIÓN

Carretera Cunduacán –Jalpa de Méndez, km 1, Col. La Esmeralda,
C.P. 86690 Cunduacán, Tabasco
Tel. (993) 358.15.00 Ext. 6752
e-Mail: direccion.daia@ujat.mx

CARTA DE AUTORIZACIÓN

El que suscribe, autoriza por medio del presente escrito a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco para que utilice tanto física como digitalmente la tesis de grado denominada **"BLOQUE MACIZO CEMENTO-ARENA CON AGREGADO DE TRITURADO DE CONCHA DE OSTIÓN"**, de la cual soy autor y titular de los Derechos de Autor.

La finalidad del uso por parte de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de la tesis antes mencionada será única y exclusivamente para difusión, educación y sin fines de lucro; autorización que se hace de manera enunciativa más no limitativa para subirla a la Red Abierta de Bibliotecas Digitales (RABID) y a cualquier otra red académica con las que la Universidad tenga relación institucional.

Por lo antes manifestado, libero a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de cualquier reclamación legal que pudiera ejercer respecto al uso y manipulación de esta tesis y para los fines estipulados en este documento.

Se firma la presente autorización en la ciudad de Villahermosa, Tabasco a los 06 días del mes de mayo del año 2024.

Autorizó



Mtra. Jessica de Dios Suárez

202D28002

Dedicatoria

Este trabajo se lo dedico con mucho cariño a mi familia, profesores y amigos, quienes estuvieron apoyándome a lo largo de esta etapa.

Agradecimientos

A Dios

Porque mi fe en él me ayuda a soportar las cargas y momentos difíciles.

A mis padres y hermanos

Por su gran amor y apoyo incondicional, esto me permite continuar, gracias por sus consejos y humildad. Los amo inmensamente.

A mi compañero

Gracias por tu amor, tu apoyo en todo momento; gracias por ver en mi lo que a veces ni yo veo, me impulsas a sacar lo mejor y a no rendirme cuando las cosas se ponen difíciles.

A la Dra. Aida López Cervantes, a mis profesores y al comité revisor por el acompañamiento y apoyo en mi estancia en la MAYA.

Un agradecimiento especial a Jorge Luis López, Santiago López, Alejandro Sánchez, Lucio Pérez, quienes aportaron un granito de arena en este proyecto mostrando su amabilidad y apoyo dentro de los laboratorios.

A quienes a la distancia me acompañan, mis amigos.

Gracias.

Jessica de Dios Suárez



ÍNDICE

Oficio de impresión	2
Dedicatoria.....	3
Agradecimientos.....	3
Lista de tablas.....	6
Lista de figuras	7
Resumen.....	8
Abstract	9
I. Introducción	10
1.1. Antecedentes	11
1.2 Pregunta de Investigación.....	16
1.3 Justificación	16
1.4 Objetivo General	19
1.4.1. Objetivos Específicos.....	20
1.5. Hipótesis de trabajo	20
II. Revisión de la literatura	21
2.1. Marco Teórico	22
2.2. Área de estudio	26
2.3. Revisión de las Normas Mexicanas	28
III. Desarrollo Experimental	30
3.1. Metodología.	31
3.2. Preparación de especímenes.....	33
3.3 Recolección de muestras.....	35
IV. Resultados y Discusión.....	37
4.1 Triturado de concha de ostión.....	38



4.2. Tamizado	39
4.3. Característica del triturado de concha de ostión.	41
4.4 Preparación de la mezcla.....	43
4.5 Dimensiones de los bloques	45
4.6. Morfología de los bloques con triturado de concha de ostión.	46
4.7. Resistencia a la compresión	48
V. Conclusiones	53
Referencias	55

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.



Lista de tablas

Tabla 1 Investigaciones reportadas sobre la búsqueda de materiales alternativos_____	12
Tabla 2. Investigaciones sobre agregados utilizando conchas de ostión _____	15
Tabla 3. Diseño de mezclas para la elaboración de muestras con triturado de concha de ostión como agregado de árido _____	34
Tabla 4. Diseño de mezclas para la elaboración de probetas con triturado de concha de ostión como sustituto de árido _____	34
Tabla 5. Tamizado de concha de ostión triturada _____	41
Tabla 6. Dimensiones de los bloques elaborados _____	45
Tabla 7. Resistencia a compresión para bloques elaborados considerando al triturado de concha de ostión como agregado _____	50
Tabla 8. Resistencia a compresión para bloques elaborados considerando al triturado de concha de ostión como sustituto _____	51



Lista de figuras

Figura 1	Desechos de conchas de ostión _____	18
Figura 2	Distribución de la producción total de ostión en el 2020 _____	25
Figura 3	Laguna Mecoacán en el Golfo de México _____	27
Figura 4	Forma cilíndrica de la pieza _____	29
Figura 5	Diagrama de método _____	31
Figura 6	Juego de mallas. Tamices superpuestos _____	32
Figura 7	Cilindros para la realización de los modelos referente y prototipos ____	33
Figura 8	Conchas de ostión recolectada _____	35
Figura 9	Conchas de ostión en proceso de secado previamente lavadas con agua limpias _____	36
Figura 10	a) Triturado de conchas de ostión con ayuda de pisón manual, b) material obtenido con triturado previo _____	38
Figura 11	Triturado de la concha de ostión utilizando un molino manual _____	39
Figura 12	Agitado manual de mallas _____	40
Figura 13	Patrón de difracción de rayos X del triturado de conchas de ostión ____	42
Figura 14	Proceso de mezclado utilizando una mezcladora eléctrica _____	43
Figura 15	Mezcla obtenida agregado en los moldes de los modelos referentes y prototipos _____	44
Figura 16	Especímenes elaborados _____	45
Figura 17	Micrografía de especímenes elaborado con triturado de concha de ostión _____	47
Figura 18	Modelos referentes y prototipos sometidos a prueba de resistencia a la compresión _____	48
Figura 19	Especímenes a los que se les realizó la prueba de resistencia a la compresión _____	49



Resumen

La cantidad de áridos que se utiliza en el mundo corresponde al doble del valor anual de sedimentos transportados por los ríos que, sumados con los residuos sólidos generados antropogénicamente, conforman una de las emergencias ambientales sobre los ecosistemas costeros y marinos. Para minimizar este inconveniente, es posible reutilizar o reciclar parte de los residuos orgánicos o inorgánicos que el ser humano desecha. Una manera de hacerlo es mediante el desarrollo de bloques alternativos que incorporen residuos de concha de ostión, disminuyendo la cantidad de áridos que utiliza la industria de la construcción (alrededor de 26,000 millones de toneladas). Tabasco en el 2022, fue el primer productor de ostión en el País, generando entre 2,257 y 4,270 toneladas de residuos, siendo este un nicho de oportunidad para su aprovechamiento. En el presente proyecto se elaboran bloques macizos cemento-arena no estructural, agregando en porcentajes de 5, 10, 15 y 20% a la mezcla base para preparación de mortero y sustituyendo a uno de los componentes (arena) en porcentajes de 5, 10, 20 y 30% de triturado de concha de ostión. Los bloques se elaboran siguiendo las normativas NMX-C-038-ONNCCE y NOM-C-036-ONNCCE, para determinar las dimensiones y resistencia de compresión. Así también se utilizó difracción de rayos X para conocer las características estructurales del material alternativo; para conocer la morfología superficial del bloque elaborado se utilizó un microscopio óptico bifocal. Se determinó que la concha de ostión está compuesta de mineral de calcita, componente importante de calcio. Las propiedades morfológicas indican que, la superficie del bloque alternativo elaborado presenta una distribución homogénea con pequeñas fallas alrededor del triturado. Se alcanzaron valores de resistencia a la compresión de 20 y 25 kg/cm² para bloques elaborados como sustituto y agregado de triturado de concha de ostión, respectivamente.

Palabras claves:

Bloques, arena, Concha de ostión.



Abstract

The amount of aggregates used in the world corresponds to double the annual value of sediments transported by rivers which, added to the solid waste generated anthropogenically, make up one of the environmental emergencies affecting coastal and marine ecosystems. To minimize this inconvenience, it is possible to reuse or recycle part of the organic or inorganic waste that humans discard. One way to do this is through the development of alternative blocks that incorporate oyster shell waste, reducing the amount of aggregates used by the construction industry (around 26,000 million tons). Tabasco in 2022 was the first oyster producer in the country, generating between 2,257 and 4,270 tons of waste, this being a niche opportunity for its use. In this project, solid non-structural cement-sand blocks are made, adding in percentages of 5, 10, 15 and 20% to the base mixture for mortar preparation and replacing one of the components (sand) in percentages of 5, 10, 20 and 30% crushed oyster shell. The blocks are made following the NMX-C-038-ONNCCE and NOM-C-036-ONNCCE regulations, to determine the dimensions and compression resistance. Likewise, X-ray diffraction was also used to know the structural characteristics of the alternative material; To know the surface morphology of the prepared block, a bifocal optical microscope was used. It was determined that the oyster shell is composed of the mineral calcite, an important component of calcium. The morphological properties indicate that the surface of the alternative block produced presents a homogeneous distribution with small faults around the crushed stone. Compressive strength values of 20 and 25 kg/cm² were reached for blocks made as a substitute and crushed oyster shell aggregate, respectively.

Keywords:

Blocks, sand, oyster shell.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

I. Introducción



1.1. Antecedentes

El bloque cemento-arena es un material de uso generalizado en la construcción de vivienda. Según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en conjunto con el Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT) y la Sociedad Hipotecaria Federal (SHF) de acuerdo con el levantamiento de la Encuesta Nacional de Vivienda (ENVI) 2020, en México hay 35,259,433 viviendas particulares habitadas mayormente construidas con resistentes como tabique, ladrillo, bloques, piedra, cantera, cemento u otro (ENVI, 2020) (INEGI, 2022). El empleo de estos materiales, por lo general, depende de los recursos regionales, por ejemplo, hay algunos sitios que no cuentan con materiales pétreos lo que los hace económicamente inaccesibles para toda la población. Otro ejemplo es el ladrillo, que requiere de suelos específicos para su elaboración, así como procesos de cocción que no están disponibles de forma general. También se muestra que el 6.0% de las viviendas cuentan con aislante térmico y el 1.2% con aislante acústico, estos valores no tienen un impacto significativo en aspectos de confort y ahorro energético.

A nivel mundial se extraen entre 47 y 59 mil millones de materias primas, el 68 y 85% es correspondiente a materiales áridos. Aunque estos componentes son de los más utilizados, sólo en algunos países desarrollados se cuentan con datos fiables de extracción, dificultando la evaluación ambiental y por consiguiente la falta de concientización de este tema. Una forma de estimar el uso global de agregados de manera indirecta es a través de la producción de cemento para concreto. En el sector de la construcción por cada tonelada de cemento se utilizan entre seis y siete veces más toneladas de arena y grava. Considerando que la producción de cemento es de 3,700 millones de toneladas por año, entonces la cantidad de áridos utilizados es de 22.2 a 25.9 mil millones de toneladas anuales, cifra que incrementa cada año. Los valores anteriores, corresponden al doble de la cantidad de sedimentos transportados por los ríos, ubicando a la humanidad como el mayor agente transformador del planeta con respecto a la explotación de los materiales áridos (UNEP, 2014).

Para la fabricación de materiales como el concreto, asfalto y vidrio, según la Organización de las Naciones Unidas, por día se extraen 18 kg de arena y grava por cada habitante del planeta, estas cifras son alarmantes y van en aumento constante (ONU, 2019). Los daños colaterales representan un impacto irremediable hacia los ecosistemas. Se dice que nos estamos acabando la arena, esto debido a que el consumo se multiplica debido a cambios



de patrones de consumo, el aumento de la población, la urbanización y el desarrollo de infraestructura. (ONU, 2019).

Hoy en día la arena se considera un material no renovable, pero a pesar de ello, se repone mediante una serie de procesos que incluyen la erosión. En la industria de la construcción, se estima que, en un año, alrededor de 26 mil millones de toneladas de los áridos que se utilizan en el mundo, son para la fabricación de hormigón (Paul Ekins, 2019). Una forma de disminuir la utilización de áridos es la incorporación de materiales alternativos, a partir del uso de componentes de desecho como la concha de ostión, llantas o el tereftalato de polietileno (PET), en algunos casos estos pueden utilizarse como reemplazo parcial del cemento Pórtland.

El uso del cemento Pórtland se remonta al año de 1824, patentado por J. Aspdin, este es el ingrediente ligante o adhesivo del concreto, compuesto principalmente por óxidos de calcio, silicio, aluminio y hierro hasta en un 95%. Las propiedades mecánicas del cemento se alcanzan cuando es mezclado con agua, que resulta en la formación de productos de hidratación que poseen cualidades ligantes y baja solubilidad en agua. Siglos antes, los Romanos implementaron una tecnología semejante al cemento Pórtland en el que mezclaban cal con cenizas (cemento puzolánico) que provenían de un lugar llamado Puzzouli, construyendo edificaciones que todavía en nuestro tiempo se mantienen en pie (Escalante-García, 2002).

En los últimos años se han reportado investigaciones sobre la búsqueda de materiales alternativos para reducir el consumo de áridos pétreos, bloques o concreto, sustituyendo parte de estos elementos por diferentes opciones, tales como producto de residuos orgánicos e inorgánicos mostrados en la Tabla 1.

Tabla 1.

Investigaciones reportadas sobre la búsqueda de materiales alternativos.

Autor	Año	País	Nombre del artículo
Hyunsuk Yoon, Sangkyu Park, Kiho Lee, Junboun Park	2004	Corea	Oyster shell as substitute for aggregate in mortar

Aportación



“Características mecánicas de la concha de ostra pulverizada, Cenizas volantes y efectos del endurecimiento del hormigón mediante la preparación de muestras de mortero mezclado con etilbenceno. No hubo una reducción significativa en la resistencia de los morteros que contenían pequeñas partículas de concha de ostra en lugar de arena”.

Autor	Año	País	Nombre del artículo
Carmen Albano, N. Camacho, M. Hernández, A. J. Bravo, H. Guevara	2008	Venezuela	Estudio de concreto elaborado con caucho de reciclado de diferentes tamaños de partículas

Aportación

“La adición de caucho de tamaños de partícula denominados fino y grueso disminuye propiedades mecánicas, para el compuesto con 5% en peso de caucho de tamaño al azar no presenta variaciones significativas comparados con el concreto tradicional. La velocidad de pulso ultrasónico del compuesto con partículas de caucho al azar a los 28 días de curado presenta el mismo comportamiento que el concreto tradicional. Muestra una conducta similar en el módulo de elasticidad y la impedancia acústica”.

Autor	Año	País	Nombre del artículo
Almeida Salazar, Neyva Gissela	2011	Ecuador	Utilización de fibras de caucho de neumáticos reciclados en la elaboración de bloques de mampostería para mitigar el impacto ambiental en el cantón Ambato

Aportación

“Los bloques de mampostería, fabricados con fibras de caucho de neumáticos reciclados a un porcentaje del 5% en sustitución del agregado fino, tienen mayor resistencia”.

Autor	Año	País	Nombre del artículo
B.-Y. Zhong, Q. Zhou, C. F. Chan Y, Y. Yu	2012	Chinese	Structure and Property Characterization of Oyster Shell Cementing Material,

Aportación

“Polvo de concha de ostra como mezcla de cemento portland. La resistencia a la compresión y a la rotura con un 10% de polvo de concha de ostra eran cercanas a las de la muestra sin adición. El experimento de estabilidad reveló que la muestra preparada por el método de palmaditas tenía una superficie lisa sin grietas y una expansión o contracción significativa después del curado previo y la ebullición, el material cementante dosificado con polvo de concha de ostra tenía buena estabilidad. Las observaciones XRD y SEM mostraron que la concha de ostra existe de forma independiente en el material cementante”.

Autor	Año	País	Nombre del artículo
Nabajyoti saikia; Jorge de britoi, *	2013	Portugal	Waste Polyethylene Terephthalate as an Aggregate in Concrete

**Aportación**

"El hormigón que contiene todos los tipos de agregados de PET se comporta como en el hormigón convencional, la incorporación mejora el comportamiento de tenacidad del hormigón resultante; este depende de la forma del agregado y se maximiza para el concreto que contiene agregado grueso y escamoso".

Autor	Año	País	Nombre del artículo
Her-Yung Wang, Wen-Ten Kuo, Chih-Chung Lin, Chen Po-Yo	2013	Taiwan	Study of the material properties of fly ash added to oyster cement mortar

Aportación

"El reemplazo del agregado fino con cenizas volantes y arena de concha de ostra mejoró. La tasa de contracción de cada reemplazo es más estable que la del grupo de control (0,065%); el contenido de iones cloruro (0,146 kg/m³) del 30% de reemplazo cumplió con la especificación, rellena los poros lo que reduce la absorción y mejora la resistencia a compresión".

Autor	Año	País	Nombre del artículo
Prathamesh D. Pawaskar , Pooja P. Naik , Koshi Roshan James, Pratiksha D. Pawaskar	2021	India	Utilization of waste pet bottles in concrete as an innovative composite building material

Aportación

"Reemplaza parcialmente la arena por material de desecho plástico en concreto con 0%, 2%, 4%, 6% y 8%. El volumen de arena de río y el 5% de Nano sílice se sustituye por cemento. La prueba del factor de compactación, la prueba de compresión y la prueba de resistencia a la flexión se realizan en el concreto durante 7 y 28 días de curado y se comparan los resultados".

Nota: Investigaciones de diferentes autores sobre materiales alternativos. Elaboración propia.

En México en el 2020, se logró una producción de ostión de 22,534 toneladas de producto (CONAPESCA, Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca, 2020), equivalentes a aproximadamente entre 8,337 y 15,773 toneladas de residuos de concha ostión (Sungwun Her, 2021). Siendo el estado de Tabasco quien obtuvo la mayor producción y generando entre 2,257 y 4,270 toneladas de residuos de concha de ostión, que en parte son eliminados en vertederos, generando problemas ambientales. Una forma de minimizar este inconveniente es reutilizarlo en productos secundarios.

Una de las aplicaciones es utilizar a la concha de ostión como fuente de carbonato de calcio, donde se utiliza desde su aplicación en suplementos de alimentos de animales a partir de



la obtención de glucosamina para la elaboración de harina de concha de ostión con alto contenido de calcio, explorando la posibilidad de utilizar este producto en la alimentación humana (Barbara Rodríguez, 2022). Así también, se puede utilizar en la elaboración de pasta para impresoras 3D de cerámica, en el que se aprovecha los residuos de concha de ostión en forma de polvo con diferente tamizado para obtener tamaños de polvos con granulometría que puede ser utilizada por la impresora 3D (Otero, 2022). De igual forma el triturado de concha de ostión en forma de polvo ha sido reportado como elemento sustituto o agregado en la mezcla cemento arena tal como se presenta en la Tabla 2. La diversidad de aplicaciones de este material lo identifica como un componente con alto potencial que puede ser utilizado, disminuyendo los problemas ambientales generados de los residuos en la producción de ostión.

Tabla 2.

Investigaciones sobre agregados utilizando concha de ostión. Elaboración propia.

Autor	Año	País	Nombre del artículo
Eun-Ik Yang, Myung-Yu Kim, Hae-Geun Park, Seong-Tae Yi	2009	Corea	Effect of partial replacement of sand with dry oyster shell on the long-term performance of concrete

Aportación

“La resistencia a largo plazo del concreto con un 10% de reemplazo de ostras trituradas (OS) es casi idéntica a la del del hormigón normal, a largo plazo con 20% de reemplazo de OS es apreciablemente menor que la del hormigón normal. El módulo se reduce en un 10-15% aproximadamente cuando se utiliza OS para el 20% del agregado fino. La deformación por contracción por secado aumenta a medida que aumenta la relación de sustitución (SR) de OS. La resistencia, módulo elástico, contracción por secado, resistencia al congelamiento y descongelamiento, y la permeabilidad se ven significativamente afectadas por una mayor sustitución de OS, para el rendimiento a largo plazo, mientras que otras propiedades como la fluencia y la carbonatación, así como los resultados de las pruebas de ataque químico, no se vieron sustancialmente afectados.”.

Autor	Año	País	Nombre del artículo
Dang Hanh Nguyen, Nassim Sebaibi, Mohamed Boutouil, Lydia Leleyter	2013	Francia	The Use of Seashell by-Products in Pervious Concrete Pavers

Aportación

“Los subproductos de conchas (SBP) se producen en cantidades importantes en Francia y se consideran residuos. Sustituir el agregado grueso en el diseño de mezcla de concreto con 20%, 40% y 60% SBP. El



concreto permeable que contenía menos del 40% de SBP tenía resistencias, permeabilidad y contenido de huecos comparables al concreto permeable que contenía solo agregado natural. Las muestras que contenían 40% o más tuvieron una pérdida significativa de resistencia, el agregado natural puede ser sustituido por SBP sin afectar el delicado equilibrio de una mezcla de concreto permeable”.

Autor	Año	País	Nombre del artículo
Gengying Li, Xiaoyang Xu, E. Chen, Jie Fan, Guangjing Xiong	2015	China	Properties of cement-based bricks with oyster-shells ash

Aportación

“Se realizaron experimentos con cinco niveles diferentes de reemplazo de conchas de ostras calcinadas (OS) (entre 0% y 20%) para estudiar el efecto sobre la resistencia mecánica y la resistencia al hielo y deshielo. Además, este estudio investiga el efecto de los ciclos húmedo-seco sobre la contracción, la absorción de agua y la resistencia de las muestras de ladrillos de cenizas volantes (UFB). Según los resultados de las pruebas, los ladrillos que incorporan OS y cal alcanzaron resistencia y durabilidad de 28 días dentro del grado M15 según GB/T2542-2012 (estándar chino). Los ciclos húmedo-seco dentro de los límites investigados en este estudio mostraron un efecto positivo sobre las propiedades mecánicas, lo que indica que los ladrillos se pueden utilizar tanto en condiciones ambientales húmedas como secas”.

Nota: Materiales alternativos con agregado de conchas de ostión, investigaciones de diferentes autores. Elaboración propia.

1.2 Pregunta de Investigación

Al utilizar triturado de concha de ostión como sustituto y agregado de árido en 5, 10, 15, 20 y 30 % en la mezcla cemento-arena, ¿se cumplirán los parámetros de resistencia a compresión descritos en la norma NMX-C-441-ONNCCE “Industria de la construcción-mampostería-bloques, tabiques o ladrillos y tabicones para uso no estructural-especificaciones y métodos de ensayo”?

1.3 Justificación

El hombre y la naturaleza mantiene una relación estrecha, debido a que la segunda, provee distintos materiales, comida, vivienda, entre otras. Sin embargo, el crecimiento de la población ha acarreado problemas como el incremento de gases de efecto invernadero, la deforestación, contaminación de los recursos naturales y la pérdida de biodiversidad. La degradación provocada en el ecosistema es una muestra de que no se consideran los daños generados, a pesar de lo necesariamente importante que es el preservar el planeta (Environment, 2019).

Dentro de las múltiples emergencias ambientales del presente y futuro, existe una de la que pocos conocen, según información emitida por la Organización de las Naciones Unidas



(2019), el uso irracional de arena; el aumento incontrolado de la demanda podría tener graves consecuencias sobre los ecosistemas costeros y marinos, la disponibilidad de agua potable y la erosión de ríos, lagos y costas (ONU, 2019).

Los materiales más utilizados en la construcción son el cemento, el mortero y el hormigón, mezclas donde los áridos (arena, grava, gravilla) son el ingrediente básico. En 2010, la superficie de la tierra cubierta por cemento y asfalto era de un millón de kilómetros cuadrados, se tiene un estimado de que para el año 2050, aproximadamente el 66% de la población mundial vivirá en enormes aglomerados urbanos, haciendo más grande la demanda de estos materiales, así también el incremento en daños ambientales y el cambio climático.

Adicionalmente a la cantidad de áridos que se utilizan en el mundo de alrededor de 22.2 a 25.9 mil millones de toneladas al año, que corresponde al doble de la cantidad anual de sedimentos transportados por los ríos, la contaminación es afectada por los residuos sólidos generados antropogénicamente, tales como polímeros o desechos orgánicos. Una forma de minimizar los impactos ambientales es reutilizar o reciclar parte de estos componentes en desuso. En nuestro caso, proponemos reutilizar o reciclar los residuos orgánicos provenientes de conchas de ostión con el fin de minimizar los impactos ambientales que estos provocan. Los residuos de conchas de ostión fueron propuestos para su reutilización en bloques para la construcción debido a que es un producto de alto consumo en la región y a sus componentes químicos elementales. Se propone incorporar en un bloque cemento-arena ya que es un elemento constructivo muy popular en la región, que tiene como nicho de oportunidad al 92% de las viviendas construidas en México que utilizan tabique, ladrillo, bloques, piedra, cantera, cemento o concreto (INEGI, 2022).

El estado de Tabasco en 2020 fue el mayor productor de Ostión en el País, generando 6,184 toneladas de este producto (CONAPESCA, Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca, 2020). Como subproducto se obtienen aproximadamente entre el 37-70% de conchas por cada kilogramo de productos equivalentes a aproximadamente entre 2,257 y 4,270 toneladas de residuos de concha ostión (Sungwun Her, 2021). En el municipio de Paraíso, se encuentra uno de los puertos pesqueros nacionales denominado El Bellote, que alberga un corredor gastronómico, cuya principal actividad es el aprovechamiento de la producción de ostión. Derivado del consumo de este, se generan residuos que son



depositados a orillas de la laguna y en vertederos, también son empleados como rellenos de caminos y predios particulares (Figura 1).

Figura 1

Desechos de conchas de ostión (2020). Elaboración propia



Con base en esta información y en la búsqueda de aportar soluciones o de contribuir en la disminución de las problemáticas del medio, surge la idea de utilizar las cochas de ostión para generar un material local que incluya su uso. Generando una propuesta alternativa en el desarrollo de bloques para la edificación y en forma paralela utilizar parte de los residuos generados por la industria gastronómica.

El uso de los residuos de concha de ostión en la industria de la construcción como agregado en la mezcla cemento-árido ha sido reportado por diferentes autores (Yang Eun-Ik, 2010), (Dang Hanh-Nguyen, 2013), (Gengying Li, 2015), (León-Ramos AM, 2020), (C Ramón-Santos, 2016). En algunos casos el triturado de concha de ostión es sometido a tratamiento térmico utilizando temperaturas de 500, 700, 800, 900 y 1000°C para mejorar las



propiedades estructurales y elementales del material, obteniendo 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 en algunos casos 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. Otros autores (Hyunsuk Yoon, 2004), (Zhong Bin-Yang, 2012), (Wang Her-Yung, 2013), (Kuo Wen-Ten, 2013), estudios (Yang Eun-Ik, 2010), (Dang Hanh-Nguyen, 2013), (Gengying Li, 2015), (León-Ramos AM, 2020) reportan 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 bloques de construcción generados a partir de material alternativo.

Dado lo anterior, se plantea el interés de trabajar en propuestas que ayuden en el control de la explotación, degradación ambiental, y que estos no causen afectaciones a la población humana. Una de ellas es el reúso y reciclaje de residuos.

Esta investigación propone incorporar triturado de conchas de ostión en forma de agregado y sustituto a la mezcla cemento-arena para el desarrollo de bloques de construcción estudiando su resistencia a la compresión.

1.4 Objetivo General

Desarrollar un bloque macizo cemento-arena no estructural, agregando en porcentajes de 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, para la disminución del uso de áridos, conservando el valor de resistencia mínima individual a la compresión de 2.8 MPa (28 kg/cm^2) establecida en la norma NMX-C-441-ONNCCE-2013



1.4.1. Objetivos Específicos.

- 1) Elaborar bloques cemento-arena macizo no estructural, con agregado en porcentajes de 5, 10, 15 y 20 y sustituyendo en 5, 10, 20 y 30% de triturado de concha de ostión considerando la dosificación de materiales y granulometría para el diseño del espécimen referente y prototipos.
- 2) Determinar la resistencia a la compresión del bloque macizo cemento-arena no estructural elaborado, agregando en porcentajes de 5, 10, 15 y 20% y sustituyendo en porcentajes de 5, 10, 20 y 30% de triturado de concha de ostión de acuerdo con el método de ensayo de la NOM-C-036-ONNCCE "Industria de la Construcción – Mampostería – Resistencia a la compresión de bloques, tabiques o ladrillos y tabicones y adoquines – Método de Ensayo".
- 3) Evaluar el desempeño de la resistencia a la compresión entre el bloque referente y los prototipos con el fin de comparar el grado de variación de estos y definir su viabilidad de acuerdo con lo establecido en la norma NOM-C-441-ONNCCE.

1.5. Hipótesis de trabajo

Al agregar el 5, 10, 15 y 20% o sustituir 5, 10, 20 y 30% de triturado de conchas de ostión, con respecto a la cantidad de arena utilizada para elaborar un bloque no estructural, que en dimensionamiento cumpla con la NMX-C- 038 ONNCCE, este mantendrá la resistencia a la compresión de 28 kg/cm² que se establece en la NMX-C-441-ONNCCE, debido a que puede mantener la porosidad conservando el tamaño de poro y por consiguiente su densidad final.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

II. Revisión de la literatura



2.1. Marco Teórico

Durante la historia del hombre este ha trabajado sobre casos puntuales de supervivencia, uno de los más importantes, buscar un lugar donde refugiarse de los peligros y de las condiciones climáticas. La vivienda en todas partes del mundo nace como una necesidad de protección que la sociedad requiere, el producir u obtener un espacio para habitar y protegerse del exterior es uno de los retos a los que en algún momento las personas se enfrentan.

Desde los inicios de la historia de la humanidad, el hombre utilizó para la construcción de su hábitat materiales provenientes de la naturaleza tales como la tierra, madera, piedra, vegetales o una combinación de éstas. La tierra, que es una mezcla de arcilla, limo y arena, fue utilizada por primera vez en construcciones del periodo neolíticas entre los 8000 y 4000 A.C, en ciudades como Mesopotamia, entre el río Tigris y el Éufrates (Gatti, 2012). En siglos subsecuentes en Mesopotamia se alcanzaron edificaciones con fortaleza mecánica a partir de la cocción a la tierra colocadas sobre piedras y ladrillo vidriado con color. En Egipto, alrededor de 1200 A.C., se construyeron estructuras de adobe, incorporando construcciones en piedra, para dar como resultados por ejemplo edificaciones del Templo de Millones de Años de Ramsés II (1290-1224 a.C.) erigido en la orilla oeste de Tebas (Chapon, 2022). En el periodo del imperio Romano, se construyó en el año 126 D.C, el Panteón de Agripa y su elevada cúpula, utilizando una mezcla de cenizas, material volcánico con caliza y arena, al que llamaron cemento Puzolana. En 1824, al mezclar arcillas y calizas, se llegó a la mezcla de un árido que hasta el día de hoy conocemos como Cemento Portland. El primer rascacielos, construido con los estándares de la arquitectura contemporánea fue el de Park Row Building de New York, en el que se utilizó una combinación de acero y mezcla de cemento, arena, agua y un agregado árido, construido en 1899 (Andrés López-G, 2020).

Con el aumento de la urbanización mundial, la vivienda, además esencial para la supervivencia del hombre, se convirtió en objeto de consumo, elemento de degradación del ambiente construido con un impacto progresivo en la sostenibilidad de la misma naturaleza (C Almeida Marques, 2010). Construir un espacio habitable para las personas es una necesidad, pero el crecimiento de esta repercute en el impacto ocasionado al planeta.



El crecimiento poblacional conlleva retos en todos los sectores; y específicamente, guarda una estrecha relación con el sector de la construcción (Molina, 2014), esta se convierte en un indicador de desarrollo económico, ligado a la disponibilidad de materiales y puede analizarse al considerar el cómo y con qué se han construido tanto viviendas como edificios (Díaz , 2017). Hay diversidad de materiales que deben cumplir con un fin específico, muchas veces sin considerar los daños colaterales de su consumo. Ocasionando de esta manera, irrupciones al ambiente e incremento en recursos y energía.

La arena es un recurso utilizado principalmente para la construcción. Se está consumiendo las reservas de arena más rápido de lo que podemos producir de manera responsable (ONU, 2019). Ello constituye un grave problema a lo que se tienen que considerar alternativas de consumo. La demanda mundial de arena y grava asciende a valores alrededor de 40-50 mil millones de toneladas cada año y se calcula que los ríos de la Tierra contribuyen en 12 mil millones de toneladas por año, por lo que se está consumiendo a una tasa de 4 veces más de la que se está generando (ONU, 2019). En nuestra vida cotidiana vemos arena por todos lados y es difícil imaginar que este recurso ha sido tan explotado que pronto nos quedaremos sin ella.

En la industria de la construcción los áridos son un ingrediente fundamental, considerando que el uso es de talla internacional, la extracción repercute en daños a ríos, deltas y ecosistemas costeros y marinos, provocando la pérdida de tierras por erosión de las zonas costeras y fluviales, la disminución de los niveles freáticos y la reducción del suministro de sedimentos (ONU, 2019), lo cual afecta la biodiversidad, el agua, el paisaje y el clima debido a su transporte.

A partir del informe "Nuestro Futuro Común" de la comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo dado en 1987, se mostró la necesidad de encontrar el equilibrio entre los aspectos ambientales, económicos y sociales. Generando una conciencia ecológica en todas las disciplinas y la construcción que involucra el reuso y reciclaje de materiales, así como el retorno del uso de materiales básicos y naturales. Nombrándolos en estos momentos como materiales alternativos, surgiendo en forma paralela los conceptos de arquitectura sustentable o arquitectura alternativa. El implemento de alternativas y una explotación sostenible de los recursos podrían reducir drásticamente el impacto negativo sobre el medio ambiente.



Los materiales alternativos son de gran utilidad en la construcción, se usan básicamente para al menos conservar sus propiedades y disminuir la dependencia industrial. Este tipo de materiales están en estudios constantes, se debe determinar las características de los materiales a sustituir, por ejemplo: áridos para aplicaciones en bloques. El estudio de adheridos naturales como triturados de conchas principalmente ofrecen una opción de la disminución del agregado que se encuentra en riesgo y al mismo tiempo ayuda al medio ambiente; por lo que su uso sería una solución alternativa.

Otro de los usos del ostión se presenta en las zonas arqueológicas donde se utilizaban mezclas de materiales disponibles, que además formaban parte de la actividad económica de la región (León-Ramos AM, 2020). En zona arqueológica de Comalcalco, Tabasco las edificaciones se construyeron a base de ladrillos y morteros mezclados con polvos de concha de ostión.

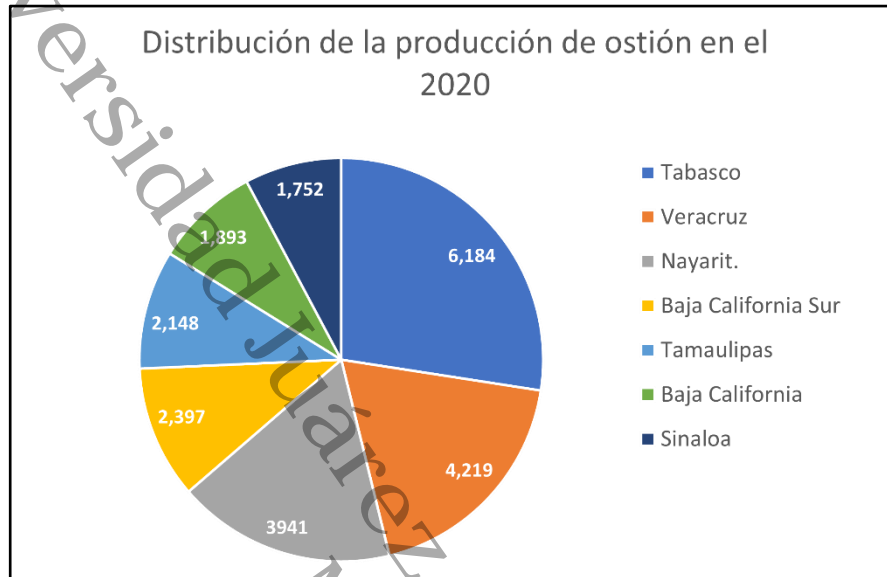
En América, el ostión denominado Americano *Crassostrea Virginica* se distribuye desde el Golfo de San Lorenzo en Canadá hasta la Laguna de Términos, Campeche, México, localizándose en zonas de arrecifes, de fondos firmes y duros de la zona intermareal y submareal (ML Sevilla-Hernández, 2003).

En Tabasco, este producto forma parte de las especies comerciales del sector pesquero y acuícola; según datos de la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA) en 2020 se obtuvo producción de 6,184 toneladas de ostión, como se muestra en la Figura 2 (CONAPESCA, Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca, 2020).



Figura 2.

Distribución de la producción total de ostión en el 2020.



Nota: El gráfico representa la distribución de la producción de ostión en los estados que ocupan los primeros lugares en el 2020. Elaboración propia con datos de CONAPESCA.

Tabasco debido a su ubicación geográfica cuenta con amplias zonas costeras y lagunares que permiten que la producción de ostión sea una actividad económicamente rentable, donde los productores ostrícolas se agrupan en asociaciones cooperativas de cosecha y consumo. Después de su consumo las conchas son acumuladas a orillas de la laguna, en vertederos o como relleno, estas emiten un intenso mal olor y además generan la proliferación de plagas de mosquitos y moscas (León-Ramos AM, 2020). Debido a lo anterior, los residuos de concha de ostión podrían reutilizarse, aprovechando los productos secundarios y minimizando el impacto negativo al medio ambiente.

Estudios en el uso y caracterización de conchas de ostión de mar aplicado en cementos mixtos han sido reportados por Soltanzadeh y colaboradores (2018) en el que mencionan valores de resistencia de compresión semejantes entre mezclas cemento portland-conchas de ostión y cemento portland ordinario ensayadas a 3, 7 y 28 días. Carolina Martínez-García y colaboradores (2017), reportan el comportamiento de la concha de mejillón utilizado como sustituto de árido en concretos convencionales simples y no estructurales recomendando un porcentaje límite de sustitución de 25 %. Sungwun Her y colaboradores (2021), muestran el estudio de la producción de clínker de cemento utilizando polvo de conchas de vieiras y



ostras pulverizadas en sustitución del 100 % en peso de la piedra caliza, encontrando que éstas son sustitutos adecuados de este material como materia prima para producción de cemento. Hussein M. Hamada y colaboradores (2023), reporta una revisión amplia del efecto de las conchas marinas recicladas utilizadas como sustituto parcial de cemento en las propiedades del concreto. Determinando que las conchas marinas con tamaños de partículas finas mejoran las propiedades de flexión y tracción en el concreto debido a una mejor distribución entre el agregado y la matriz aglutinante.

2.2. Área de estudio

En el 2020, Tabasco fue el primer productor nacional de Ostión con más de 6,184 toneladas de este producto (CONAPESCA, Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca, 2020). Los puertos pesqueros en el Estado reportados por CONAPESCA son Sánchez Magallanes, Barra de San Pedro, Frontera y Chiltepec. Este último pertenece al municipio de Paraíso, Tabasco, cuya producción Ostrícola es basta debido a su ubicación y vegetación provenientes principalmente de la Laguna de Mecoacán. El puerto de Chiltepec está conectado al corredor turístico gastronómico Puerto Ceiba y el Bellote, por lo que se cuenta con un porcentaje alto de productos secundarios de residuos de conchas de ostión que pueden ser reutilizados y aprovechados para otras aplicaciones, proporcionando una alternativa de reciclaje adecuado.

La laguna Mecoacán, se localiza entre $93^{\circ}04'$ y $93^{\circ}14'O$ y entre $18^{\circ}16'$ y $18^{\circ}26'N$, al noreste de la llanura deltaica del río Mezcalapa. El canal Barra de dos Bocas permite la unión con el Golfo de México, cuenta con un área aproximada de 5,168 Ha y una profundidad alrededor de 0.9 a 1.2 m (JC Domínguez, 2003). Presenta incrementos en profundidad debido a las descargas de los ríos Seco, Cuxcuchapa y Escarbado. La salinidad superficial presenta un intervalo de 36 a 40 ppm en época de lluvias, mientras que la temperatura varía poco, aumentando de oeste a este. Las condiciones hidrológicas anuales de la laguna son influenciadas por la variación estacional de las condiciones atmosféricas, con una salinidad



menor a la del mar abierto, Figura 3. Este comportamiento estuarino es provocado por los aportes continuos de agua dulce de origen continental y al régimen intenso de lluvias.

Figura 3.

Laguna Mecoacán en el Golfo de México.



Nota: El gráfico fue elaborado con datos de la CONAGUA-SMN-EMAS (2015).

En la laguna Mecoacán la vegetación dominante es mangle y la herbácea está compuesta de una mezcla de hidrófitas flotantes y enraizadas como el lirio acuático, popal y macroalgas de los géneros *Hypnea* y *Gracilaria*. En tierra las especies dominantes son la palma de Sabal mexicana y Cocos. Esta condición genera que en la laguna este compuesto por bancos de mejillones y ostiones (Martínez, 2015).

El sistema de laguna en Mecoacán, permite la explotación de ostión, ocupando Tabasco el primer lugar de producción en el País (CONAPESCA, Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca, 2020).



2.3. Revisión de las Normas Mexicanas

Los sistemas de construcción en el Estado utilizan generalmente muros de mampostería basados en block o ladrillos debido a que son elementos accesibles de fácil manipulación. Los bloques están compuestos de elementos áridos unidos por una mezcla cementante, regularmente mortero. Como se había mencionado en la sección anterior las reservas de árido se están consumiendo más rápido de lo que podemos producir de manera responsable (ONU, 2019), constituyendo un grave problema al medio ambiente. Lo anterior representa una oportunidad para reutilizar materiales de desecho ya sea como sustituto o agregado de materiales pétreos en la obtención de bloques para la construcción. En nuestro caso proponemos la reutilización e incorporación de triturado de concha de ostión en la elaboración de bloques alternativos. Independientemente de los procesos de elaboración de los bloques alternativos estos deben de satisfacer los requerimientos establecidos en las Normas Mexicanas de la industria de la construcción de bloques, tabiques o ladrillos. Las normas que aplican en estos casos son los siguientes:

NMX-C-441-ONNCCE-2013. Esta norma mexicana es aplicable a los bloques, tabiques o ladrillos y tabicones, así como piezas para celosías, para uso no estructural, de fabricación nacional y de importación que se comercialicen en territorio nacional. Establece las especificaciones y métodos de ensayo que deben cumplir bloques, tabiques o ladrillos y tabicones, así como piezas para celosías; hechos en máquina o a mano, los cuales se utilizan en la construcción de muros divisorios, muros de relleno, para revestimiento interior y exterior, o cualquier otro uso no estructural. En nuestro caso, los bloques elaborados se tienen contemplado que sean utilizados en muros divisorios, con posibles características aislante térmicas o acústicas, sin función estructural o de carga. Los valores de resistencia de compresión en los bloques macizos elaborados con agregado o sustituto de triturado de concha de ostión deben de cumplir 3.5 MPa (35 kg/cm²) para resistencia media (fp) y 2.8 MPa (28 kg/cm²) para resistencia mínima individual.

La NMX-C-036-ONNCCE-2013, Norma Mexicana que establece el método de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión aplicable a los bloques con material alternativo elaborado. El objetivo principal de esta norma es garantizar que la superficie superior e inferior de los bloques elaborados sea uniforme previo para colocarse en el equipo que va a efectuar la prueba de compresión. De igual forma menciona que los valores máximos de resistencia de compresión se alcanzan a los 28 días posteriores de

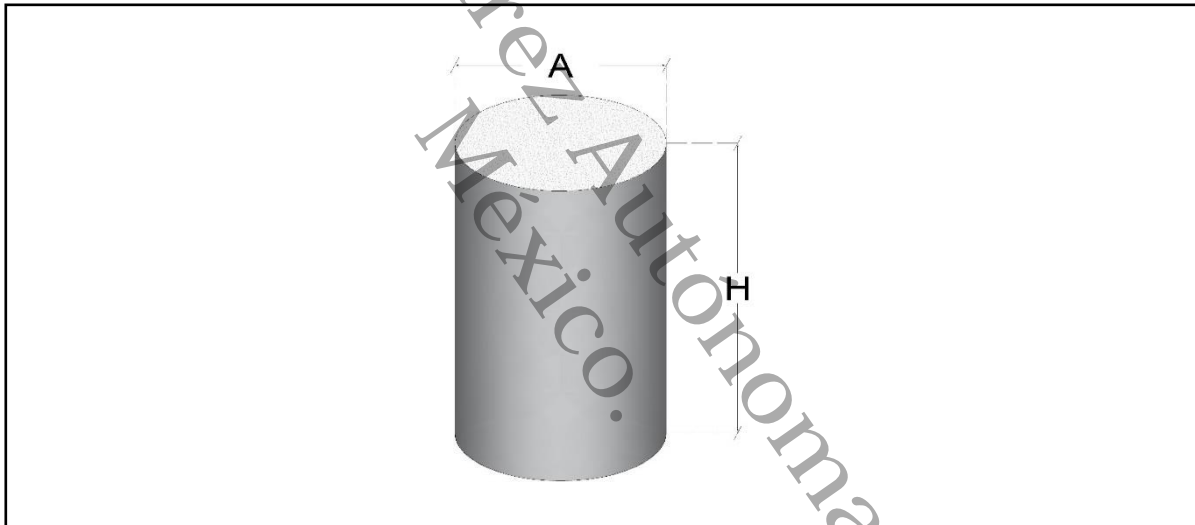


elaboración. En nuestro caso, el ensayo de compresión se utilizará un equipo de prensado marca DIVISA. En todas las pruebas de compresión la carga, se aplicó en forma constante y uniforme hasta alcanzar la falla. Para determinar la resistencia de compresión se utiliza la carga máxima aplica y el área del bloque.

NMX-C-038-ONNCCE-2013 Norma mexicana para determinar las dimensiones de los bloques alternativos elaborados. También incluye las dimensiones de tabiques o ladrillos y tabicones. Las muestras elaboradas se etiquetan y se examinan las dimensiones geométricas: ancho (A) y alto (h), como se muestra en la Figura 4. Posteriormente se determina para cada muestra el área y volumen total.

Figura 4.

Forma cilíndrica de la pieza. Elaboración propia.



NMX-C-077-ONNCCE-2019. Industria de la Construcción-Agregados para Concreto-Análisis Granulométrico-Método de Ensayo. Esta Norma Mexicana establece el método para el análisis granulométrico de agregados finos y gruesos, con el fin de determinar la distribución de las partículas de diferentes tamaños por medio de cribas. Tomando en cuenta que el agregado grueso es la porción de material retenido por la malla #4 (4.755 mm) y el agregado fino es la porción del material que no es retenido por la malla #4. Para realizar los ensayos se toma una muestra representativa de material entre 500-1000 g, que se deposita en el sistema de cribas por un tiempo de 10 min en caso de contar con un sistema automático, dejando reposar 5 min para permitir el asentamiento de las partículas finas.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
Mexico.

III. Desarrollo Experimental

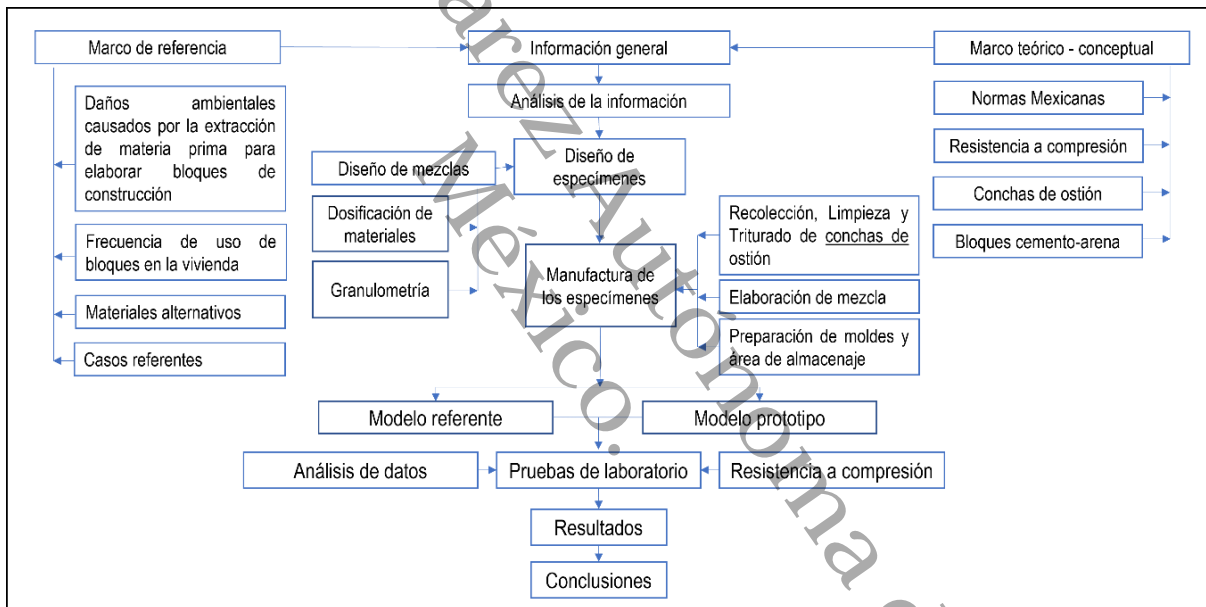


3.1. Metodología.

La Figura 5, muestra diagrama de las consideraciones tomadas para el desarrollo del presente trabajo. En el que se observa en primera instancia las problemáticas ambientales que dan paso al interés por este estudio. Posteriormente se realizó una revisión general sobre los daños ambientales causados por la explotación de recursos naturales utilizados en la construcción, como son los áridos. Generando como alternativa a esta problemática la utilización de materiales de desecho como sustitutos (o agregado) de áridos en la mezcla cemento-arena.

Figura 5.

Diagrama de método. Elaboración propia



Para la preparación de los especímenes se debe trabajar principalmente en el diseño de las mezclas, esta información servirá para la dosificación de los materiales, permitiendo conocer las cantidades a utilizar.

Con respecto a la granulometría, se realizó a 1000 gramos de concha de ostión, que se pasaron por mallas de diferentes diámetros #4, #10, #20, #40, #60, #100 y #200, Figura 6. Estas proporcionan el tamaño máximo de agregado de material. En la práctica los pesos de cada tamaño se expresan como porcentajes retenidos en cada malla con respecto al total de la muestra. Los porcentajes retenidos se calculan tanto parciales como acumulados,



en cada malla, ya que con estos últimos se procede a trazar la gráfica de valores de material (granulometría).

Figura 6.

Juego de mallas. Tamices superpuestos. Elaboración propia



La manufactura de los especímenes se inició con la recolección de las conchas de ostión, que debido a las condiciones en las que se encontraban se tuvieron que pasar por un proceso de limpieza, eliminando residuos, lavando y cepillando.

Posteriormente, se elaboraron las mezclas cemento arena y la concha de ostión triturada. Los porcentajes propuestos de la concha de ostión fueron de 5, 10, 15 y 20 % como agregado y 5, 10, 20 y 30% como sustituto con respecto a la arena.

Las piezas usadas en los elementos estructurales de mampostería deberán cumplir con las normas mexicana ONNCCE, 441, 036, 038, 077 y 404. También se prepararon los moldes y el área de almacenamiento para los modelos prototipos y referente.

Finalmente, se estudiaron los efectos que tienen el incorporar la concha de ostión triturada en mezclas cemento-arena para la fabricación de prototipos, en la resistencia de compresión de los materiales preparados.



3.2. Preparación de especímenes

El diseño de especímenes consideró los porcentajes de agregados a utilizar. Para analizar el comportamiento de los bloques las cantidades de materiales se propusieron con respecto al tratado de construcción de Miguel Antonio Saad en la relación 1:4; los bloques que no contienen material triturado de concha de ostión se elaboraron como modelo de referencia únicamente a base de cemento-arena. Para la elaboración de bloques que incluyen agregado o sustituto de concha de ostión, utilizado en la elaboración de bloques convencionales cemento-arena, pero reemplazando al árido por triturado de concha de ostión, observando su trabajabilidad, fluidez y porosidad. Los porcentajes considerados se plantearon con la finalidad de estudiar el comportamiento mecánico en diferentes proporciones de triturado de concha de ostión (agregado o sustituto de árido) definiendo las condiciones de los bloques alternativos elaborados. En todos los casos, se prepararon 5 probetas cilíndricas de 10 cm de altura y 5 cm de diámetro de cada uno, utilizando moldes que se muestran en la Figura 7. Las probetas fueron sometidas a ensayos de compresión, en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la División Académica de Ingeniería y Arquitectura.

Figura 7.

Cilindros para la realización de los modelos referente y prototipos.





Los cilindros utilizados para la elaboración de los modelos son normados y de uso común en el laboratorio de mecánica de suelo y en el área de la construcción. Antes de utilizar los moldes pasaron por un proceso de limpieza y colocación de desmoldante para obtener cilindros sin daños por desmoldamiento. El proceso se repitió para cada porcentaje utilizado. En la Tabla 3 se indican los valores utilizados para el triturado de concha de ostión como agregado, en la Tabla 4 los materiales cuando el triturado de concha de ostión es considerado sustituto. En el diseño de las mezclas se usó en todos los casos, cemento portland Puzolánico tipo I, este material permite adherir o conglomerar las partículas de los agregados, alcanzando una unión de materiales pétreos consistente y compacto.

Tabla 3.

Diseño de mezclas para la elaboración de muestras con triturado de concha de ostión como agregado de árido. Elaboración propia

% Agregado	Arena (g)	Cemento (g)	TCO (g)	Agua (ml)
5%	2540.14	567.23	127	630
10%	2540.14	567.23	254	630
15%	2540.14	567.23	381	630
20%	2540.14	567.23	508	630

Tabla 4.

Diseño de mezclas para la elaboración de probetas con triturado de concha de ostión como sustituto de árido. Elaboración propia

Material	Proporción	An / Ar	An	Ar (Agregado reciclado)	Cemento (g)	Agua (ml)
Arena natural (AN)	AN	100/0	2540.14	0	567.23	530.52
Concha de ostión	CO*5	95/05	2413.13	127.01	567.23	528.8
Concha de ostión	CO*10	90/10	2286.13	254.01	567.23	527.26
Concha de ostión	CO*20	80/20	2032.11	508.03	567.23	524.01
Concha de ostión	CO*30	70/30	1778.1	762.04	567.23	524.01



3.3 Recolección de muestras

Como se mencionó en las secciones anteriores, las muestras de conchas de ostión se recolectaron en la laguna Mecoacán, Chiltepec, el municipio de Paraíso, Tabasco, con ayuda de pescadores de la zona. La concha de ostión recolectada es de la especie *Crassostrea Virginica*, la Figura 8 muestra parte del material que se recolectó.

Figura 8.

Conchas de ostión recolectada. Elaboración propia



Previo a triturar las conchas de ostión se realizó un proceso de limpieza de estas que involucra: cepillado y lavado con agua limpia para la eliminación de residuos de lodo u organismos adheridos a la superficie, sin detergentes o aditivo para evitar la adición de un agente de estos elementos. Lo anterior es debido a que en el proceso de elaboración de bloques se requiere que el material sustituto o agregado esté libre de cualquier impureza que pueda evitar su adherencia en la mezcla.



El proceso de secado fue de manera natural al aire libre en una malla para el escurrimiento del agua que quedó en las conchas, la Figura 9 se observa cómo estas conchas se dejan secar de manera natural, al escurrir el exceso de agua donde fueron lavadas previamente.

Figura 9.

*Conchas de ostión en proceso de secado previamente lavadas con agua limpias.
Elaboración propia*



Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

IV. Resultados y Discusión



4.1 Triturado de concha de ostión

Posteriormente al recolectado y limpieza de las conchas de ostión, se procede al triturado del mismo. Este proceso de trituración de la concha de ostión se hizo en dos etapas:

- i) Se utilizó un pisón manual para quebrar las conchas, como se muestra en la Figura 10.
 - a. De esta forma, se logró obtener un primer triturado de tal forma que tuvieran un tamaño alrededor de 1-2 cm y de esta forma pudieran molerse en un molino mecánico, debido a la estructura del ostión al momento de golpear la concha se obtiene una especie de láminas y polvos, tal como se muestra en la Figura 10. b.

Figura 10.

a) Conchas de ostión triturado con ayuda de pisón manual., b) material obtenido con triturado previo.



- ii) Con ayuda de un molino manual, como se muestra en la Figura 11, se logró alcanzar tamaños más pequeños alrededor de 0.500 mm. Estos valores son adecuados para pasar al proceso de tamizado y obtener el tamaño de partículas adecuado.



Figura 11.

Triturado de la concha de ostión utilizando un molino manual.



4.2. Tamizado

El tamizado de las conchas de ostión se realizó con ayuda de las mallas #4, #10, #20, #40, #60, #100 y #200. Se utilizaron 1000 gramos concha de ostión triturado pasándolos por las diferentes mallas. El material se coloca en la malla N°4, cuidando que se encuentren bien ensambladas todas las mallas. Seguido, se tapa la malla y se sacude manualmente o en la tamizadora eléctrica por espacio de 5 minutos, como se muestra en la Figura 12. El tiempo utilizado se tomó considerando la experiencia de los técnicos operadores del laboratorio. El material que se retiene en la charola de fondo (lo que pasó la malla #200), es considerado polvo, parte de esta se utilizó para determinar la composición estructural de la concha de ostión. La distribución granulométrica del material se realizó con base a la norma NMX-C-077-ONNCCE-2019, estableciendo un valor de finura del triturado de concha de ostión. En



la Figura 12 se muestra los tamices utilizados en la granulometría dando cumplimiento a la norma mencionada.

Figura 12.

Agitado manual de mallas.



Los resultados obtenidos del tamizado del material se muestran en la Tabla 5, se pesó un kilogramo y se colocó en las mallas, se muestran los gramos que se retuvo en cada una de las mallas. La cantidad de material que se retuvo en la malla #4, se sometió al proceso de triturado nuevamente para incorporarlo a la mezcla.



Tabla 5.

Tamizado de concha de ostión triturada. Elaboración propia

No. de malla	Retenido (g)	Acumulado (g)	% que pasa
4	-	-	-
10	4.66	-	100
20	55.22	8	94
40	742.54	80	90
60	163.61	96	4
100	18.46	98	2
200	5.90	99	1
p-200	9.61	100	0
Total	1000		

Tomando en cuenta los valores obtenidos en la Tabla 5 y la norma NMX-C-077-ONNCCE-2019, el módulo de finura se determina sumando los porcentajes retenidos acumulados dividiendo el resultado entre 100. El valor determinado del módulo de finura fue de 4.66, que lo ubica como agregado muy grueso o extragrueso (JA Mejía-Quiñones, 2018).

4.3. Característica del triturado de concha de ostión.

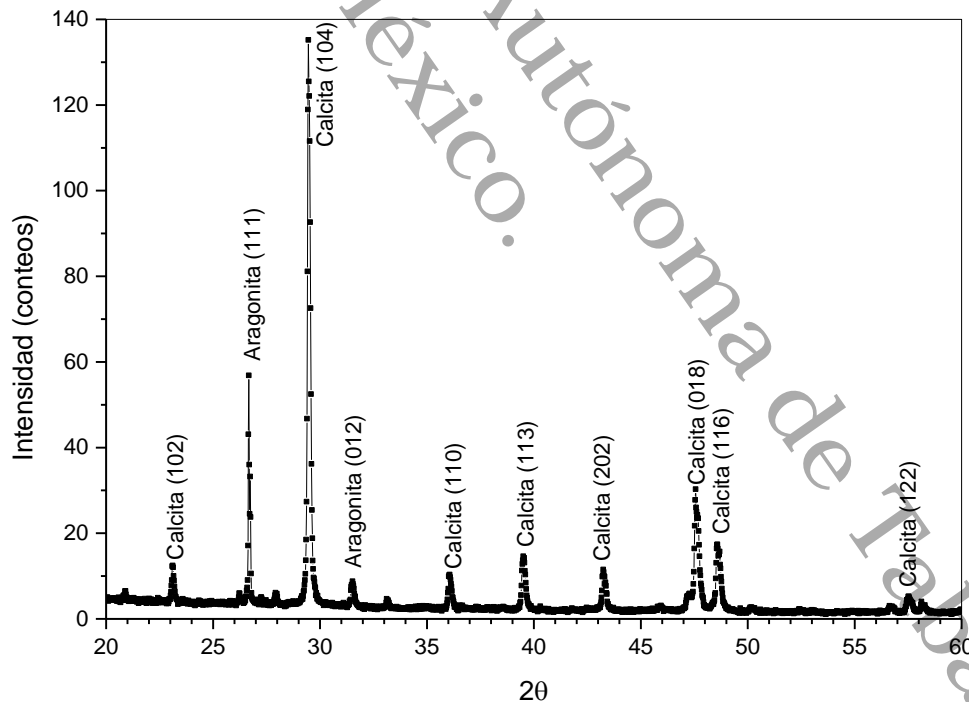
La composición elemental de la concha de ostión Americano *Crassostrea Virginica* es especialmente carbonato de calcio (CaCO_3), presentándose principalmente en formas cristalinas tipo aragonito y calcita (Zhong Bin-Yang, 2012). Para conocer el tipo de mineral presente en la concha de ostión se realizó un análisis estructural del material triturado utilizando un difractómetro D8 ADVANCE Bruker con una fuente de radiación Cu-K α ($\lambda = 1.54056 \text{ \AA}$), cuyo espectro se muestra en la Figura 13. Los resultados indican que el mineral presente es su mayoría calcita tipo romboédrico. Adicionalmente se observa del espectro que no muestra trazas de cloro, componente que podría contribuir en la corrosión, limitando



con esto su utilización como sustituto de árido. La importancia de determinar el tipo de mineral del triturado de concha de ostión radica en el aporte de componentes de calcio que podría tener la mezcla al sustituir (o agregar) el árido por este material. Los componentes principales de la arena son Si (32.99%), O (46%) y Ca (1.94%), del triturado de concha de ostión es Ca (32.48%), O (49.51%), y C (15.89%), y en el caso del cemento portland tipo I son Ca (35.61%), O (43.28%) y Si (5.65%) (CM Hernández-Pérez, 2017), por lo que el conocimiento del mineral del que está conformado el triturado de concha de ostión podría ser relevante en las propiedades mecánicas de los bloques debido a una mayor cantidad de componentes de calcio provenientes de este material.

Figura 13.

Patrón de difracción de rayos X del triturado de conchas de ostión. Elaboración propia





4.4 Preparación de la mezcla

Se realizaron dos series de bloques: una utilizando al triturado de concha de ostión como agregado del árido y la segunda como sustituto en la mezcla, tomando los valores de las Tablas 6 y 7. En ambos casos se consideró que al agregar triturado de concha de ostión disminuye la trabajabilidad de las mezclas desarrolladas. En la primera serie la arena natural se sustituyó por triturado de concha de ostión en porcentajes de 5, 10, 20 y 30%. En la segunda, el triturado de concha de ostión fue agregado en la mezcla cemento-arena en porcentaje de 5, 10, 15 y 20 %. Como primer paso, el árido utilizado para la mezcla, se filtró previamente con una malla criba de 2x2 para evitar partículas no deseadas, como plástico, hojas o raíces.

Para la elaboración de la mezcla, se pesaron todos los materiales de acuerdo con lo indicado en la sección anterior. Estos valores se obtuvieron y fueron dosificados usando el método establecido por MA Saad (Saad, 1964) en una relación 1:4 (cemento:arena) para enladrillados en azotea, pisos en baños y lugares húmedos. Los materiales utilizados fueron vertidos en una mezcladora eléctrica, como se muestra en la Figura 14, tomando en cuenta el siguiente orden: primero arena, cemento, seguido de agua suficiente, esto para el modelo referente. En el caso de los prototipos con tamizado de concha de ostión, antes de agregar agua, el porcentaje de agregado se mezcló con las cantidades de cemento-arena correspondiente. El procedimiento utilizado para mezclar los materiales fue el mismo en todos los prototipos elaborados.

Figura 14.

Proceso de mezclado utilizando una mezcladora eléctrica.





Posteriormente se elaboran los prototipos cilindricos. El proceso de relleno se realizó en tres capas de aproximadamente 3.3 cm de espesor, compactando con una varilla de alambón cada capa proporcionalmente con un total de 25 golpes en forma de espiral, dejándola caer sin aplicar fuerza, Figura 15.

Figura 15.

Mezcla obtenida en los moldes de los modelos referentes y prototipos.



Los bloques obtenidos fueron almacenados en el laboratorio para la espera del periodo de tiempo que se requiere para realizar las pruebas correspondientes, con respecto a la norma NMX-C-036-ONNCCE para la realización de las pruebas de resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días.



4.5 Dimensiones de los bloques

La medición de las dimensiones de los bloques elaborados (Figura 16) se realizó siguiendo el procedimiento indicado en la norma NMX-C-038-ONNCCE, los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 6.

Figura 16.

Especímenes elaborados. Elaboración propia



Tabla 6.

Dimensiones de los bloques elaborados. Elaboración propia

IDENTIFICACION DEL ENSAYE DE 0%			
ENSAYE NO.	001	002	003
MODELO NO.	1	2	3
	Dimensiones		
ALTURA (cm)	10.0	10.1	9.9
ANCHO (cm)	5.0	5.1	5.1
AREA (cm ²)	50	51	50
VOLUMEN	196.35	198.95	195.01



	Ensaye con 5%			Ensaye con 10%		
MODELO NO.	1	2	3	1	2	3
DIMENSIONES						
ALTURA (cm)	10.0	10.0	10.0	9.9	10.0	9.9
ANCHO (cm)	5.1	5.1	5.1	5.0	5.1	5.0
AREA (cm ²)	50.5	50.5	50.9	49.6	51.2	49.5
VOLUMEN	196.98	196.98	196.98	194.39	196.98	194.39

	Ensaye con 20%			Ensaye con 30%		
MODELO NO.	1	2	3	1	2	3
DIMENSIONES						
ALTURA (cm)	10.0	10.0	9.9	10.1	10.0	9.9
ANCHO (cm)	5.1	5.1	5.0	5.1	5.1	5.2
AREA (cm ²)	50.6	50.9	49.7	51.4	50.5	51.2
VOLUMEN	196.98	196.98	194.39	198.95	196.98	210.25

4.6. Morfología de los bloques con triturado de concha de ostión.

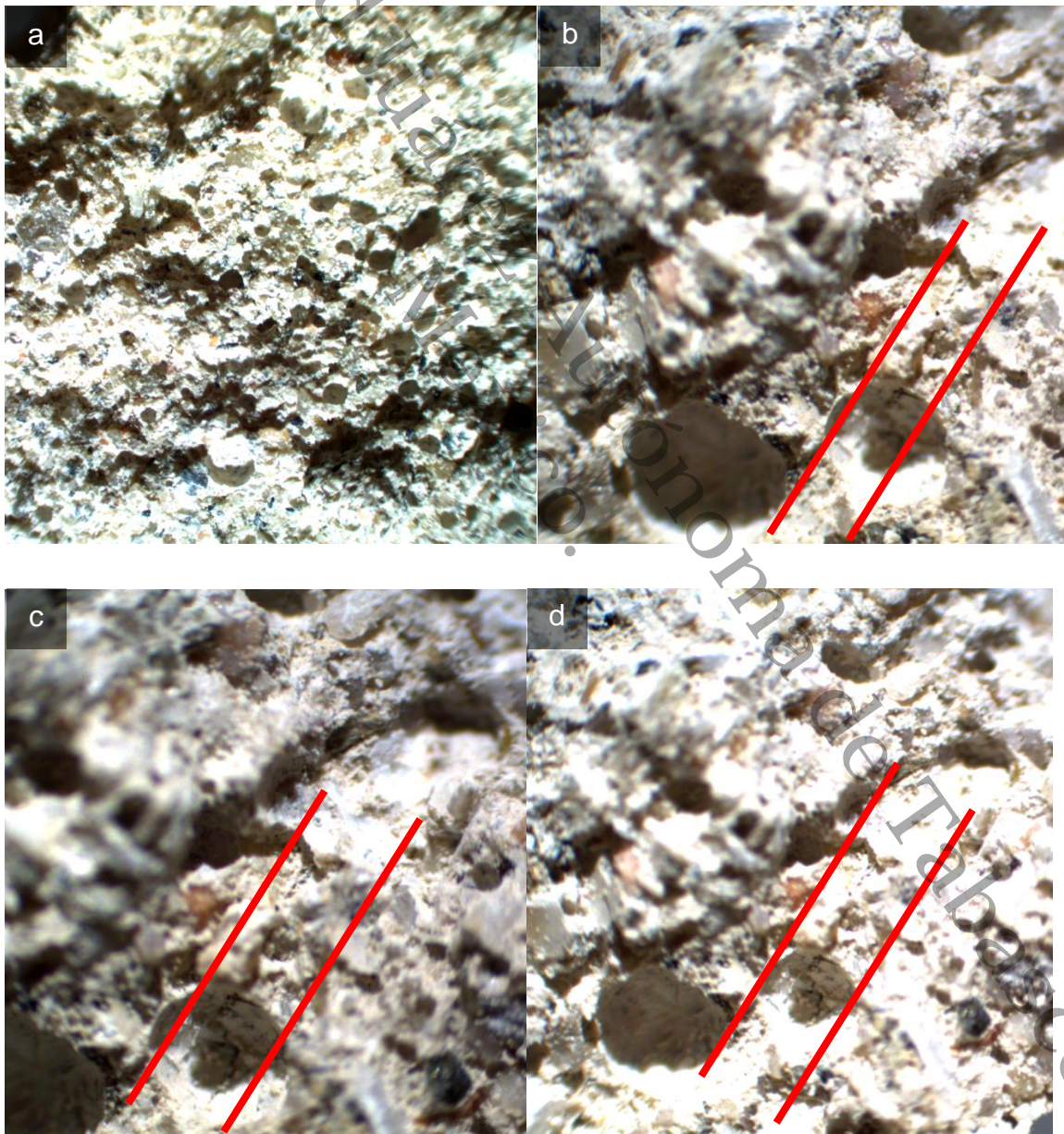
La Figura 17, muestra una sección del bloque elaborado con triturado de concha de ostión, posterior a la prueba de compresión. De la figura se puede observar la distribución homogénea del triturado de concha de ostión en la superficie de los especímenes elaborados. Una mayor distribución de triturado se observa en la Figura 17a, debido a la mayor concentración de agregado (30%). Para concentraciones menores de agregado la distribución de triturado es menor, tal como se observa en la Figura 17e. En ambos casos se puede observar los fragmentos de agregado estando en consistencia con el módulo de finura determinado de 4.81. Alrededor del triturado de concha de ostión se observan fallas y menor adherencia en la mezcla cemento-arena, fenómeno que es más pronunciado en los especímenes preparado en mayores porcentajes de agregado, tal como se muestra en las Figuras 17. b, c, d. Para porcentajes menores de agregado el efecto es menor, sin



embargo, todavía observable como se muestra en la Figura 17f. 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) .

Figura 17.

Micrografía de especímenes elaborado con triturado de concha de ostión. Elaboración propia





4.7. Resistencia a la compresión

La caracterización mecánica de los bloques, elaborados como sustituto o agregado de triturado de concha de ostión, corresponde a la medición de resistencia de compresión con respecto a la norma NMX-C-441-ONNCCE y con la ayuda del equipo de prensado de concreto marca DAVIS. Se considera que los bloques propuestos soporten una compresión de mínimo 35 kg/cm², como indica la norma antes mencionada.

Figura 18.

Modelos referentes y prototipos sometidos a resistencia a compresión. Elaboración propia





Al pasar los 28 días, como se indica en la norma NMX-C-036-ONNCCE, las muestras alcanzaron la resistencia máxima. Se prepararon para someterlos al tronado de acuerdo con la metodología experimental indicada, el proceso de tronado se muestra en la Figura 18.

Se realizó el tronado de los prototipos considerando a triturado de concha de ostión como agregado y sustituto, a las cantidades base para preparación de mortero, en porcentajes de 5, 10, 15, 20 y 30 %, Estos presentaron fracturas, como se muestra en la Figura 19.

Figura 19.

Especímenes a los que se les realizó la prueba de resistencia a compresión. Elaboración propia



Los resultados del ensayo de compresión, siguiendo lo establecido en la Norma Mexicana NMX-C-036-ONNCCE, se muestran en la Tabla 7 para los prototipos elaborados considerando al triturado de concha de ostión como agregado en porcentajes de 5, 10, 15 y 20%. En la Tabla 8, se muestran los resultados para prototipos desarrollados considerando al triturado de concha de ostión como sustituto de árido en porcentajes de 5, 10, 20 y 30%. De igual forma está tabla muestra los valores de las dimensiones obtenidas siguiendo el procedimiento indicado en la norma NMX-C-038-ONNCCE.



Tabla 7.

Resistencia a compresión para bloques elaborados considerando al triturado de concha de ostión como agregado. Elaboración propia.

IDENTIFICACION DEL ENSAYE DE 0%						
Modelo no.	1	2		3		
		Prueba				
Carga a compresión (kg)	1,440	1,770		1,830		
Resistencia (kg/cm ²)	28.66	34.53		36.57		
Resistencia promedio (kg/cm ²)		33.2				
5% de agregado			10% de agregado			
Modelo no.	1	2	3	1	2	3
		Prueba				
Carga a compresión (kg)	1,020	1,010	950	1050	1,100	1,060
Resistencia (kg/cm ²)	20.36	20	19.12	21.15	21.46	21.39
Resistencia promedio (kg/cm ²)		20			21	
15% de agregado			20% de agregado			
MODELO NO.	1	2	3	1	2	3
		PRUEBA				
Carga a compresión (kg)	1,080	1,045	910	960	1,010	980
Resistencia (kg/cm ²)	20.81	20.67	18.27	19.18	16.63	19.64
Resistencia promedio (kg/cm ²)		20			19	

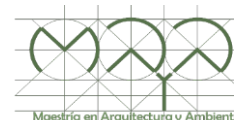


Tabla 8.

Resistencia a compresión para bloques elaborados considerando al triturado de concha de ostión como sustituto. Elaboración propia

Identificación del ensaye de 0%						
Modelo no.	1		2		3	
	Prueba					
Carga a compresión (kg)	1,440		1,770		1,830	
Resistencia (kg/cm ²)	28.66		34.53		36.57	
Resistencia promedio (kg/cm ²)			33.2			
5% de sustituto			10% de sustituto			
Modelo no.	1	2	3	1	2	3
	Prueba					
Carga a compresión (kg)	1,260	1,470	1,050	840	1,200	1,050
Resistencia (kg/cm ²)	24.93	29.11	20.65	16.92	23.42	21.19
Resistencia promedio (kg/cm ²)		24.9			20.5	
20% de sustituto			30% de sustituto			
MODELO NO.	1	2	3	1	2	3
	PRUEBA					
Carga a compresión (kg)	1,200	1,260	1,320	1,050	1,140	1,140
Resistencia (kg/cm ²)	23.72	24.73	26.56	20.42	22.55	22.25
Resistencia promedio (kg/cm ²)		25.0			21.7	

De acuerdo con los valores de la resistencia a la compresión para los bloques elaborados que se muestran en las tablas 7 y 8, en el caso de utilizar el triturado de concha de ostión como sustituto de árido el valor fue superior comparado con los prototipos que usaron al triturado como agregado en la mezcla cemento-arena.



En promedio el porcentaje de disminución del valor de resistencia de compresión para los prototipos con triturado de concha de ostión como sustituto de árido fue de 31%, y 40% para prototipos con triturado de concha de ostión como agregado, ambos valores con respecto a los prototipos sin incorporación de triturado de concha de ostión. 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 observan fallas o grietas alrededor del triturado de concha de ostión, así como una menor adherencia a la mezcla cemento arena, contribuyendo al menor valor de resistencia de compresión de los especímenes con triturado de concha de ostión. 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 en base a triturado de concha de ostión, contribuyendo al desarrollo tecnológico de la región al reutilizar material de desecho.



V. Conclusiones

A lo largo del desarrollo de la tesis se alcanzaron las metas propuestas en el estudio y formación de prototipos de bloques elaborados con material agregado de 5, 10, 15 y 20% o sustituto al 5, 10, 20 y 30% de triturado de conchas de ostión. Se determinaron las principales propiedades del triturado de concha de ostión y se caracterizaron los bloques elaborados consultando las normas NMX-C-038-ONNCCE para obtener el dimensionamiento de los prototipos y la NMX-C-441-ONNCCE que determina la resistencia a la compresión, así como la morfología superficial de mezcla cemento-arena-triturado de concha de ostión. Como resultados de los diferentes estudios realizados se puede concluir lo siguiente:

- i) Se genera una alternativa para utilizar los residuos de conchas de ostión, apoyando en la sensibilización para la reutilización y reciclaje.
- ii) Se desarrollaron materiales alternativos a partir del reúso de residuos de conchas de ostión contribuyendo al cuidado del medio ambiente.
- iii) Los bloques elaborados con agregado o sustituto de triturado de concha de ostión, puede ser una alternativa para implementar tecnología que disminuya la contaminación y el consumo de recursos naturales como la arena.
- iv) El espectro de rayos X del triturado de concha de ostión muestra que este material está compuesto del mineral de calcita, siendo un aporte importante de calcio en la mezcla cemento-arena-triturado de concha de ostión.
- v) La morfología de los bloques elaborados con triturado de concha de ostión muestra que 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 contribuyendo en el decremento de las propiedades mecánicas del material.
- vi) Los bloques elaborados alcanzaron valores de resistencia de compresión de 25 kg/cm² para sustitutos y 21.3 kg/cm² para agregado de triturado de concha de ostión. Aunque estos valores son menores a lo establecido en la norma mexicana NMX-C-441-ONNCCE, se puede continuar en futuras investigaciones



realizando prototipos con diferente tamaño de triturado de concha de ostión que incrementa la densidad del material al disminuir el volumen de poros de los bloques elaborados.

- vii) La forma plana y de lajas de la concha de ostión permite un incremento de la cantidad de agua en la mezcla y afecta en la adherencia mezcla-árido debido a la secreción del agua atrapada en las partículas de triturado de concha de ostión, aumentando la porosidad, lo que disminuye la resistencia de compresión de los bloques elaborados.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.



Referencias

- Albano C, C. N. (2008). Estudio de concreto elaborado con caucho de reciclado de diferentes tamanos de particulas. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*. 23(1), 67-75.
- Alfonzo-Ortega, A. (2016). Eco-ladrillo a base de caucho reciclado de neumático fuera de uso. *Trabajo final de grado de Investigación*, 1-11.
- Andrés López-G, A. A.-R. (2020). *Materiales. Una historia de la evolución humana y los avances tecnológicos*. España: Universidad de Burgos .
- Barbara Rodríguez, G. A.-C.-V.-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*, 2922-2933.
- Bedoya Montoya, C. M. (2011). *Construcción sostenible. Para volver al camino*. Medellín: Biblioteca Jurídica Diké.
- C Almeida Marques, J. M.-R.-C. (2010). Vivienda y territorio. *M+A, Revista electrónica de medioambiente*, 1.
- C Ramón-Santos, A. L.-R.-G.-R.-T.-F. (2016). Reuso de desechos de conchas de ostión "*Crassostrea Virginica*" para la obtención de un material como aglomerante de mortero a partir de tratamientos de molienda y calcinación. *ESPACIO I+D, Innovación más Desarrollo*, 38-48.
- Chapon, L. (2022). RAMESSEUM: EL TEMPLO DE MILLONES DE AÑOS DE RAMSÉS II. *ENCICLOPEDIA DIGITAL DE LOS MUNDOS ANTIGUOS*, 1-32.
- CM Hernández-Pérez, R. L. (2017). Elaboración de pasta de montero utilizando CaCo3 obtenido de los desechos de ostión. *Tesis Licenciatura*, 1-71.
- CONAPESCA. (22 de junio de 2018). *Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca*. Obtenido de Ostión, la perla de la corona del sector pesquero y acuícola nacional: <https://www.gob.mx/conapesca/articulos/ostion-la-perla-de-la-corona-del-sector-pesquero-y-acuicola-nacional?idiom=es>
- CONAPESCA. (2020). *Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca*. México: Edición 2020.



- Dang Hanh-Nguyen, N. S. (2013). The Use of Seashell by-Products in Pervious Concrete Pavers. *International Journal of Civil and Environmental Engineering*, 850-857.
- Díaz , P. (05 de abril de 2017). *Centro Urbano*. Obtenido de <https://centrourbano.com/>
- Enshassi, A., Kochendoerfer, B., & Rizq, E. (2014). *Evaluación de los impactos medioambientales de los proyectos de construcción*. Santiago: Rev. ing. constr. vol.29 no.3.
- ENVI. (2020). *Encuesta Nacional de Vivienda* . México: INEGI-Infonavit-SHF.
- Environment, U. (2019). *Global Environment Outlook – GEO-6: Healthy Planet, Healthy People*. Nairobi, Kenya: UN Environment.
- Escalante-García, J. (2002). Materiales alternativos al cemento Pórtland. *Avance y Perspectiva*, 79-88.
- Gatti, F. (2012). *Arquitectura y construcción en tierra*. España.
- Gengying Li, X. X. (2015). Properties of cement-based bricks with oyster-shells ash. *Journal of Cleaner Production*, 279-287.
- Giuseppe Falini, S. F. (2002). Crystallization of calcium carbonate salts into beta-chitin scaffold. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 475-480.
- Horst-Michael Ludwig, W. Z. (2015). Research review of cement clinker chemistry. *Cement and Concrete Research*, 24-37.
- Hyunsuk Yoon, S. P. (2004). Oyster shell as substitute for aggregate in mortar. *International Solid Waste Assosiation*, 158-170.
- Ibrahim Alfahdawi, O. S. (2016). Utilizing waste plastic polypropylene and polyethylene terephthalate as alternative aggregates ti produce lightweight concrete: A Review. *Journal of Engineering Science and Technology*, 1165 - 1173.
- INEGI. (15 de Junio de 2022). *Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática*. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
- ISO14040. (2006). *Gestión ambiental — Análisis del ciclo de vida — Principios y marco de referencia*.



- 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.
- JC Domínguez, A. S. (2003). Distribución de macrocrustáceos en Laguna Mecoacán, al sur del Golfo de México. *Hidrobiológica*, 127-136.
- Khoffi F, K. N.-Y. (2011). Mechanical behavior of polyethylene terephthalate/copper composite filament . *Physics Procedia*, 240-245.
- 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.
- León-Ramos AM, C.-L. M.-T.-R.-F. (2020). Obtención de mezclas de concreto adicionados con partículas de carbonato de calcio biogénico. *Journal CIM*, 987.
- Martínez, L. Y. (2015). Valor de hábitat en tres tipos de sustrato en un estuario tropical de Tabasco. *Tesis de Maestría Ecosur*, 1-133.
- ML Sevilla-Hernández, A. G.-Z. (2003). Ciclo gonádico del ostión americano *Crassostrea virginica* (Lamellibranchia: Ostreidae) en Mecoacán, Tabasco, México. *Revista de Biología Tropical*, 51(4), 109-117.
- Molina, M. (2014). Analisis de Ciclo de Vida: Edificaciones. *Centro Mario Molina*, 01-08.
- NeyvaGissela, A.-S. (2011). *Utilización de fibras de caucho de neumáticos reciclados en la elaboración de bloques de mampostería para mitigar el impacto ambiental en el cantón ambato*. Ecuador.
- Ocaña Ocaña, C. (2006). Hogares y Viviendas en la Prospección Demográfica de la Planificación Urbanística. *Baetica. Estudios de Arte Geografía e Historia*, 507-526.
- ONU, N. (07 de mayo de 2019). La explotación insostenible de arena destruye ríos y mares. pág. 1. Recuperado el enero de 2020, de <https://news.un.org/es/>
- Otero, A. (2022). Cocinas, residuos e impresión 3D. Biomateriales basados en cáscaras de huevo y conchas de mejillón. *Inmaterial. Diseño, Arte y Sociedad*, 55-74.



- Paul Ekins, J. G. (2019). *Perspectiva del medio ambiente Mundial GEO-6 Planeta Saludable, Gente Saludable*. Kenya: ONU Medio Ambiente.
- Pesca, C. N. (22 de junio de 2018). *Gobierno de México*. Obtenido de Ostión, la perla de la corona del sector pesquero y acuícola nacional: <https://www.gob.mx/conapesca/articulos/ostion-la-perla-de-la-corona-del-sector-pesquero-y-acuicola-nacional?idiom=es>
- Premalatha S, P. N. (2016). Utilization of waste PET bottles and industry-products as a construction material. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 1459-1462.
- Saad, M. (1964). *Tratado de construcción*. México: CECSA 1ra. Edición.
- Saikia N, B. J. (2013). Waste Polyethylene Terephthalate as an Aggregate in Concrete. *Materials Research*, 341-350.
- Sampada Chavan, P. R. (2016). Utilization of Waste PET Bottle Fibers in Concrete as an Innovation in Building Materials. *International Journal of Engineering Research*, 304-307.
- Sungwun Her, T. P. (2021). Synthesis and characterization of cement clinker using recycled pulverized oyster and scallop shell as limestone substitutes. *Journal of Cleaner Production*, 123987.
- UNEP. (2014). Ecosystem management, Environmental governance, Resource efficiency: Sand, rarer than one thinks . *Global Environmental Alert Services*, 1-15.
- 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.
- Xiaohong Wang, J. M. (2001). Structural characterization of phosphorylated chitosan and their applications as effective additives of calcium phosphate cements. *Biomaterials*, 2247-2255.
- Yang Eun-Ik, K. M.-Y.-G.-T. (2010). Effect of partial replacement of sand with dry oyster shell on the long-term performance of concrete. *Construction and Building Materials*, 758-765.
- Zhong Bin-Yang, Z. Q.-F. (2012). Structure and Property Characterization of Oyster Shell Cementing Material. *Chinese Journal of structural Chemistry*, 85-92.



Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.