



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

CAMPUS I

“ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE MAMPOSTERÍA DE TABIQUES A BASE DE RESIDUOS DE PET.”

**TESIS QUE PARA OBTENER GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA CON FORMACION EN CONSTRUCCIÓN.**

PRESENTA:

BRENDA GUADALUPE GÓMEZ MÉNDEZ C100048

DIRECTOR DE TESIS:

MTRO. JESÚS ALEXANDER ZEA ESTRADA.

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS, NOVIEMBRE 2022.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
FACULTAD DE INGENIERÍA C-I



Tuxtla Gutiérrez, Chiapas
29 de noviembre del 2022
Oficio No. F.I.01.2100/2022

C. BRENDA GUADALUPE GÓMEZ MÉNDEZ
ALUMNA DE LA MAESTRÍA EN INGENIERÍA
CON FORMACIÓN EN CONSTRUCCIÓN
PRESENTE.

Con base en el Reglamento de Evaluación Profesional para los egresados de la Universidad Autónoma de Chiapas, y habiéndose cumplido con las disposiciones en cuanto a la aprobación por parte de los integrantes del jurado en el contenido de su Tesis Titulada:

“ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE MAMPOSTERÍA DE TABIQUES A BASE DE RESIDUOS DE PET”.

CERTIFICO el **VOTO APROBATORIO** emitido por este jurado, y autorizo la impresión de dicho trabajo para que sea sustentado en su Examen Profesional para obtener el grado de Maestra en Ingeniería con formación en Construcción.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE
“POR LA CONCIENCIA DE LA NECESIDAD DE SERVIR”

DR. JOSÉ ALONSO FIGUEROA GALLEGOS
ENCARGADO DE DIRECCIÓN



Ccp. Dra. Daisy Escobar Castillejos. Coordinadora de Investigación y Posgrado. Facultad de Ingeniería. UNACH.
Archivo/minutario
JAFG/DEC/tcpg*



Código: FO-113-05-05

Revisión: 0

CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LA TESIS DE TÍTULO Y/O GRADO.

El (la) suscrito (a) Brenda Guadalupe Gómez Méndez.
Autor (a) de la tesis bajo el título de "Estudio de las propiedades Físico
Mecánicas de mampostería de tabiques a base de
residuos de PET."
presentada y aprobada en el año 2022 como requisito para obtener el título o grado de Maestro en Ingeniería con formación en construcción autorizo licencia a la Dirección del Sistema de Bibliotecas Universidad Autónoma de Chiapas (SIBI-UNACH), para que realice la difusión de la creación intelectual mencionada, con fines académicos para su consulta, reproducción parcial y/o total, citando la fuente, que contribuya a la divulgación del conocimiento humanístico, científico, tecnológico y de innovación que se produce en la Universidad, mediante la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Consulta del trabajo de título o de grado a través de la Biblioteca Digital de Tesis (BIDITE) del Sistema de Bibliotecas de la Universidad Autónoma de Chiapas (SIBI-UNACH) que incluye tesis de pregrado de todos los programas educativos de la Universidad, así como de los posgrados no registrados ni reconocidos en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad del CONACYT.
- En el caso de tratarse de tesis de maestría y/o doctorado de programas educativos que sí se encuentren registrados y reconocidos en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), podrán consultarse en el Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma de Chiapas (RIUNACH).

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; a los 09 días del mes de diciembre del año 2022.


Brenda Guadalupe Gómez Méndez

Nombre y firma del Tesista o Tesistas

AGRADECIMIENTOS

A mi Dios que siempre me ha acompaña dándome la fuerza, paciencia, sabiduría para continuar con esta preparación académica, dándome la certeza que siempre va a mi lado y me bendice.

A mis padres, Ponciano Gómez y Rutila Méndez, porque los que siempre son los que están ahí apoyándome en todo momento, nunca me negaron su ayuda, siempre mis pilares.

A mi hermana y sobrina; Maritza Gómez y Gianella Sánchez gracias por el apoyo, las risas e incluso por enseñarme a ser mejor persona. Gianella a tu lado sé que mi niñez puede ser eterna mientras te tenga conmigo, pero también sé que estando junto a ti es crecer.

A mi director de tesis el Mtro. Jesús Alexander Zea Estada por poner su confianza, paciencia, sabiduría y experiencia en la realización de este trabajo, sin ello no hubiera logrado cerrar este ciclo importante que sin duda alguna marcara una parte muy importante en trayectoria.

A mis asesores de tesis Dr. Alexander López González y el Mtro. Joseph Elí Mandujano Zavala, por sus tiempo y comentarios que ayudaron a enriquecer estos estudios.

A mi AlmaMater Facultad de Ingeniería de la UNACH. Por la oportunidad brindada de realizar esta maestría que sin duda enriquecieron mis conocimientos, gracias a sus instalaciones y el apoyo de los catedráticos.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	7
1.1 GENERALIDADES	7
1.2 PROBLEMÁTICA	10
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	11
1.4 OBJETIVOS.....	12
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	12
2. ESTADO DEL ARTE	15
2.1 LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL.....	21
2.1.1 CONTAMINANTES BIODEGRADABLES.....	24
2.1.2 CONTAMINANTES NO DEGRADABLES.....	25
2.2 CONTAMINACIÓN POR PLASTICOS	26
2.3 LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN MÉXICO.....	30
2.3.1 EL PLASTICO EN MÉXICO	32
2.4 CHIAPAS Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL	34
2.5 EL PAPEL DE LA INGENIERIA CIVIL EN LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL	38
2.6 ANTECEDENTES.....	42
2.6.1 LOS TABIQUES A LO LARGO DE LOS AÑOS	42
2.7 GENERALIDADES DE LOS TABIQUES	45
2.8 TIPOS Y USO DE LOS TABIQUES.....	47
2.9 RESISTENCIAS Y DIMENSIONES.....	54
2.9.1 DIMENSIONES DE LOS TABIQUES	54
2.9.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS TABIQUES	58
2.9.3 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MAMPOSTERÍA	60
2.9.3.1 Ensaye de pilas construidas con las piezas y morteros que se emplearan en la obra.	60
2.9.4 RESISTENCIA A COMPRESIÓN DIAGONAL.....	62

2.9.4.1	Ensaye de muretes construido con las piezas y morteros que se emplearán en la obra.	62
2.10	MÉTODO DE ENSAYOS ULTRASONICOS	64
2.10.1	ORIGEN Y DESCRIPCION DEL MÉTODO.....	64
2.10.2	TEORIA DE MOVIMIENTO DE ONDA ULTRASONICA.	68
2.10.3	ECUACION DE PROPAGACION.	70
2.10.4	HAZ ULTRASONICO.....	73
2.10.5	COMPORTAMIENTO DE LA ONDA A LOS INTERFACES.	75
3	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	79
3.1	OBTENCIÓN Y PREPARACIÓN DEL PET.....	79
3.2	AGREGADOS PETREOS.....	81
3.3	DISEÑO DEL TABIQUE FABRICADOS CON RESIDUOS DE PET.....	82
3.4	ELABORACIÓN DEL MORTERO PARA PILA Y MURETE.....	86
3.5	DISEÑO DE LOS MURETES Y PILAS.....	86
3.6	PREPARACIÓN DE ESPECÍMENES.....	88
3.7	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.	89
4	ANÁLISIS Y RESULTADOS	91
4.1	CARACTERÍSTICA DE LOS TABIQUES NO CONVENCIONALES.....	91
4.2	PRUEBA DE HUMEDAD Y ABSORCIÓN.....	93
4.3	PRUEBA DE COMPRESIÓN SIMPLE EN LOS TABIQUES NO CONVENCIONALES.	94
4.4	PRUEBA DE COMPRESIÓN SIMPLE AXIAL EN PILAS DE TABIQUES NO CONVENCIONALES.	97
4.5	PRUEBA DE COMPRESIÓN DIAGONAL (CORTANTE) EN MURETES DE TABIQUES NO CONVENCIONALES.....	100
4.6	PRUEBA DE VELOCIDAD DE PULSO ULTRASONICO (VPU).....	102
5.	CONCLUSIONES.....	107
	BIBLIOGRAFÍA	109
	ANEXO 1	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Contaminación ambiental.....	21
Figura 2. Biodegradable.....	24
Figura 3. No degradables.....	25
Figura 4. Contaminación por plástico.....	28
Figura 5. Contaminación en CDMX.....	31
Figura 6. Cañón del sumidero 2015.....	37
Figura 7. Cañón del sumidero 2015.....	43
Figura 8. Tabique rojo para construcción.....	46
Figura 9. Tabique rojo recodico de arcilla.....	48
Figura 10. Tabique de tierra perforado.....	48
Figura 11. Tabique hueco.....	49
Figura 12. Tabique de adobe.....	49
Figura 13. Tabique cara vista.....	50
Figura 14. Tabique refractario.....	50
Figura 15. Tabique decorativo de pared estilo rustico.....	51
Figura 16. Tabique decorativo para piso.....	51
Figura 17. Aparejo a sogas.....	52
Figura 18. Aparejo a tizones o a la española.....	53
Figura 19. Aparejo inglés.....	53
Figura 20. Pila de prueba en compresión.....	61
Figura 21. Murete para prueba en compresión diagonal.....	63
Figura 22. Sistema de medición de la velocidad de un pulso ultrasónico usando el método directo.....	65
Figura 23. Evolución de la polaridad de las ondas de Rayleigh en función de la profundidad de penetración del impulso ultrasónico.....	69
Figura 24. Oscilación de las partículas de las ondas de Lamb.....	70
Figura 25. Haz ultrasónico; definición de las diferentes zonas.....	73
Figura 26. Esquema de reflexión y refracción de una onda ultrasónica en una interfase.....	76
Figura 27. Obtención del PET utilizado.....	80

Figura 28. Procedimiento de preparación del PET.....	80
Figura 29. Muestras de arena.	81
Figura 30. Muestra de arena secado al sol.	81
Figura 31. Fabricación de moldes para tabiques.....	82
Figura 32. Olla y Pala.....	83
Figura 33. Forma del tabique	83
Figura 34. Movimiento de mezcla.....	84
Figura 35. Proceso de elaboración de tabiques.	85
Figura 36. Secado de tabiques.....	85
Figura 37. Ensayo de los especímenes de mortero.	86
Figura 38. Pilas a base de tabiques con reciclado de PET.	87
Figura 39. Muretes a base de tabiques con reciclado de PET.	87
Figura 40. Prueba de resistencia ala compresión	89
Figura 41. Toma de características de los especímenes.	91
Figura 42. Porcentaje de absorción.....	94
Figura 43. Prueba de compresión axial.....	95
Figura 44. Compresión axial de tabiques no convenciones.	95
Figura 45. Resistencias máximas.....	97
Figura 46. Compresión axial en pilas.	98
Figura 47. Resistencia de pilas.	99
Figura 48. Prueba de compresión diagonal (cortante) en muretes.....	100
Figura 49. Resistencia en muretes.....	102
Figura 50. Prueba de VPU.	103
Figura 51. Prueba de velocidad ultrasónica.	103
Figura 52. Velocidad de Pulso Ultrasónico.....	105
Figura 53. Piezas.	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Dimensiones de los ladrillos y bloques cerámicos.	55
Tabla 2. Dimensiones de los bloques de cemento, tabiques y tabicones.	57
Tabla 3. Tolerancia en las dimensiones de los bloques de cemento, tabiques y tabicones.	58
Tabla 4. Valores mínimos permitidos de $f'p$ y fp	60
Tabla 5. Factores correctivos para las resistencias de pilas con diferentes relaciones altura a espesor.	61
Tabla 6. Clasificación del concreto según su velocidad ultrasónica.	68
Tabla 7. Dimensiones de los tabiques propuestos.	83
Tabla 8. Características de especímenes para las pruebas mecánicas.	88
Tabla 9. Características de los especímenes.	92
Tabla 10. Porcentaje de absorción.	93
Tabla 11. Prueba de compresión axial.	96
Tabla 12. Prueba de compresión simple axial en pilas.	98
Tabla 13. Prueba de compresión diagonal (cortante) en muretes.	101
Tabla 14. Prueba VPU.	104
Tabla 15. Peso volumétrico neto mínimo de piezas, en estado seco.	113

1. INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

En la actualidad el problema de la contaminación es una realidad alarmante, encontramos sustancias nocivas presentes en el agua, suelo y aire. El planeta nos ha demostrado como la alteración al medio ambiente debido a la poca conciencia humana tiene graves consecuencias, como lo han sido los huracanes, inundaciones, sequías y desastres naturales cada vez más fuertes. Este fenómeno repercute gravemente en el medio ambiente y por ende la vida de los seres humanos. (Noticias ONU)

Uno de los principales contaminantes son los plásticos puesto que hacemos un uso desmedido de ellos, además, de la falta de conciencia del reciclaje del mismo. El plástico lo vemos presente principalmente en las bolsas, botellas, tapas, globos, empaques, vasos, cubiertos, etc. Los plásticos son el tipo de basura más presente en los océanos. (Greenpeace International)

De acuerdo con Greenpeace International (2022), nos mencionan que cada año, los mares y océanos son receptores de hasta 12 millones de toneladas de basura.

Greenpeace International A.C., nos dice que

La situación mundial es dramática, más aún teniendo en cuenta que la producción de plásticos sigue aumentando, y alcanzó los 380 millones de toneladas alrededor del mundo en 2015. Estas cantidades, su fácil dispersión y su lento proceso de degradación convierte al plástico en el enemigo número uno de mares y océanos. Su uso es un problema asociado a los modos de consumo, ya que la mayoría se emplean para envases de un solo uso.

Anualmente en el mundo existen entre 500 mil millones y 1 billón de bolsas de plástico circulantes, datos obtenidos de la Fundación de Recursos de la Tierra de California (Earth Resource Foundation), siendo el plástico uno de los materiales más lentos en su proceso de degradación, pues tardan de 150 a 500 años.

El daño causado por la contaminación ambiental, principalmente por el uso de plásticos es realmente visible en México, las inundaciones, la afectación de la vida silvestre, la contaminación de los mares y océanos, es algo que no se puede negar. Los materiales plásticos al incorporarse en nuestra vida diaria nos enfrentan hoy, a un acumulamiento de gran impacto en el medio ambiente debido a su resistencia a la corrosión y degradación. (Miguel Rivas y Ornela Garelli)

De acuerdo con la revista Forbes (2021), a nivel mundial, Asia produce alrededor de 30% de plásticos de un solo uso y la región de América del Norte es responsable de la producción del 18% de plásticos. Por su parte, México produce cerca de 8 millones de toneladas de plásticos al año, de los cuales el 50% son de un solo uso y sólo un 6.7% se recicla.

Aquae Fundation nos dicen que

La **Organización Mundial de la Salud** ya afirma que la mayor parte de los ciudadanos residen en áreas donde la contaminación ambiental está presente superando los límites establecidos como saludables. Y es que muchas son las sustancias que repercuten negativamente no solo en la salud humana también en la de miles de especies de animales y plantas que ven alterados sus hábitats por los efectos de la contaminación.

En México la contaminación se ha incrementado debido a la falta de concientización por parte de la sociedad y el incremento continuo en el consumo de productos embotellados en plástico; esos residuos son arrojados de manera inconsciente en las vías públicas.

Ecofiltro México (2022), nos menciona que, se estima que cada mexicano consume en promedio 48 kilos de plásticos al año, de acuerdo con datos de la propia Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), anualmente se producen alrededor de 9 mil millones de botellas plásticas.

La publicación del Periódico Oficial del Estado de Chiapas (2019) nos dice que:

El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, señala que una familia mexicana consume alrededor de 14 bolsas de asa y 16 rectangulares a la semana, lo que genera alrededor de 37 mil 717 millones de bolsas de plástico. Nuestro país, se encuentra dentro de los 4 primeros considerados más ricos en diversidad biológica del mundo, alberga el 12 por ciento de la diversidad de seres vivos en el planeta de acuerdo a la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, según la CONABIO, México alberga junto con otros países tales como Colombia, Ecuador, Perú, Brasil, Australia, Estados Unidos, Venezuela el 70 por ciento de la diversidad mundial de especies (pg. 4).

En Chiapas, la basura sigue siendo un problema de gran magnitud, en la mayoría de los municipios se carece de infraestructura y concientización sobre el impacto ambiental que ocasiona el manejo inadecuado de la misma.

La ingeniería civil es una de las profesiones con mayor responsabilidad dentro de la sociedad, ya que su principal objetivo es la de satisfacer las necesidades mediante la construcción de obras civiles como escuelas, hospitales, vías de comunicación, obras hidráulicas, vivienda, entre otras, es importante que consideremos el impacto ambiental que dichas obras generan durante su ejecución, siendo necesario el compromiso de minimizar el daño ambiental que ocasionemos, enfocándonos en la protección y conservación de los recursos naturales que se vean involucrados en las obras civiles a nuestro cargo.

Una forma de contribuir al medio ambiente es mediante el reciclaje del PET, es una manera de colaborar con el medio ambiente. Al reutilizar las botellas de plástico podemos hacer nuevas cosas con ellas de manera sustentable. Este trabajo de investigación está sustentado principalmente en la reutilización del PET como agregado pétreo en tabiques para su uso en muros y columnas. Se pretende agregar fibras de PET en los tabiques, obtenidas de envases reciclados y así obtener consigo más dos ventajas principales, como por ejemplo el promover el uso de materiales reutilizables en los procesos de construcción, disminución en los costos de los tabiques debido a que el PET sustituye de manera parcial los agregados.

Se pretende demostrar que los tabiques diseñados en las proporciones demostradas en el capítulo 4 de este trabajo de investigación funcionan de manera óptima en su implementación en muros y columnas.

1.2 PROBLEMÁTICA

En el mundo actual la contaminación por plásticos se ha convertido en unos de los principales problemas ambientales, la falta de compromiso social ante tal situación nos ha llevado a enfrentar distintos problemas debido a este fenómeno. El uso desmedido de los plásticos ha hecho que sean los causantes de gran parte de la contaminación ambiental, los residuos plásticos están matando la vida silvestre, contaminando mares y océanos, acaban nuestras vías fluviales.

La contaminación ambiental sin duda es un tema de conciencia social, desde hacer un uso medido del plástico hasta su reciclaje y reutilización. Es importante darnos cuenta que materiales como el plástico no son de fácil degradación, por lo cual afectan gravemente el medio ambiente. Por el contrario si como sociedad comenzamos a realizar acciones como el reutilizar estos productos en distintas aplicaciones podemos disminuir el porcentaje de basura que los plásticos representan y así, disminuir el impacto ambiental que este representa hasta el día de hoy.

El crecimiento poblacional que se ha vivido en las últimas décadas podemos traducirlo como mayor incremento en el uso de materiales como el plástico, provocando más basura y por lo tanto mayor daño ambiental. De la misma manera el incremento poblacional ha hecho que exista mayor demanda en la utilización de materia prima necesaria para satisfacer las necesidades básicas del ser humano.

Una de las necesidades más demandantes del ser humano, es la necesidad de vivienda, lo que con lleva a un aumento significativo del uso de materiales como lo son blocks, ladrillos, tabiques, etc., y por lo tanto esta demanda incluye a los materiales pétreos que los conforman, mismos que por extracción y transportación representan un costo significativo en la producción de estos materiales y por consiguiente del producto mismo.

Lo cual resulta ser una limitante para satisfacer debidamente esta necesidad, pues los altos costos de los materiales de construcción no permiten la construcción de viviendas a los mismos pobladores.

Los productores de tabiques convencionales se encuentran con una gran desventaja para con las empresas automatizadas o que tiene convenios con el gobierno en mando el cual le otorga la licitación de consumo de su producto para los proyectos de construcción. (Garcia C., 2008, pág. 44).

1.3 JUSTIFICACIÓN

Ante la creciente necesidad de disminuir el impacto ambiental que los plásticos provocan en la actualidad, surge la necesidad de implementar medidas como la reutilización de materiales que resultan ser altamente contaminantes por el tiempo que llevan en degradarse. El plástico es un material altamente consumido en la vida diaria del ser humano, mismo que puede ser debidamente reciclado y reutilizado, lo que nos permitiría darle una nueva vida útil. (Miguel Rivas y Ornela Garelli)

El PET (Polietileno Tereftalato), es un tipo de plástico comúnmente utilizado en envases y botellas de agua, refrescos, etc.

Ante esta realidad, se ha establecido el reciclado de tales productos de plástico, que ha consistido en concientizar el uso de plásticos, otra forma es reutilizarlos, esto sería recolectarlos, limpiarlos, y fundirlos de nuevo para usarlos como materia prima alternativa o sustituta para la producción tabiques, (Quevedo & Guzmán, 2013); siendo estos resistentes, ergonómicos y hablando desde el enfoque constructivo, anudado al incremento de costos de materiales, la reutilización de PET sería un ahorro a la economía.

La reutilización de materiales resulta ser una solución al impacto ambiental que estos como basura representan, por lo tanto, la reutilización del PET como agregado a la mezcla de materiales de construcción tales como blocks, tabiques, adoquines, etc., ayudaría a reducir el daño ambiental que el PET genera y de igual manera, al ser utilizado como parte de los agregados de la mezcla que los conforman, se lograría disminuir el costo de los mismos, pues reducirían la cantidad de agregados pétreos que estos necesitan, puesto que el PET los sustituiría de manera parcial.

Por lo antes expuesto se hace la propuesta de diseñar y elaborar tabiques con residuos de PET, reciclando botellas de plástico de polietileno de alta densidad, el cual se pretende que tenga las características admisibles en resistencia para su utilización en muros y columnas. Dicho procedimiento se presenta en los siguientes capítulos de este trabajo de investigación.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Estudiar las propiedades físico-mecánicas de tabiques fabricados con residuos de PET en el uso muros y columnas.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar los tabiques a base de residuos PET.
- Identificar las características físico mecánicas del tabique a base de residuos de PET.
- Establecer el proceso de elaboración de los tabiques a base de residuos PET.

- Diseñar un tabique demostrando que sus características físico mecánicas se encuentran dentro de normar vigentes aplicables.
- Identificar las diferencias entre los tabiques comerciales en la región y los tabiques propuestos en esta investigación.
- Colaborar en la descontaminación del medio ambiente la alternativa de uso de tabiques a base de residuo de PET.

CAPITULO 2

ESTADO DEL ARTE

2. ESTADO DEL ARTE

Yesilata et al., Thermal insulation enhancement in concretes by adding waste PET and rubber wastes 2009. Reportaron mejoras en el aislamiento térmico en concretos con botellas de PET trituradas y residuos de neumáticos de automóviles. Se utilizó la técnica de caja caliente adiabática para comparar la transmitancia térmica

Se consideran cinco muestras de hormigón diferentes (un hormigón ordinario, un hormigón con piezas de desecho de caucho y tres hormigones con piezas de botellas de PET de desecho de varias geometrías). La técnica de caja caliente adiabática se utiliza para comparar las transmitancia térmicas efectivas de estas muestras de hormigón. Los resultados revelan que la adición adecuada de materiales de desecho seleccionados al hormigón puede reducir significativamente la pérdida de calor o mejorar el rendimiento del aislamiento térmico.

Mahdi et al., Strength characteristics of polymer mortar and concrete using different compositions of resins derived from post consumer PETbottle,1-2;11-12,2009. Se hizo estudio sobre los efectos de las botellas de PET de desecho en las propiedades del hormigón y se observó que el plástico de desecho puede disminuir el peso del concreto convencional en un 2-6 %. Pero la resistencia a la compresión se redujo en un 33 % con respecto a la del hormigón normal.

Batayneh et al 2009. Strength characteristics of polymer mortar and concrete using different compositions of resins derived from post consumer PETbottle,1-2;11-12,2009. Mostró una disminución de la resistencia a la compresión con un aumento de la proporción de contenido plástico. Con una proporción plástica del 20% de arena, la resistencia a la compresión se redujo hasta en un 70% con respecto al concreto normal.

Marzouk et al 2009. Strength characteristics of polymer mortar and concrete using different compositions of resins derived from post consumer PETbottle,1-2;11-12,2009. Estudió los efectos de los desechos plásticos, densidad y resistencia a la compresión del concreto. El estudio mostró claramente que las fibras de PET trituradas se pueden utilizar con éxito como agregado de sustitución de arena en morteros de

concreto. Pero también se notó que, si el agregado de PET excedía el 50% por volumen de arena, la densidad y la resistencia a la compresión del concreto estaban entre 1000-2000 kg/m³ y 5-60 MPa respectivamente. Los estudios también han demostrado que es posible utilizar fibras plásticas en morteros y concretos como aglomerante, sustituyendo así los cementos por diversos tipos de glicoles y acetatos metálicos para ser utilizados como catalizadores.

Ishwar Singh Yadav, Laboratory Investigation of the properties of concrete containing recycled Plastic aggregates, 15-46; 40-43; 12 2008. En el estudio realizado se observó que el concreto fresco con mezclas de plástico expandido muestra mejores valores de flujo en comparación con el concreto normal para una relación agua-cemento similar y también no se observó segregación en ninguna mezcla incluso sin aditivos.

Ghaly and Gills, Ishwar Singh Yadav, Laboratory Investigation of the properties of concrete containing recycled Plastic aggregates, 15-46; 40-43; 12 2008. Los agregados gruesos fueron reemplazados parcialmente por virutas de plástico para observar el efecto sobre la densidad, la relación agua-cemento y el contenido de plástico. Y el resultado mostró que la introducción de fibras plásticas reduce la densidad y brinda cualidades de deformación superiores, lo que las hace útiles en condiciones climáticas adversas.

Ismail and Al Hassani, Ishwar Singh Yadav, Laboratory Investigation of the properties of concrete containing recycled Plastic aggregates, 15-46; 40-43; 12 2008 utilizó residuo de plástico como sustituto parcial de arena y esto es una buena manera de disminuir el costo. En este sentido, la idea de utilizar fibras de PET está cada vez más estudiada por sus daños ambientales, varios estudios están enfocados en el uso de plásticos como una sustancia agregada, pero de bajo peso.

Gaggino, Rosana, 2008, "Ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para el autoconstrucción." Investigación en el CEVE relativa a la fabricación de elementos constructivos utilizando materiales plásticos reciclados.

En dicha investigación se logró los siguientes objetivos:

- Tecnológico: Desarrollar componentes de construcción livianos, aislación térmica, y resistencia mecánica, que cumplen con la función de cerramiento lateral de viviendas.
- Ecológico: Colaborar en la descontaminación del medio ambiente.
- Económico: Abaratar costos en la producción de elementos constructivos para la vivienda de interés social.
- Social: Poner en manos de auto-constructores la elaboración de los componentes constructivos. Se utilizan como materia prima materiales reciclados plásticos, promoviendo el uso racional de recursos disponibles en lugar de enterrarlos, quemarlos o acumularlos en basureros al aire libre; aplicando procedimientos de elaboración que no son contaminantes del medio ambiente, por lo cual es una tecnología sustentable.

A. Martínez, M. Cote, 2014 Investigación “Diseño y fabricación de ladrillo reutilizando materiales a base de PET”. Investigación donde plantea que las industrias de ladrillos son de mayor contaminante debido al uso de carbón y materiales como llantas., en este trabajo se diseña y se fabrica un ladrillo a base de cemento y escamas de PET, para tal fin se estudiaron varias composiciones con diferentes pruebas de resistencia y compresión usando una máquina de tracción PCE-MTS500.

Los resultados que obtuvieron en esta investigación muestran un producto resistente comparable con los comerciales según especificaciones de las normas vigentes en ese año NTC 673.

A. Valles en el 2016, “Elaboración de una mezcla cementica y agregados de plásticos reciclados, para fabricar ladrillos ecológicos”. La Investigación en la ciudad de Iquitos Universidad Nacional de la Amazonia Peruana – Ciudad Universitaria de Zungaro Cocha. Con el objetivo de desarrollar ladrillos plásticos de mezcla cementica mediante la incorporación de residuos plásticos procedentes de residuos sólidos inorgánicos domiciliarios y con bajo coste energético y económico.

De los resultados obtenidos tenemos que de los cuatros tratamientos en estudio T1: (1: 1), T1: 7.00 kg cemento; 7.00 kg plástico triturado T2: (1.5: 0.5), T2: 10.5 kg cemento; 3.5 kg plástico triturado, T3: (1.75: 0.25), T3: 12.25 kg cemento; 1.75 kg plástico triturado, T4: (1.80: 0.20) T4: 12.60 kg cemento; 1.40 kg plástico triturado, se sometieron a pruebas de

Humedad, Absorción, Carga y Comprensión con el fin de observar el comportamiento de cada una de ellas.

Los cuatro tratamientos se comportaron de forma totalmente diferente en el incremento de humedad, proceso basado en poner por 24 horas en agua a los ladrillos, tras un proceso previo de secado; donde T4, y T3 muestran una ganancia de humedad del 5% de forma similar, esto está influenciada por la compactación de los ladrillos por el contenido de cemento en ellos, que los hace de baja calidad, en comparación a los tratamientos T1 y T2 en los cuales el contenido de concreto es menor y mayor contenido de plástico es mayor donde el contenido de humedad es mayor caso T1 con el 23%. El nivel de absorción en los cuatro tratamientos fue totalmente diferente altamente discrepantes entre sí, con valores que van de 23% para T1, 8% para T2, 5.3% para T3 y T4 con 5.5% de humedad respectivamente. En cuanto a la capacidad de carga, el tratamiento que presento mejor comportamiento fue el tratamiento T4 con el 9,32 Ton, antes de la deformación y/o ruptura del ladrillo, siendo el peor el T2 con la carga mínima de 4.87 Ton. (Valles, 2016).

Zea Estrada, J., 2017, Realizaron una investigación con el título “Diseño y elaboración de adoquines no convencionales, destinados al tránsito ligero mediante la reutilización de desechos plásticos”. La investigación se enfocó en las pruebas físicas y mecánicas de un adoquín no convencional adicionado con plástico tipo 1 PET conforme a los requisitos que estipulan las Normas Mexicanas. Los parámetros que consideraron en su diseño, estuvieron basados en características y propiedades de los adoquines de cemento-arena estandarizados en el mercado. Para la fabricación de los adoquines propusieron una cantidad de material en base a proporciones en la fabricación de éstos mismos, pero sustituyendo en su totalidad el cemento por el plástico tipo 1 PET. La cantidad de PET varió en un 18-25 % dentro de la mezcla; por tal motivo, para un volumen de mezcla de 1200 cm^3 que equivale al volumen de un adoquín, fijando así una proporción óptima del 22% de PET respecto del agregado fino. De los resultados obtenidos se menciona que la resistencia a compresión más alta y más baja alcanzada en los ensayos para los diferentes especímenes fabricado fue de 105.06 kg/cm^2 y 95.40 kg/cm^2 , respectivamente, obteniendo una resistencia promedio de 99.60 kg/cm^2 . La

utilización de PET fundido como aglutinante, demostró ser factible en los resultados obtenidos.

Mokhtar et al., (2018) Investigación en la que utilizaron botellas de tereftalato de polietileno (PET) en % y de forma parcial para la elaboración de ladrillos de concreto entrelazados con el objetivo de medir su resistencia; estos cubos de concretos tuvieron una proporción de 0% ,5%, 10% y 15 % de agregado PET y un valor de resistencia descendente, disminuyendo la resistencia a la compresión del concreto debido a la aparición de panales y por la mala relación de agua-cemento en el momento de curado del bloque, para evitar dichos problemas los autores recomiendan una mayor relación agua-cemento, evitando la aparición de panales.

López & Rojas, D. (2019) Recomiendan que durante la incorporación de las partículas de plástico a la mezcla cementera, esto se haga en seco, ayudando a la homogeneidad de dicha mezcla y durante los procesos de hidratación es importante el movimiento vibratorio de la mezcla para eliminar los vacíos creados por el aire en el proceso de mezclado. Estos simples consejos permitirán obtener un ladrillo mucho más sólido y con mayor resistencia a la compresión. (Alessandra Ampuero,Patricia Romero)

Carrasco & Soler (2019), llevaron a cabo una investigación sobre “Elaboración de un adoquín a base de plástico PET reciclado para pavimento de uso peatonal, Piura - 2019”,para lo cual se definieron teorías relacionadas con los adoquines convencionales de concreto y con el plástico PET donde someten a prueba adoquines de concreto tradicional y otras muestras adicionados con diferentes porcentajes de PET y variando el material cementicio, obteniendo como resultados que la resistencia y el peso disminuyen al aumentar el porcentaje de PET.

Castrejon Lara & Jimenez Cundapí (2019) realizaron investigación para obtener título de licenciatura, “**Diseño, elaboración y evaluación del comportamiento mecánico de tabiques no convencionales con agregados de PET reciclado**”. Dicha investigación se concluye que la utilización de PET tipo I, es factible según los resultados que obtienen de acuerdo a las pruebas realizadas, en dichas pruebas alcanzo un 2.66% de humedad y un mínimo de 1.92% y en la pruebas de compresión axial que realizaron a 20 piezas alcanzando un promedio de resistencia máxima de 193.29 kg/cm², y en las s pruebas de

compresión axial en “pilas” alcanzo una resistencia promedio 24.04 kg/cm², con un coeficiente de variación de 0.15 (NTCM, 2018) y una resistencia de diseño (fm*) igual a 17.39 kg/cm². Concluyendo que el uso de PET tipo es factible.

Zea Estrada, J., Hernández D., Mandujano J. 2021, CONPAT2021 Realizaron una investigación “Tabiques no convencionales a base de residuos plásticos destinados a viviendas rurales.” Diseñaron y elaboraron tabiques no convencionales adicionado plástico PET tipo 1, siendo el agregado especial principal dentro de mezcla, para la determinación de la dosificación de cada uno de los materiales utilizados a través de ensayos “prueba- error” hasta lograr una mezcla optima, dicho estudio se enfocó a las pruebas físico-mecánicas de un tabique no convencional, las medidas propuesta para el tabique no convencional fueron 24x12x6 cm el tabique elaborado cuenta con un volumen aproximado de 1728 cm³, debido al proceso constructivo algunas dimensiones pueden variar , se le realizaron ensayos de compresión siguiendo lo establecido en la NMX-C-404-ONNCCE-2012 (industria de la construcción – bloques, tabiques o ladrillo tabicones para uso estructural - especificaciones y métodos de ensayo), dicho estudio demostró que la utilización de PET, como material aglutinante dentro de la mezcla, demostró ser factible según los resultados obtenidos, brindando una alternativa de reciclaje que conduce a reducir el impacto producido por los desechos industriales y urbanos. En la pruebas de compresión diagonal alcanzo un máximo de 15.36 kg /cm², y fallando por deslizamiento.

Menciona que no se encuentra disponible un control de calidad en la producción. Las dimensiones del tabique fabricado (6-12-24) son las variables que presentan un coeficiente de variación más bajo, con valores similares y por encima de zona de estudio, sin embargo, no cumplen con las dimensiones mínimas (7-14-28), especificadas por las normas (NMX-404-2012-ONNCE)

2.1 LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

Podemos definir a la contaminación ambiental como el deterioro del medio ambiente y por ende el deterioro de la calidad de la vida humana. La contaminación afecta nuestros recursos básicos como lo son el aire, el agua y el suelo. En la actualidad es un tema de gran relevancia ya que está presente en todos los ámbitos de nuestra vida, dañándola cada vez más. Como sociedad tenemos el compromiso de mejorar nuestra calidad de vida día con día, mismo que no solo hace referencia a los avances tecnológicos, sino también a mejorar el entorno en que vivimos, es decir, disminuir el impacto ambiental que la vida cotidiana a través de los años ha ido generando.

El aumento de la contaminación ambiental de los últimos años se debe a distintos factores como lo son el aumento poblacional y el aumento de las demandas de cada persona. Podemos hablar de cómo se encuentran contaminados nuestros recursos básicos, es decir, como está contaminado el aire, el suelo y el agua.



Figura 1. Contaminación ambiental.

Fuente: Foro Nuclear, (s.f.).

De acuerdo con la publicación del Instituto Nacional de la Salud Pública (2010) nos mencionan que la contaminación en el aire es considerado un desencadenante de enfermedades perjudiciales para la salud del ser humano. La calidad del aire está determinada por la presencia o ausencia de varias sustancias y sus concentraciones, y se expresa mediante la concentración o intensidad de contaminantes, la presencia de microorganismos y/o la apariencia física (Instituto Nacional de la Salud, 2010).

Es tal el grado de contaminación presente en el aire que, según el Instituto Nacional de la Salud Pública (2010), el aire no solo está compuesto por sus tres componentes principales, nitrógeno, hidrogeno y oxígeno, ahora el aire que respiramos contiene alrededor de mil compuestos.

El incremento de las ciudades ha provocado un serio problema al medio ambiente, no solo genera que se produzca más basura sólida, también es causante de grandes contaminantes atmosféricos, como lo es la liberación de gases por los motores de los carros, los gases que emiten las fábricas, entre otros muchos tipos de contaminantes que se dirigen al aire, mismos que afectan directamente la capa de ozono.

No hemos de olvidar que la atmosfera es la encargada de regular tanto la temperatura del planeta, así como regular la radiación que llega a la tierra. Por lo que si se afecta directamente provocamos los fenómenos ambientales que actualmente estamos sufriendo, como lo es, el cambio climático, huracanes, calores intensos, sequias, entre otros fenómenos ambientales que amenazan la vida del ser humano.

Los suelos y los mares, se encuentran altamente contaminados por desechos tanto líquidos como sólidos. Podemos observar que nuestras calles, ríos, mares u océanos están altamente contaminados de basura sólida como botellas, bolsas, envolturas, papel, cartón, etc., si de líquidos hablamos tiramos a nuestros mares y océanos gran parte de los desechos tóxicos de empresas irresponsables con el medio ambiente, de igual forma que los drenajes de las ciudades las dirigen hacia estos mismos lugares.

El suelo es el hábitat natural tanto del hombre como los animales y de miles de microorganismos, mismos que han sido necesarios para la explotación del suelo para la actividad agrícola y ganadera, mismas que son actividades primarias para el ser humano.

Siguiendo con Eduardo Atilio (S.f.):

Un suelo se puede degradar al acumularse en él sustancias en niveles tales que repercuten negativamente en su comportamiento. Las sustancias, a esos niveles de concentración, se vuelven tóxicas para los organismos del suelo. Se trata pues de una degradación química que provoca la pérdida parcial o total de la productividad del suelo (pp.17).

Las principales causas de contaminación en el suelo son producto de las actividades humanas. Los pesticidas, insecticidas, el exceso de fertilizantes, la basura y las aguas superficiales contaminadas, son los principales causantes del deterioro del suelo y sus propiedades naturales, dañando de esta manera nuestras actividades agrícolas y ganaderas, produciendo que exista un desabasto y un mayor incremento en los costos de los productos de estas actividades pues la demanda de los mismos crece cada día más.

Eduardo Atilio (s.f.), nos dice que:

El balance de entradas y salidas de elementos en el suelo muestra que, en la actualidad, la concentración de metales en su superficie tiende a aumentar a escala global, en forma paralela a la mayor actividad agrícola e industrial (pp.21).

Si del agua hablamos, nos estamos refiriendo a un recurso vital para la vida humana. Desde los principios de los primeros asentamientos humanos, se localizaban cerca de los ríos. Con los años, se ha utilizado también a este recurso como medio de comunicación.

Con el incremento de la población y de la urbanización se comenzó a hacer un uso desmedido de este recurso, además de que este era el mismo que recibe todos los desechos industriales y de las actividades humanas.

“La contaminación del agua pone en peligro la salud pública, complica y encarece el abastecimiento del agua potable a las poblaciones y a la industria, perjudica la actividad pesquera, la agricultura y anula el valor estético de los cursos superficiales” (Eduardo Atilio, s.f.).

Las principales causas de la contaminación en el agua son los residuos sólidos, los desechos industriales, desechos urbanos y desechos de productos pétreos. Entre los desechos urbanos que podemos mencionar están el uso de detergentes y de materiales plásticos.

2.1.1 CONTAMINANTES BIODEGRADABLES

Cuando hablamos de contaminantes biodegradables, podemos referirnos a las aguas negras domésticas, que se descomponen rápidamente a través de procesos naturales, o bien, por procesos de tratamiento de las mismas aguas. Este tipo de desechos son aquellos que tienen la capacidad natural de descomponerse rápidamente e integrarse a la naturaleza, o aquellos con lo que existen mecanismos para el tratamiento de dichos desechos.

Siguiendo a Ecodes y DKV de la Vida Saludable (s.f.), nos dice que los problemas con los contaminantes biodegradables comienzan cuando la aportación de sustancias biodegradable al medio excede la capacidad de descomposición o dispersión natural del mismo.



Figura 2. Biodegradable.

Fuente: Edeca, (2020).

Ecodes y DKV de la Vida Saludable (s.f.), nos menciona que

A diferencia de los materiales tóxicos no degradables, la contaminación por materiales degradables se resuelve técnicamente mediante una combinación de tratamiento mecánico y biológico en áreas seminaturales de eliminación de desechos. Una vez más, también aquí hay límites a la cantidad total de materia orgánica que puede descomponerse en un área determinada (pp.5).

2.1.2 CONTAMINANTES NO DEGRADABLES

Los contaminantes no degradables son aquellos materiales que o no se degradan o lo hacen muy lentamente en el medio ambiente, como lo son los plásticos, aluminios, sustancias químicas, etc. La basura acumulada en todo el planeta de este tipo de contaminantes ha demostrado el grave daño que provoca a los seres humanos y a los animales, además de contaminar al medio ambiente, el agua, el suelo y el aire.

Cuando las concentraciones de gases y sólidos superan las concentraciones admitidas perjudican la vida y la salud, tanto del ser humano como de animales y plantas.



Figura 3. No degradables.

Fuente: Redondo, J. (2018).

2.2 CONTAMINACIÓN POR PLÁSTICOS

De acuerdo con Ranniger, G. (2022), el plástico se inventó en 1862 como sustituto del marfil. La popularidad de este material llegó durante la segunda guerra mundial como un recurso militar. Su comercialización comenzó en la década de 1950. Sus beneficios se popularizaron rápidamente lo que provocó que se produjera en cantidades masivas sin importar el daño que este ocasiona al medio ambiente.

Ranniger G. (2022), nos menciona que:

- El plástico no se biodegrada, sino que se rompe en fragmentos de plástico cada vez más pequeños – conocidos como microplásticos – que son mucho más difíciles de eliminar del océano y que aparecen en el agua potable, los alimentos y el aire.
- Las mismas sustancias químicas que hacen que el plástico sea tan útil también pueden liberar tóxicos en los alimentos, el cuerpo y todos los aspectos de la vida.

El impacto ambiental que ocasiona la basura causada por los plásticos es uno de los retos más grandes que se enfrentan en la actualidad. El uso excesivo de este material ha provocado que la contaminación por el mismo se encuentre en un grado alarmante.

Ecodes y DKV de la Vida Saludable (s.f.), nos dicen que:

Una media de 8 millones de toneladas de plástico son vertidas cada año a los océanos, esto equivale a vaciar un camión de basura lleno de plásticos cada minuto. Si no cambiamos de tendencia, en 2025 nuestros océanos tendrán 1 tonelada de plástico por cada 3 de pescado, y en 2050 habrá más plásticos que peces.

La contaminación por residuos plásticos es uno de los mayores problemas medioambientales que enfrentamos actualmente, mismo que sugiere hagamos un cambio radical para poder mitigar tal daño. “La demanda de materia prima de plástico es enorme, la producción global de plásticos ha aumentado desde los 2 millones de

toneladas en 1950 a aproximadamente 400 millones de toneladas en 2018” (Ecodes y DKV de la Vida Saludable, s.f.).

Este problema medio ambiental crece día con día, la producción e incineración de los plásticos afecta gravemente nuestro medio ambiente, The Nature Conservancy nos da cifras realmente alarmantes, se producen 80 millones de toneladas de plástico que van a dar al océano, lo cual afecta 530 especies marinas; se producen 300 millones de toneladas de plástico anualmente, de las cuales el 50% se desecha después de un solo uso.

“Una reducción drástica del plástico innecesario, evitable y problemático es crucial para enfrentar la crisis global de contaminación, según una evaluación exhaustiva publicada hoy por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)” (Nairobi, 21 de octubre de 2021).

La contaminación por este material ha crecido exponencialmente en los últimos años y se estima que seguirá siendo así, para lo cual tendremos consecuencias en nuestra salud, clima y biodiversidad.

La ONU nos advierte que:

El cuerpo humano también es vulnerable a la contaminación que generan los residuos plásticos en las fuentes de agua, lo cual podría causar cambios hormonales, trastornos del desarrollo, anomalías reproductivas y cáncer. Los plásticos son ingeridos a través de los productos del mar, bebidas e incluso la sal común, pero también penetran en la piel y pueden ser inhalados cuando están suspendidos en el aire.

Aunque parezca imposible vivir sin hacer uso de plásticos para vivir, es importante reducir el uso de estos, pues como ya se ha visto gran parte de la contaminación del planeta es debido a este material.



Figura 4. Contaminación por plástico.

Fuente: Schimmeck, A., (2022).

El plástico causa infinidad de problemas a nuestro entorno, como los ya mencionados anteriormente. Ranniger G. (2022) nos hace mención de cómo esta contaminación afecta a nuestra salud, medio ambiente y a la vida silvestre:

A nuestra salud:

- La exposición a los microplásticos, así como a las sustancias químicas añadidas a los plásticos durante su procesamiento, perjudican nuestra salud. Se han encontrado micro plásticos en el 90% del agua embotellada y en el 83% del agua del grifo.
- Muchas de las sustancias químicas utilizadas en los plásticos son conocidos disruptores endocrinos, que causan problemas reproductivos como la infertilidad, desequilibrios hormonales y un mayor riesgo de cáncer.

A nuestro medio ambiente:

- Las bolsas de plástico obstruyen las vías fluviales y las alcantarillas, proporcionando criaderos de insectos como los mosquitos, que a su vez aumentan el riesgo de enfermedades como la malaria.

- En los países más pobres, los desechos de plástico se queman como calor para cocinar, exponiendo a la gente a emisiones tóxicas y contribuyendo a la mala calidad del aire.
- Los residuos plásticos flotantes sirven de vehículo para que las especies exóticas lleguen a lugares desconocidos del mundo, convirtiéndose en especies invasoras y amenazando la biodiversidad.

A la vida silvestre:

- Muchas especies marinas, como las tortugas y los delfines, confunden los fragmentos de plástico con la comida.
- Se han encontrado fragmentos de plástico en el 86% de las especies de tortugas marinas, en el 44% de las especies de aves marinas y en el 43% de las especies de mamíferos marinos.
- Los mamíferos marinos también se enredan en los residuos plásticos, provocando ahogos y asfixias, o convirtiéndose en presa fácil de los depredadores.
- Las sustancias químicas ingeridas por estos animales pueden ascender por la cadena alimentaria hasta nuestros platos.

La naturaleza tiene su propia forma de autodepuración, es decir, es capaz de sanarse a ella misma de ciertos agentes contaminantes, es decir, que la contaminación ambiental es la alteración del medio ambiente a causa de los agentes físicos o químicos que tienen como resultado deteriorar al ambiente y por lo tanto a la calidad de vida de ser humano.

Aunque este fenómeno aún no se ha podido frenar, es importante que todos, como sociedad colaboremos a disminuir cada vez más el impacto provocado por la producción y uso excesivo que se han vivido en los últimos por el plástico.

Existen innumerables artículos, fotos, blogs, revistas, activistas, entre otras cosas, dedicadas a informar y concientizar a la sociedad sobre este tema de gran importancia. Nos proponen distintas medidas de para combatir el impacto ambiental que esto ha generado.

Entre los cuales podemos mencionar:

- Reducir el uso de plásticos.
- Colaborar en la limpieza ambiental.
- Hacer uso de materiales reutilizables.
- Utilizar cosas hechas de materiales biodegradables.

2.3 LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN MÉXICO

“Todavía nos resulta ajeno el concepto de que nosotros y el resto de la vida, desde las bacterias a las ballenas, formamos parte de una entidad mucho mayor y más diversa: la Tierra Viva” (Lovelock, J., s.f.).

El desafío ambiental al que nos enfrentamos en la actualidad aun no es visto como una prioridad. En México como en otros países pueden verse los estragos que la contaminación ha ido dejando a lo largo de los años.

En el marco de la conmemoración del Día Mundial del Medio Ambiente, la Organización de las Naciones Unidas (ONU), trata un tema en particular para hacer conciencia en la sociedad de todo el mundo para proteger al planeta y en esta ocasión el foco está en la contaminación del aire, un grave problema que va en aumento en nuestro país, mismo que es la causa de muerte de más de 17, mil personas al año y que podría empeorar si no se toman medidas al respecto.



Figura 5. Contaminación en CDMX.

Fuente: Parques Alegres, (s.f.).

Martínez E. (2019), nos menciona que:

Sí, la contaminación del aire afecta a todo el mundo y en México, en lo que va del año, ha ocasionado que en 9 estados de la República Mexicana se decretaran contingencias ambientales por los altos índices de contaminación que elevan el riesgo de impactos a la salud de toda la población y por si fuera poco, acelera el calentamiento global.

Datos que son realmente alarmantes para todo el país, para ese año que ya se había dado a conocer el nivel de contaminación en el que se encontraba México, a nivel federal aún se contaba con la construcción de la Refinería Dos Bocas en Tabasco, cuando el plano de acción internacional es apostar por energías renovables mismas que en México deberían implementar. Deberías enfocar esfuerzos a crear energías limpias puesto que la época donde el petróleo era una opción rentable ya pasó, además, que se están viviendo los efectos que el uso de estas energías nos han dejado.

Parte de las medidas de contingencia para mitigar el efecto de la contaminación atmosférica en la CDMX es el uso de medios de transporte como el Metro, Metrobús, Cablebús y Mexibús como opciones a dejar el automóvil, tratando de tener transportes públicos limpios, de calidad y que sean mejores opciones de movilidad. A estas medidas

deberían sumarse las demás ciudades del país, principalmente aquellas que enfrentan grandes focos de contaminación y grandes cantidades poblaciones, como lo son Nuevo León y Jalisco, los cuales cabe mencionar ya cuentan con algunas líneas de Metro.

2.3.1 EL PLÁSTICO EN MÉXICO

Los plásticos pueden recorrer largas distancias y transportarse de las zonas urbanas, donde generamos mayores cantidades de residuos, hasta nuestros océanos, a través del viento, el agua de lluvia, los ríos, por los drenajes, por acción directa de las personas (Rivas M. y Garelli O., 2021).

El plástico está en presente en todos lados, en objetos de uso diario, insumos para la salud, nuestro calzado, accesorios, diversos utensilios para el trabajo u hogar, botellas para transportar líquidos, alimentos que pedimos para llevar, entre muchos otros, lo que lo han llevado a ser un gran contaminante ambiental, pues la mayoría de los objetos plásticos que utilizamos son de un solo uso. En donde México forma parte de esta realidad.

Los plásticos son materiales o degradables que al llegar a un ecosistema tiene un gran impacto negativo pues dura muchos años en descomponerse, por el contrario, la cantidad de tiempo que llegamos a ocupar un producto plástico es muy corto en comparación con su degradación. Este material es fragmentado por la acción del viento, las olas o por la acción química de la degradación de sus materiales frente a la exposición a los rayos ultravioletas, produciendo microplásticos que afectan a más de 700 especies, desde el plancton hasta la ballena azul, el animal más grande del planeta.

En el caso del suelo, se ha documentado que los microplásticos que se encuentran en el, generan problemas para las lombrices, disminuyendo su tiempo de vida y haciéndolas perder el 3% de su peso corporal cuando son expuestas a materiales como el polietileno de alta densidad (HDPE), usado en envases y algunas bolsas (Rivas M. y Garelli O., 2021). Esto tiene como consecuencia impactos negativos en la actividad más importante

de México, la agricultura, vital para la producción de alimentos y la exportación de los mismos.

En México habitan 6 de las 7 especies de tortugas marinas que existen en el mundo, todas ellas enlistadas en una categoría de riesgo bajo la legislación ambiental (NOM-059-SEMARNAT-2010), siendo estas especies altamente vulnerables a la contaminación por plásticos (Rivas M. y Garelli O., 2021). La vida marina se encuentra altamente afectada por este fenómeno, estudios demuestran que 1 de cada 3 tortugas muere a causa de este plástico. Entre otras especies marina que igualmente se encuentran amenazadas.

Las marinas también son afectadas por la contaminación por plástico en el océano, Rivas M. y Garelli O. (2021) nos dicen que, “se calcula que el 90% ellas han consumido plástico el cual les causa la muerte por toxicidad e inanición y que en México representan el 5% de las especies de aves del país de acuerdo a la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO)”.

La Procuraduría General del Consumidor (2021), nos proporciona el uso del plástico en México en números, que son presentados a continuación:

- Los plásticos de un solo uso representan el 50% de los que se producen cada año.
- 100,000 tortugas y mamíferos marinos y un millón de aves marinas mueren anualmente por la contaminación del plástico de los mares.
- El 40% del plástico que se fábrica es para envases que se desechan tras un solo uso.
- Se proyecta que en 2050 habrá más plásticos que peces en el océano.
- Se estima que 8 millones de toneladas de plástico llegan a los océanos cada año.

Además que es importante mencionar que la pandemia global causada por el virus denominado COVID-19 ha contribuido al aumento de plásticos, sobre todo los desechables. El uso de cubrebocas, material de salud, guantes, botes para transportar gel antibacterial, entre otras cosas, son de gran impacto al medio ambiente, pues todo esto por la pandemia fue desechable, es decir, se convirtió en miles de toneladas de basura alrededor del mundo.

2.4 CHIAPAS Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

La problemática ambiental que se vive a nivel mundial no excluye a Chiapas, por el contrario el problema en el estado es realmente alarmante. La contaminación y la falta de recursos naturales son problemas causados por diversos factores que se viven en Chiapas, por ejemplo la basura, la descarga y tratamiento de aguas residuales, la tala y venta ilegal de madera, la deforestación, la invasión de áreas naturales protegidas, la contaminación del suelo y agua provocado por pesticidas y químicos agrícolas, la falta de educación ambiental y el crecimiento urbano desmedido.

“En Chiapas se producen anualmente 1.5 millones de toneladas de residuos sólidos aproximadamente, esto equivale a casi 3,625 toneladas diarias. El crecimiento ha sido exponencial, y va de la mano con el crecimiento de la población y el económico” (Ríos A., 2017).

Siguiendo con el mismo autor, nos menciona datos realmente preocupantes:

En el año 2000, Chiapas reportó la generación de 909 mil toneladas anuales de residuos sólidos. Esto implica que en los últimos 17 años la generación de residuos sólidos se incrementó en un 60%. En Chiapas vivían en el año 2000 casi 3.92 millones de habitantes, sin embargo en el conteo de población del INEGI del 2015 se informa que existen 5.2 millones de habitantes, esto es un crecimiento poblacional de 32 %. Visto de otro modo, en el año 2000 cada habitante de Chiapas producía 231 kilogramos de residuos al año, mientras que en el 2015 cada habitante producía 288 kilos.

Chiapas es un estado donde se economía se basa principalmente en lo rural, por lo que si hablamos de los desechos la mayoría de ellos son orgánicos, aunque también se producen desechos provenientes del cartón, el vidrio, plásticos, papel, entre otros.

El tratamiento de los residuos sólidos en Chiapas corre a cargo de los rellenos sanitarios con los que cuenta el estado, que para el año 2017 operaban 12 de ellos los cuales tienen una capacidad para contener el 40% de los desechos sólidos del estado, el resto es

arrojado a basureros a cielo abierto. “Pero aun los rellenos sanitarios construidos operan muy por debajo de su capacidad y con severos problemas en los temas de la separación, la reutilización y el manejo correcto de sus lixiviados” (Ríos A., 2017).

La mayoría de los municipios del estado no cuentan con un relleno sanitario para el tratamiento de los residuos sólidos, siendo este el mayor problema al que el estado se enfrenta. Se siguen produciendo grandes cantidades de basura sin tratar logrando únicamente contaminar el suelo y ríos del estado.

La descomposición de la basura al aire libre provoca liberación de gases contaminantes como lo es el bióxido de carbono y metano. Ríos A. (2017) menciona que:

Los lixiviados se producen al generarse líquidos de la descomposición de los residuos y al tratarse de una fase líquida puede fácilmente mezclarse con agua de lluvia y escurrir hacia cuerpos de agua como arroyos y ríos o bien infiltrarse al subsuelo, contaminando las aguas subterráneas. En un relleno sanitario con un buen manejo y con adecuadas prácticas ambientales, los lixiviados se controlan al evitar que se filtren al subsuelo y con procesos físicos o químicos pueden volverse inocuos.

En el año 2021 la Secretaría de Salud emitió en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez una serie de recomendaciones con la finalidad de prevenir la alerta naranja por la mala calidad del aire en dicha ciudad. Hemos llegado hasta el punto en que la contaminación ambiental en el estado es tal en el suelo, ríos y aire, que entre las recomendaciones antes mencionadas se encuentra evitar las actividades físicas durante las horas de calor, pues podría resultar contraproducente pues se podrían producir síntomas respiratorios, además de no ser recomendable exponerse al sol por las altas temperaturas que ya se sienten en el estado.

Para el año 2019, se mencionaba que la alta contaminación de los ríos es provocado por la conexión de drenajes sanitarios al mismo, al respecto Ortiz H. (2019), nos menciona en su artículo que:

Comisión Nacional del Agua (Conagua) Frontera Sur, Marco Antonio Parra Cota, reconoció que en el Río Grijalva, 17 municipios descargan sus drenajes a cambio de pagar una sanción económica negociada entre la Conagua y los ayuntamientos.

Explicó que la Conagua en Chiapas permite el desfogue de aguas negras de unos 82 municipios sobre el 79% de cuencas de agua, que después son utilizadas para consumo humano.

Oficialmente la Conagua tiene identificados 135 puntos de descargas de aguas negras, mismos que afectan el 79% de ríos y arroyos pertenecientes a la entidad chiapaneca, donde se ven involucrados cerca de 82 municipios.

Otro ríos importante del estado igualmente contaminado por la alta producción de desechos sólidos en el estado, es el Cañón del Sumidero, en el cual para el año 2015 se realizó una campaña de limpieza con la ciudadanía para generar conciencia sobre el impacto ambiental que se está provocando en el estado, especialmente en el Cañón.

Maldonado I. (2015), nos menciona al respecto del Cañón del Sumidero:

La deforestación, la basura en la parte alta de la cuenca del Grijalva y las descargas de aguas residuales de 16 municipios, han contribuido a los impactos ambientales en el Parque Nacional del Cañón del Sumidero, lo que concientizó a organizaciones no gubernamentales, prestadores de servicios turísticos, biólogos e instituciones para conformar un Consejo Asesor.



Figura 6. Cañón del sumidero 2015.

Fuente: Maldonado I. (2015).

Como ciudadanía tenemos la encomienda de cuidar nuestros recursos naturales, debemos vigilar y alzar la voz cuando este tipo de situaciones se presenten, los cuerpos de agua, el suelo y el aire son vitales para el desarrollo de la vida, y por lo tanto, deben ser cuidados como tal. La clave para la reducción del impacto ambiental es minimizar la producción de los residuos, reutilizar y reciclar los mismos.

Todos podemos colaborar, ciudadanos y gobiernos. Es tarea de todos participar en la reducción de la generación de residuos, reparar antes de tirar, reutilizar lo que tenga todavía otra posibilidad de uso o bien donarlo para que otras personas puedan darle un uso, reutilizando envases de vidrio, eliminando el uso de envases de aluminio, cartón, plástico y particularmente el unicel.

2.5 EL PAPEL DE LA INGENIERIA CIVIL EN LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

La ingeniería civil tiene como principal objetivo contribuir a la sociedad mediante la construcción de obras civiles que satisfagan las necesidades del ser humano, como la necesidad de vivienda, vías de comunicación, puentes, aeropuertos, escuelas, hospitales, entre muchas otras obras (Huiza, 2014). A medida que la población crece la necesidad de tener mayor infraestructura crece también y con ello la afectación del medio ambiente aumenta.

Es necesario tener responsabilidad con el medio ambiente al momento de desarrollar un proyecto u obra de ingeniería civil, dando cumplimiento a la normatividad ambiental establecida y realizando los planes de manejo ambiental (PMA), para la mitigación de los impactos ambientales negativos, con ello ayudando a la conservación del medio ambiente (Martínez, 2019).

La ingeniería civil además de tener el compromiso social de crear la infraestructura que satisfaga las necesidades de la población, mejorando la calidad de vida, contribuyendo al progreso social y económico, también es responsable de los impactos negativos que dichas obras generan, siendo una problemática para el medio ambiente.

Las construcciones de obras civiles están relacionadas directamente con el impacto ambiental positivo y negativo que estas generan, los recursos más afectados son: el aire, el suelo y el agua (Huiza, 2014).

En la contaminación al agua se relaciona con las obras de ingeniería civil debido al agua resultante de estas, mismas que contienen cemento, adherentes, selladores, pintura, entre otras sustancias que resultan dañinas al medio ambiente. Estos materiales provocan contaminación a los cuerpos de agua obstruyen los ductos de alcantarillado y en el caso de llegar a las redes de aguas residuales, causan problemas en las plantas de tratamiento.

Para el caso de la contaminación del agua durante la ejecución de una obra civil es importante que se tenga cuidado desde la planeación del mismo, podemos prevenir y cuidar al medio ambiente si prevemos los posibles daños.

Entre la planeación de la obra, está el lugar de ejecución de la misma, en el podemos encontrar una corriente de agua natural, misma que debemos cuidar de mantener limpia al cuerpo de agua y sus taludes, con el fin de evitar posibles acumulaciones de residuos, teniendo siempre el área libre de basura, escombros, alejado de los materiales de construcción y todo lo que se utilice para la ejecución de la obra que pudiera ser un desecho en el mismo.

Para el caso del desvío de causas debemos tener previsto hacia donde será dicho desvío y que el personal encargado de dicha tarea sea el capacitado, pues se debe realizar de la mejor manera posible tratando de minimizar los daños que este desvío pudiera ocasionar, de manera que al término de la obra puede ser este regresado a su estado natural libre de cualquier desecho sólido o líquido. Mismas obras que para ser realizadas necesitamos tener el permiso de una autoridad ambiental, por ejemplo para la ejecución de cruce de tuberías, canalizaciones, ampliación o modificación de obras hidráulicas existentes.

Debemos cuidar el uso del agua durante cualquier obra en construcción, cuantificando la cantidad de agua que se ocupará.

La construcción de diversas obras en ocasiones requiere de demoliciones, excavaciones, uso de explosivos, mismas que pueden generar distintas emisiones atmosféricas que resultan ser perjudiciales (Huiza, 2014).

Debemos cuidar tener el personal capacitado para la realización de dichas tareas en las obras y de esta forma poder evitar la menor generación de polvos y partículas que pudieran perjudicar la calidad del aire, debemos procurar de igual manera mantener lo más limpia posibles las áreas de trabajo pues de esta forma podemos evitar que surjan accidentes y que se filtren desechos al ambiente.

“Los principales agentes potenciales de contaminación de suelos son los metales pesados (especialmente Pb) y los vertidos accidentalmente de aceites y combustibles” (Huiza, 2014).

El riesgo de derrames y contaminación del suelo provocado por los desechos líquidos como aceites, combustibles, pintura, entre otros, es posible prevenirse con un correcto control de la obra por parte del ingeniero a cargo. El correcto almacenamiento y control de dichos líquidos son indispensables para evitar un daño ambiental que posiblemente sea irreversible.

Los materiales de construcción utilizados en la obra civil como el concreto, los adherentes, selladores, impermeabilizantes, entre otros, juegan un papel importante en la contaminación pues son los principales agentes que se mezclan al medio ambiente provocando un daño a este, el poco control que se tiene en las aguas que escurren de las mezclas de estos materiales son el principal problema que como ingenieros civiles enfrentamos.

En mi experiencia como Ingeniero civil, tenemos la obligación de respetar y cumplir las normas ambientales en cada obra ejecutada. Como ingenieros civiles tenemos la responsabilidad de cuidar el medio ambiente, mediante la correcta ejecución de las obras tratando de prever y minimizar el impacto ambiental que produzca dicha obra.

Como ingenieros civiles también tenemos la obligación de respetar y preservar las áreas naturales que se encuentran en nuestro entorno, debemos respetar las áreas protegidas, humedales, bosques y demás zonas donde la construcción civil no sea posible o viable ambientalmente.

En México existen normas ambientales de aplicación a las edificaciones que se ubiquen dentro del territorio nacional, públicas o privadas. Se aplican en una o en varias de las fases del proyecto (Secretaría de Economía, 2013).

La Norma Mexicana NMX-AA-164-SCFI-2013 es producto del esfuerzo conjunto de los sectores interesados en inducir la transición hacia prácticas de edificación sustentables que contribuyan a la protección del ambiente, la salud y el confort de los ocupantes y la productividad de las personas (Secretaría de Economía, 2013).

Dicha norma se hace referencia a la Edificación sustentable en el país y en ella contiene los criterios y requerimientos ambientales mínimos para disminuir el impacto ambiental y tener un mejor aprovechamiento de los recursos naturales, sin descuidar los aspectos

socioeconómicos que aseguran que las obras civiles sean viables. La Secretaría de Economía nos menciona que “Podrá ser utilizada como referencia para programas de regulación, auto regulación, certificación, reconocimientos y auditorías ambientales en el ámbito federal y local, para la protección y orientación a los consumidores respecto a la calidad de la edificación y para resoluciones de controversias de carácter civil, mercantil o administrativo”.

Podemos mencionar algunas de las normas mencionadas por la Secretaría de Economía (2013), que son necesarias seguir:

- NOM-003-CONAGUA-1996 Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de febrero de 1997.
- NOM-008-ENER-2001 Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de Abril de 2001.
- NOM-003-SEMARNAT-1997 Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 21 de septiembre de 1998.
- NOM-127-SSA1-1994 Salud ambiental, agua para uso y consumo humano- Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de enero de 1996.
- NMX-AA-006-SCFI-2010 Análisis de agua-determinación de materia flotante en aguas residuales y residuales tratadas. - Método de prueba, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 30 de septiembre de 2010 (pp.4-9).

La Secretaría de Economía (2013), nos menciona que:

Para los propósitos de esta norma mexicana se consideran las definiciones contenidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley de Aguas Nacionales, la Ley General de Asentamientos Humanos, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, la Ley para el

Aprovechamiento Sustentable de la Energía, la Ley General de Cambio Climático, la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, así como sus respectivos Reglamentos, entre otras normas más (pp.9).

Como ingenieros civiles tenemos la encomienda de cuidar el correcto uso de los recursos naturales y la preservación de ellos, pues somos encargados de transformar al ambiente para el beneficio de la sociedad, esto sin dañar más al planeta. Debemos de aplicar las normas ambientales que nos rigen en el país para una correcta ejecución de las obras a nuestro cargo, también podemos contribuir con una correcta planeación y cuidado de los desechos que se generan en las obras, tener personal capacitado y el correcto manejo de las aguas residuales que en ellas se generan.

Otras de las propuestas que han surgido en los últimos años para mitigar el daño ambiental provocado por las toneladas de basura que se generan día con día, es el reciclar y reutilizar, en este trabajo de investigación retomo dicha propuesta al reutilizar PET para la generación de tabiques, mismos que al tener en su composición un material reciclado pasarían a ser materiales de construcción ecológicos.

Esta propuesta que ha sido investigada recientemente es con la intención de contribuir como ingeniero civil al medio ambiente, con la intención de utilizar estos tabiques adicionados con PET al uso de muros y columnas, verificando que en las proporciones de lo diseñado cumplan con los requerimientos necesarios.

2.6 ANTECEDENTES.

2.6.1 LOS TABIQUES A LO LARGO DE LOS AÑOS

La historia del tabique nos habla al mismo tiempo del progreso de las civilizaciones humanas cuando el hombre se volvió sedentario y con ello vino la necesidad de construir casas resistentes para su asentamiento.

Es el más antiguo de los materiales de construcción. Es una invención de la civilización Acadia, en un pueblo de Mesopotamia en el siglo XXII a.C. La palabra tabique de acuerdo con el diccionario Latín Vox, viene del árabe hispano y hace referencia a una “pared delgada, construida con ladrillos que separa habitaciones”.

De acuerdo con Dificonsa, nos dice que, según estimaciones arqueológicas, el hombre ha utilizado el tabique como material de construcción desde hace muchos años. Las ruinas de la ciudad de Jericó, en Turquía, datan del 7,000 a.C. Los primeros tabiques eran una mezcla de lodo y paja que se dejaban secar al sol. Los egipcios, por ejemplo, fabricaban sus tabiques usando arcilla y paja.

La idea de su creación habría nacido por la simple observación de la interacción del fuego sobre el suelo arcilloso, logrando que al entrar en contacto con el fuego la tierra enrojecida quedaba tan rígida y resistente, que soportaba el impacto de la lluvia. El ladrillo fue creado de la tierra y del agua, junto al nacimiento de la vida y con anterioridad al concepto de casa y familia. Simbolizó el paso de la vida nómada a la sedentaria. Su descubrimiento vino a generar grandes cambios en la sociedad. Se han descubierto en diferentes yacimientos arqueológicos de Mesopotamia, la India y Egipto.

Siguiendo con Dificonsa (s.f.), menciona que hacia el 3,500 antes de Cristo se introdujo el horno para fabricarlos, lo que supuso un gran avance tecnológico. Los romanos fueron sin duda uno de los pueblos que mayor uso dieron a los tabiques, fabricados con arcilla blanca o roja, y sujetos a un estricto control de calidad.

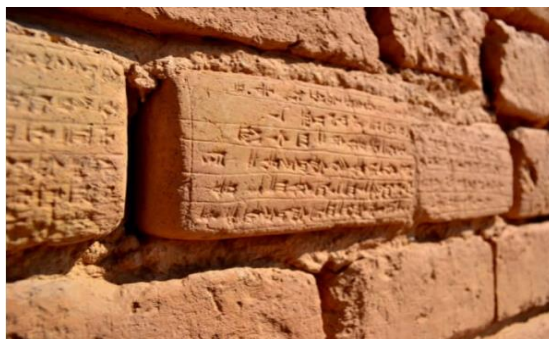


Figura 7. Cañón del sumidero 2015.

Fuente: CurioSfera (s.f.).

De acuerdo con el artículo de La Cuarta Generación:

El hombre lo fabricó para salir de la cueva, levantar la ciudad e imponer el concepto de lo urbano impulsando las antiguas primeras civilizaciones de Mesopotamia y Palestina, donde apenas se disponía de madera y piedras. Los constructores sumerios y babilonios levantaron zigurats, palacios y ciudades amuralladas con tabiques secados al sol, que recubrían con otros tabiques más resistentes cocidos en hornos. En sus últimos años los persas usaron el tabique al igual que los chinos, que levantaron la gran muralla. Los romanos construyeron con tabiques, arcos de medio punto y con ellos edificios de grandes dimensiones como templos, arcos de triunfo, termas, anfiteatros y acueductos. En el curso de la Edad Media, el Imperio Bizantino, heredero de los saberes romanos y el occidente cristiano, con el Románico y el Gótico del norte de Italia, los Países Bajos y Alemania, así como en cualquier otro lugar donde escaseara la piedra, los constructores utilizaron el tabique por sus cualidades funcionales y decorativas. Realizaron construcciones con tabiques templados, rojos con y sin brillo, creando una amplia variedad de formas, cuadros, figuras de punto de espina, tejido de esterilla o lazos flamencos. Pero fue en España donde, por influencia musulmana, el uso del tabique alcanzó más difusión, sobre todo en Castilla, Aragón y Andalucía (pp.1).

Siguiendo con el mismo autor sabemos, el tabique también era conocido por los indígenas americanos de las civilizaciones prehispánicas que, en regiones secas, erigieron casas de adobe secado al sol. Con el descubrimiento y uso del tabique les permitió a los antiguos pobladores asentarse, resguardarse bajo estructuras de los peligros de la intemperie, además de con ello vino la construcción de grandes templos y pirámides, muchos de los cuales aún siguen de pie en la actualidad. Las grandes pirámides de los olmecas, mayas y otros pueblos fueron levantadas con tabiques revestidos de piedra.

El artículo de La Cuarta Generación, nos menciona que, con la llegada de Colón en el siglo XV, la tradición musulmana se difundió en la América hispana. En América del Norte, la influencia de la arquitectura georgiana británica, introducida por los colonos, impulsó las construcciones ladrilleras. Más adelante, la inmigración europea de los siglos XIX y

XX consolidó su uso a través de italianos y españoles. Tradición que perdura hasta la actualidad.

En regiones secas construían casas de tabiques de adobe secado al sol. Las grandes pirámides de los olmecas, mayas y otros pueblos fueron construidas con tabiques revestidos de piedra. Pero fue en España donde, por influencia musulmana, el uso del tabique alcanzó más difusión, sobre todo en Castilla, Aragón y Andalucía. El tabique es uno de principales materiales de construcción hasta la actualidad al brindar una gran resistencia y durabilidad.

Las ventajas de este material de construcción siguen vigentes hasta hoy en día existiendo dos tipos de tabiques: el tabique artesanal y el tabique industrial. Siendo el tabique artesanal aquel que es de arcilla, mismo que es que encontramos en la ladrilleras. El tabique industrial, fabricado en enormes cantidades, sigue siendo un material de construcción muy versátil. Existen tres clases: tabique de fachada o exteriores, cuando es importante el aspecto; el tabique.

2.7 GENERALIDADES DE LOS TABIQUES

El tabique o ladrillo está construido con algún tipo de arcilla o barro y agua. Se forman con un molde y se cuecen en un horno a cierta temperatura. Para que este obtenga su resistencia se deja secar al sol.

De acuerdo con Ferrex (s.f.), el tabique rojo también conocido como tabique rojo recocido o tabique recocido es probablemente uno de los elementos de construcción más comunes y utilizados, por lo que su aplicación y uso es muy extensa y generalizada, el tabique es un material que se encuentra presente en la mayoría de los proyectos de construcción del país.

El tabique rojo, es una pieza de cerámica, generalmente en forma rectangular, obtenida por moldeo, secado y cocción a altas temperaturas, a partir de una pasta arcillosa; las

dimensiones del tabique suelen rondar 24 x 12 x 6 cm. El uso del tabique recocido es muy extenso en todo trabajo de albañilería: el tabique rojo se encuentra en muros, bardas y en vivienda.

El tabique rojo es ligero, pero soporta la carga y presión; al aplicarse en grupo se logra la edificación de una estructura firme. El tabique rojo es fácil de manipular e instalar, es uno de los elementos de construcción más prácticos y de uso generalizado en la actualidad.



Figura 8. Tabique rojo para construcción.

Fuente: Ferrex (s.f.).

En cuanto al costo del tabique se refiere, es un elemento de construcción que resulta ser más económico en comparación con el precio del block, aunque esto igual no representa una ventaja directa puesto que por sus dimensiones se ocupan más elementos al ser más pequeño. Es importante de igual manera recalcar que es un buen elemento estructural ya que brinda resistencia y en peso es más ligero que otros elementos.

Entre las ventajas que se pueden mencionar del tabique son:

- A pesar de su resistencia es mucho más liviano y fácil de movilizar que otros materiales de construcción.
- Brinda a las viviendas que los utilizan un aislamiento térmico, es decir, en temporadas de invierno las residencias con tabique son cálidas por dentro mientras que en verano ayudan a lograr una temperatura fresca. Así se contribuye a ahorrar energía al evitar más uso de calefacción o aire acondicionado.
- Una de las cualidades desconocidas del tabique es que hasta sirve como gran aislante acústico. Por este motivo brinda mayor tranquilidad.

Han demostrado durante décadas que resisten mucho más los movimientos telúricos. Rara vez un tabique muestra fisuras como si lo sufre un block tras un sismo.

- Su utilización es muy variada en el ámbito de la arquitectura y las industrias ya sea para construir viviendas, edificios, muros, caminos, o brindar una mejor estética.
- Si el tabique es de calidad resistirá al agua y eso da mayor durabilidad y menor mantenimiento a nuestra infraestructura.
- Resistencia al fuego, está comprobado que los tabiques tienen mejor comportamiento frente a las llamas.

2.8 TIPOS Y USO DE LOS TABIQUES

El tabique o ladrillo es uno de los materiales más utilizados en la construcción. Desde sus inicios el tabique ha ido evolucionando hasta nuestros días. Es una pieza recocida generalmente de forma rectangular, mismos que pueden ser utilizados en muros, columnas, pisos o simplemente para acabados decorativos (MN del Golfo, s.f.).

Entre los tipos de tabiques están:

- Tabique cocido de arcilla, es el de uso más común y diverso, lo podemos encontrar tanto en muros como en columnas. Su elaboración es totalmente artesanal, de forma rectangular regularmente de 6x12x24 cm, carece de agujeros, su unión como elemento estructural es con una mezcla de mortero cemento-arena en proporción 1:3 o hasta 1:4, colocándolos de manera horizontal y por hiladas.



Figura 9. Tabique rojo recodico de arcilla.

Fuente: MN del Golfo (s.f.).

- El tabique de tierra perforado, es utilizado para la construcción de muros en lo que se solicite una mayor resistencia, los agujeros de este tabique permiten el ingreso del mortero o concreto dando una mayor resistencia al muro.



Figura 10. Tabique de tierra perforado.

Fuente: MN del Golfo (s.f.).

- Tabique hueco, tiene perforaciones horizontales en el canto, lo que lo hace ser más ligero. Su uso es para elementos que no tengan que soportar mucha carga. Según su grosor e hileras los hay sencillos, dobles, triples o hasta cuádruples.



Figura 11. Tabique hueco.

Fuente: MN del Golfo (s.f.).

- El tabique de adobe, su uso es para construcciones de tipo rustico o de un nivel. La poca resistencia que posee no lo hace recomendable para viviendas, aunque tiene la ventaja de tener un costo bajo.



Figura 12. Tabique de adobe.

Fuente: MN del Golfo (s.f.).

- Tabique cara vista. Es un tabique que carece de poros, por lo que es resistente al agua y a las bajas temperaturas. Este tabique es decorativo por sus cualidades

estéticas, se usa en exteriores como en interiores, generalmente es utilizado en fachadas.

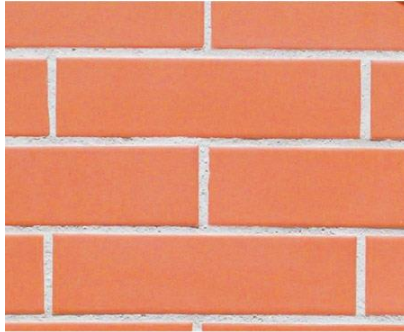


Figura 13. Tabique cara vista.

Fuente: MN del Golfo (s.f.).

- El tabique refractario, posee una textura lisa y homogénea. Esta hecho de los mismos materiales que un tabique de uso común. Es resistente a altas temperaturas por lo que su uso principal es para hornos, chimeneas y calderas.



Figura 14. Tabique refractario.

Fuente: MN del Golfo (s.f.).

- Los tabiques decorativos de pared estilo rustico, como su nombre lo indica, son tabiques irregulares de color piedra usados en paredes para dar un acabo rustico.



Figura 15. Tabique decorativo de pared estilo rustico.

Fuente: MN del Golfo (s.f.).

- Tabique decorativo para piso. Este tabique es capaz de soportar tráfico intenso, por lo que es común utilizarlo en patios, jardines, terrazas y plazas públicas. Son fabricados en distintos diseños y acabados.



Figura 16. Tabique decorativo para piso.

Fuente: MN del Golfo (s.f.).

La gran versatilidad de tabiques lo ha hecho un elemento constructivo muy utilizado desde hace años, logrando estar presente no solo en elementos estructurales como los muros y columnas, sino también hoy en día como elemento decorativo teniendo diferentes acabados.

De igual manera, al ser utilizado en muros consta con maneras distintas para ser colocado, mismas que se describen en la siguiente imagen.

Siguiendo con el autor Sistemas Estructuras (2015), nos describe las formas de colocar los ladrillos en muros de ladrillo (Tabique rojo recocido- arcilla).

Formas de colocación de ladrillos.

- Aparejo a sogas: los costados del muro se forman por las sogas de ladrillo, tiene un espesor de medio pie (el tizón) y es muy utilizado para fachadas de ladrillo cara vista.

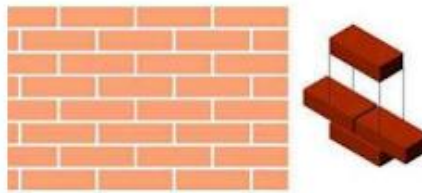


Figura 17. Aparejo a sogas.

Fuente: Sistemas Estructuras, (2015).

- Aparejo a tizones o a la española: en este caso los tizones forman los costados del muro y su espesor es de 1 pie (la sogá). Muy utilizado en muros que soportan cargas estructurales (portantes) que pueden tener entre 12.5 cm y 24 cm colocados a media asta o sogá.

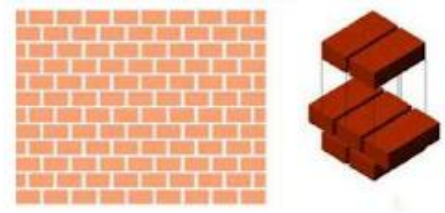


Figura 18. Aparejo a tizones o a la española.

Fuente: Sistemas Estructuras, (2015).

- Aparejo inglés: se alternan ladrillo a soga y tizón, trabando la llaga a ladrillo terciado, dando un espesor de 1 pie (la soga). Se emplea para muros portantes en fachadas del ladrillo cara vista. Su traba es mejor que el muro a tizones pero su puesta en obra es más complicada y requiere mano de obra más experimentada Sistemas Estructuras, (2015).

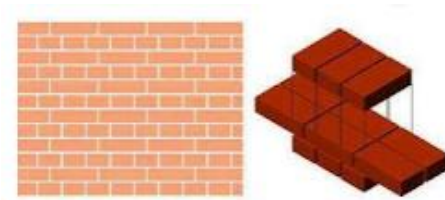


Figura 19. Aparejo inglés.

Fuente: Sistemas Estructuras, (2015).

2.9 RESISTENCIAS Y DIMENSIONES.

2.9.1 DIMENSIONES DE LOS TABIQUES

Los tabiques además de tener diferentes usos también existen en diferentes dimensiones, y en base a ello y al material del que estén constituidos tienen diferentes resistencias.

Con base en las Normas y Especificaciones para Estudios, Proyectos, Construcción e Instalaciones de Edificación (2021), dicen que

Los ladrillos o bloques cerámicos no deben presentar disgregaciones al tacto. Al limpiarlos en seco con un cepillo de alambre y sumergirlos en agua limpia a una temperatura de entre quince (15) y treinta (30) grados Celsius durante cuatro (4) horas, no se deben observar materias terrosas que enturbien el agua. El color y la textura de los ladrillos o bloques cerámicos serán uniformes; se acepta la existencia de velos blanquecinos o de un color marcadamente diferente al color original de los ladrillos o bloques cerámicos, siempre que al ser cepillados en seco no dejen marcas visibles observándolos a simple vista desde una distancia de un (1) m (pp. 6)

De igual manera, los tabiques o ladrillos no deben grietas con longitudes mayores al 25% de su dimensión. Los ladrillos o bloques cerámicos estarán libres de otras imperfecciones que sean en detrimento de la apariencia y buen acabado del muro cuando se observen a simple vista a una distancia de tres (3) m (Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones, 2021).

Tabla 1. Dimensiones de los ladrillos y bloques cerámicos.

MEDIDAS NOMINALES		MEDIDAS DE FABRICACIÓN	
		FABRICADO CON MAQUINA	FABRICADO A MANO
LARGO	30	29	28
	20	19	18
ANCHO	10	9	--
	15	14	13.5
	20	19	18.5
	30	29	--
ALTURA O PERALTE	5	4.5	--
	7.5	6.5	6
	10	9	8.5
	15	14	--
	20	19	--
	30	29	--

Fuente: Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones, (2021).

En las mismas Normas podemos encontrar la requisición general para muros, mismas que deben satisfacer los siguientes requisitos:

- El trazo y desplante de los muros se hará de acuerdo con los ejes y cotas fijadas por los planos arquitectónicos.
- Se desplantarán sobre superficies uniformes, pudiendo ser éstas la corona de una mampostería, el lecho alto de una cadena, trabe o losa de concreto, un firme o bien una plantilla.
- Deberán llevar el coronamiento o ras que se indique en el proyecto.
- En los muros que vayan a ser recubiertos, se dejarán los anclajes indicados en el proyecto.
- La dimensión de la sección transversal de un muro que cumpla alguna función estructural o que sea de fachada no será menor de diez (10) cm.
- En las esquinas o cruces se cuidará el cuatropeo de los materiales utilizados, así como las coincidencias de las hiladas cuando proceda. Si los muros o sus

uniones se refuerzan con castillos se dejarán dientes de amarre a menos que el proyecto indique otra cosa.

- La terminación de sus cabezas en juntas constructivas será a plomo.
- Todos los muros que se toquen o crucen deberán anclarse o ligarse entre sí conforme a lo indicado en el proyecto ejecutivo, salvo que se tomen las medidas que garanticen su estabilidad y buen funcionamiento.
- En muros de piezas macizas o huecas con relleno total, se admite ranurar el muro para alojar las tuberías y ductos siempre que la profundidad de la ranura no exceda de la cuarta parte del espesor de la mampostería del muro, el recorrido sea vertical y no sea mayor que la mitad de la altura libre del muro ($h/2$).
- A menos que el proyecto indique otra cosa, en los muros de carga no se permitirán ranuras.
- Las tuberías alojadas en ellos se protegerán con morteros de cemento y las ranuras o huecos se resanarán como lo indique el proyecto o lo autorice el Instituto.
- Las piezas empleadas en la construcción de los muros, estarán limpias y sin rajaduras.
- Las piezas de barro deberán saturarse con agua previamente a su colocación; las piezas a base de cemento deberán estar secas al colocarse.
- Durante la construcción de todo muro, se tomarán las precauciones necesarias para garantizar su estabilidad en el proceso de obra, tomando en cuenta posibles empujes horizontales, incluso viento y sismo.
- Los muros no estructurales se separarán de las columnas; deberá también dejarse una holgura vertical entre la losa o trabe y el muro; esta holgura y la separación con la columna no se cubrirán con ningún elemento rígido (aplanado, concreto, etc.) para permitir que la estructura se deforme libremente (Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones, 2021).

Las normas nos dicen los requerimientos para muros de ladrillo y bloques cerámicos, mismos que son los que emplearemos en este trabajo de investigación al realizar las pruebas en los tabiques diseñados adicionados con PET para su uso en muros y columnas. Los requerimientos son los siguientes:

- Los ladrillos empleados, tendrán los espesores que permitan alcanzar las dimensiones señaladas en el proyecto y que consideran el espesor del muro después de ejecutar los revoques.
- Los tabiques o bloques cerámicos se deberán saturar mediante inmersión total al menos dos horas antes de colocarse; las piezas deben estar listas y sin rajaduras.
- En el caso de muros portantes, se tomarán todas las precauciones para garantizar su estabilidad durante el proceso constructivo, especialmente en el caso de muros de grandes dimensiones expuestos a la acción del viento.
- Las hiladas de ladrillo serán horizontales y colocadas a plomo, asentándolas sobre una capa de mortero de un espesor mínimo de un (1) cm y máximo de uno punto cinco (1.5) cm. Las juntas verticales tendrán un espesor de un (1) cm con una tolerancia de \pm tres (3) mm.
- Las hiladas se colocarán cuatropuestas, cuidando que se coloque mortero tanto en las juntas horizontales como verticales.
- Los morteros se prepararán con la menor cantidad de agua posible que permita su fácil colocación; no deberán emplearse morteros que tengan más de dos horas de elaborados.
- A menos que el proyecto indique otra cosa, en los muros de más de dos punto cincuenta (2.50) m de altura, se deberá poner una cadena intermedia (Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones, 2021).

Las dimensiones con las que deben cumplir los bloques de cemento, tabiques y tabicones en base a las Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones, (2021), se mencionan en la tabla 2.

Tabla 2. Dimensiones de los bloques de cemento, tabiques y tabicones.

TIPO	DIMENSIONES (CM)		
	LARGO	ANCHO	ALTURA
BLOQUES DE CEMENTO	>30	10 a 30	10 a 30
TABIQUES Y TABICONES	24 a 30	10 a 30	6 a 15

Fuente: Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones, (2021).

En la siguiente tabla se describe el grado de tolerancia en las dimensiones de estos mismos elementos estructurales que marcan las mismas normas.

Tabla 3. Tolerancia en las dimensiones de los bloques de cemento, tabiques y tabicones.

DIMENSIÓN	TOLERANCIA
Largo	+ - 2
Ancho	+ - 2
Altura o peralte	+ - 3

Fuente: Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones, (2021).

Siguiendo con las especificaciones marcadas en las normas, nos dicen que, todos los bloques de cemento, tabiques y tabicones estarán exentos de grietas, desportilladuras y defectos que puedan disminuir su resistencia. En aquellos casos en que los bloques de cemento, tabiques y tabicones vayan a quedar visibles, sus caras expuestas estarán libres de imperfecciones, fisuras, marcas o cualquier otro defecto.

2.9.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS TABIQUES

Para hablar de las resistencias a la compresión con las que deben cumplir los tabiques, de acuerdo a las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería 2017, nos dicen que la resistencia a la compresión se determinará, por cada tipo de pieza que estará especificado de acuerdo a estas normas en el Anexo 1 de este trabajo de investigación, resistencias que estarán de acuerdo con el ensaye especificado por la norma NMX-C-036-ONNCCE, descrita a continuación:

La resistencia de diseño se determinará con base en la información estadística existente sobre el producto o a partir de muestreos de la pieza, ya sea en planta o en obra. Si se opta por el muestreo, se obtendrán, al menos, tres muestras, cada una de diez piezas, de lotes diferentes de la producción. Las 30 piezas así obtenidas se ensayarán en laboratorios acreditados por la entidad de acreditación

reconocida en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización. La resistencia de diseño se calculará como:

$$f'_p = \frac{\bar{f}_p}{1 + 2.5c_p}$$

Donde:

\bar{f}_p Resistencia media a compresión de las piezas, referida al área bruta; y

c_p Coeficiente de variación de la resistencia a compresión de las piezas, que en ningún caso será menor que 0.1.

Siguiendo con la norma NMX-C-036-ONNCCE, menciona que en caso de no contar con el número de ensayos requerido, el valor de c_p no se tomará menor que 0.20 para piezas provenientes de plantas mecanizadas que evidencien un sistema de control de calidad como el requerido en la norma NMX-C-404- ONNCCE, ni que 0.30 para piezas de fabricación mecanizada, pero que no cuenten con un sistema de control de calidad, ni que 0.35 para piezas de producción artesanal. El sistema de control de calidad se refiere a los diversos procedimientos documentados de la línea de producción de interés, incluyendo los ensayos rutinarios y sus registros.

Las resistencias de diseño f'_c y la resistencia media f_p a compresión de las piezas no deberá ser menor que las indicadas en la siguiente tabla.

Tabla 4. Valores mínimos permitidos de f'_p y f_p .

TIPO DE PIEZA Y MATERIAL	f'_p MPA ($\frac{kg}{cm^2}$)	$\overline{f'_p}$ MPA ($\frac{kg}{cm^2}$)
Tabique macizo de arcilla artesanal	6 (60)	9 (90)
Tabique macizo o multiperforado de arcilla o concreto	10 (100)	15 (150)
Tabique hueco de arcilla o concreto	6 (60)	9 (90)
Bloque macizo o multiperforado de arcilla o concreto	10 (100)	15 (150)
Bloque hueco de arcilla o concreto	6 (60)	9 (90)

Fuente: Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (2017).

2.9.3 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MAMPOSTERÍA

Para las resistencia a compresión con la que deben cumplir los muros construidos con tabiques, las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (2017), nos marcan como deben ser los ensayos de las pilas construidas con las piezas, las normas argumentan que La resistencia a compresión para diseño de la mampostería, f_m' , sobre área bruta, se determinará con alguno de los tres procedimientos descritos a continuación. El valor de la resistencia en esta Norma está referido a 28 días. Si se considera que el muro recibirá las acciones de diseño antes de este lapso, se deberá evaluar la resistencia para el tiempo estimado según lo descrito en el siguiente ensaye.

2.9.3.1 Ensaye de pilas construidas con las piezas y morteros que se emplearan en la obra.

Las pilas (figura 18) estarán formadas por lo menos con tres piezas sobrepuestas. La relación altura a espesor de la pila estará comprendida entre dos y seis; las pilas se ensayarán a la edad de 28 días. En la elaboración, curado, transporte, almacenamiento, cabeceado y procedimiento de ensaye de los especímenes se seguirá la norma mexicana

NMX-C-464- ONNCCE, salvo lo que se indique en este inciso y que difiera de dicha norma.

La determinación se hará en un mínimo de nueve pilas, construidas con piezas provenientes de, por lo menos, tres lotes diferentes del mismo producto. Cada pila debe usar piezas del mismo lote.

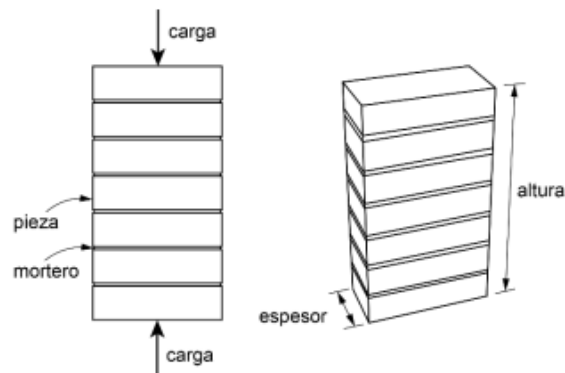


Figura 20. Pila de prueba en compresión.

Fuente: Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (2017).

Tabla 5. Factores correctivos para las resistencias de pilas con diferentes relaciones altura a espesor.

RELACIÓN DE ALTURA A ESPESOR DE LA PILA	2	3	4	5	6
FACTOR CORRECTIVO	0.75	0.90	1.00	1.05	1.06

Fuente: Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (2017).

El esfuerzo medio obtenido, calculado sobre el área bruta, se corregirá multiplicándolo por los factores de la tabla 5. La resistencia a compresión para diseño se calculará como:

$$f'_m = \frac{\overline{f_m}}{1 + 2.5c_m}$$

$\overline{f_m}$ Resistencia media a compresión de las pilas, corregida por su relación altura a espesor y referida al área bruta; y

c_m Coeficiente de variación de la resistencia a compresión de las pilas de mampostería, que en ningún caso será menor que 0.15.

2.9.4 RESISTENCIA A COMPRESIÓN DIAGONAL

Para la resistencia de compresión diagonal de la mampostería, de acuerdo con las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (2017), nos dice que para diseño, se determinará con alguno de los dos procedimientos indicados, en los Ensayes de muretes construidos con las piezas y morteros que se emplearan en la obra (prueba 1) y con la Resistencia a compresión diagonal para diseño de edificaciones tipo 1 (prueba 2). El valor de la resistencia en esta Norma está referido a 28 días. Si se considera que el muro recibirá las acciones de diseño antes de este lapso, se deberá evaluar la resistencia para el tiempo estimado en la prueba 1, descrita a continuación.

2.9.4.1 Ensaye de muretes construido con las piezas y morteros que se emplearán en la obra.

Siguiendo con las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (2017), los muretes (figura 19) tendrán una longitud de al menos una vez y media la longitud de la pieza y el número de hiladas necesario para que

la altura sea aproximadamente igual a la longitud. Los muretes se ensayarán sometidos a una carga de compresión monótona a lo largo de su diagonal y el esfuerzo cortante medio se determinará dividiendo la carga máxima entre el área bruta del murete medida sobre la misma diagonal, ensaye que se encuentra en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (2017), en el apartado 2.8.2.2.

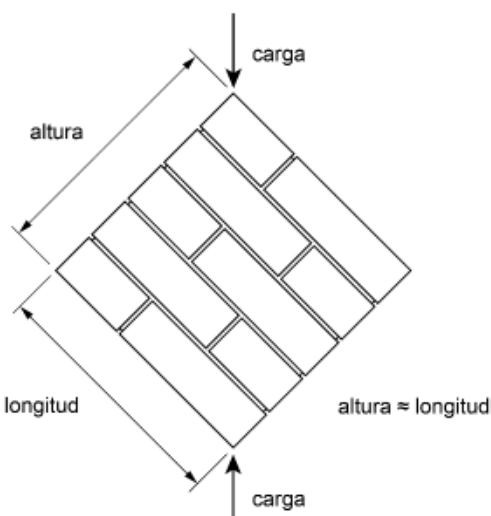


Figura 21. Murete para prueba en compresión diagonal.

Fuente: Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (2017).

Los muretes se ensayarán a la edad de 28 días. En la elaboración, curado, transporte, almacenamiento, cabeceado y procedimiento de ensaye de los especímenes se seguirá la norma mexicana NMX-C-464-ONNCCE salvo lo que se indique en este inciso y que difiera de dicha norma.

La determinación se hará en un mínimo de nueve muretes construidos con piezas provenientes de por lo menos tres lotes diferentes del mismo producto. Cada murete debe usar piezas del mismo lote.

La resistencia a compresión diagonal para diseño, v_m' , será igual a

$$v_m' = \frac{\overline{v_m}}{1 + 2.5 c_v}$$

Donde:

$\overline{v_m}$ Resistencia media a compresión diagonal de muretes, sobre área bruta medida a lo largo de la diagonal paralela a la carga; y

C_v Coeficiente de variación de la resistencia a compresión diagonal de muretes, que en ningún caso se tomará inferior a 0.20.

Para muros que dispongan de algún sistema de refuerzo cuya contribución a la resistencia se quiera evaluar o que tengan características que no pueden representarse en el tamaño del murete, las pruebas de compresión diagonal antes descritas deberán realizarse en muros de al menos 2 m de lado.

2.10 MÉTODO DE ENSAYOS ULTRASONICOS

2.10.1 ORIGEN Y DESCRIPCION DEL MÉTODO.

Su origen data a finales de 1940 en Canadá e Inglaterra, casi de forma simultánea, se produjo el desarrollo de instrumentos de campo para medir la velocidad de pulso. En Canadá se deseaba un instrumento para medir grietas en presas, donde Leslie & Cheesman (1949) desarrollaron un instrumento llamado “soniscope”, el cual es un instrumento de inspección que envía, por medios electrónicos, pulsos de alta frecuencia a través del material midiendo el tiempo de recorrido desde el transmisor en una cara hasta el receptor en la cara final del material. (COTECNO).

Mientras que en Inglaterra desarrollaban de un equipo para evaluar la calidad del concreto en pavimentos y Jones (1948) llamó a su equipo “Ultrasonic tester”. Inicialmente, los dos equipos eran casi similares, fue entonces que 1960 los métodos de medición de velocidad de pulso ultrasónico han extendido su aplicación en las construcciones. (Malhotra & Carino, 2004).

Actualmente es una prueba muy utilizada para evaluar estructuras de concreto debido a su simplicidad, versatilidad y repetitividad.

El método ultrasónico consiste en medir el tiempo que un pulso recorre entre un transductor emisor (Tx) y un transductor receptor (Rx); debido a sus diversas técnicas permiten el uso de sus dos campos de ensayos no destructivos: control de calidad y mantenimiento preventivo, siendo de gran utilidad por su precisión para determinar pequeñas fisuras de fatiga.

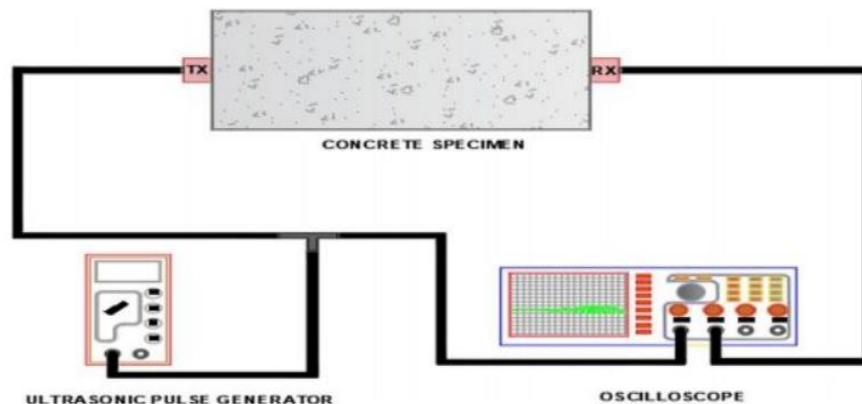


Figura 22. Sistema de medición de la velocidad de un pulso ultrasónico usando el método directo.

Fuente: Semillero de Investigación en Monitoreo de Salud Estructural, Universidad Santo Tomás, Bogotá D.C 2020

Este método tiene entre sus especificaciones a la ASTM C597 –Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete, que consigna la metodología y exigencias para aplicar el método del pulso ultrasónico.

El método normalmente se utiliza se requiere determinar la uniformidad de un elemento, espesor, su módulo elástico de Young ó de Coulomb. Una de las limitantes de este método es cuando el medio de propagación es heterogéneo, y que sus propiedades sean elásticas relativas a la propagación de ondas. Esta heterogeneidad provoca un mal resultado/conocimiento debido a la forma y recorrido de la onda.

Estas ondas de sonido se propagan sobre los materiales solidos con excitaciones vibratorias que las generan y su velocidad dependerá de las propiedades elásticas del elemento a evaluar, de manera que se obtiene el valor de la velocidad del sonido y la masa del sólido, es posible estimar las propiedades elásticas del elemento las cuales se relacionan con los parámetros de calidad del material. (360enconcreto; Ing. Silva Omar)

La velocidad de propagación se determina para cada elemento por el cociente entre la distancia L entre los transductores y el tiempo de transito t para esta distancia. $t = L/V$ (3.1) L - 30 - La velocidad de las ondas en el material permite obtener informaciones sobre las propiedades elásticas. Las frecuencias de las ondas generadas varían entre 20 y 150 kHz, y por el hormigón se utilizan las frecuencias comprendidas entre 54 y 82 kHz. Las velocidades de propagación de las ondas en estos casos varían entre 3,5 km y 4,8 km/s, lo que impone un cuidado espacial durante los ensayos in situ, siendo el intervalo de velocidades posibles reducido.

La velocidad de pulso para concreto normal típicamente es de 3700 a 4200 m/s.

La medición de la velocidad del pulso ultrasónico como una alternativa de prueba no destructiva para evaluar la calidad del concreto se ha utilizado desde hace aproximadamente 50 años. No es un ensayo destructivo, lo que permite conservar intacta la estructura que se ensaya. Aunque no permita evaluar directamente la resistencia del concreto, este método combinado a una campaña de calibración en laboratorio -que correlaciona las medidas ultrasónicas con la resistencia- puede dar una estimación de la resistencia característica del hormigón ensayado con una precisión de $\pm 20\%$. Por último, los ensayos sólo necesitan un aparato barato y de fácil utilización. (Henry, 2003)

El método ultrasónico se basa en un fenómeno físico bien conocido: la propagación de ondas en un medio material. Es un método que se utiliza frecuentemente cuando se trata de determinar la uniformidad de un elemento, su espesor, su módulo elástico de Young o de Coulomb. Sin embargo el fenómeno se compleja cuando el medio de propagación (en nuestro caso el concreto) es heterogéneo, y que las diferentes fases que le componen tienen diferentes propiedades elásticas relativas a la propagación de ondas. Esta heterogeneidad provoca un mal conocimiento de la forma del frente de onda y luego del camino seguido por la onda (Henry, 2003).

El método de velocidad de pulso ultrasónico puede ser usado en el concreto, mortero y pastas de cemento para determinar: su homogeneidad; la presencia de vacíos, grietas y otras imperfecciones; cambios que ocurren a través del tiempo (por ejemplo, la hidratación del cemento); su calidad en relación con los requerimientos de normas, y curvas de calibración para estimar la resistencia a compresión. La velocidad de pulso ultrasónico es afectada por factores, tales como la humedad del concreto, la temperatura, la armadura de refuerzo y las microgrietas (CNS Electronics).

La velocidad de estas ondas depende de las propiedades elásticas del medio, de tal manera que, conociendo la velocidad del sonido y la masa del sólido, se pueden estimar las propiedades elásticas del medio, mismas que se pueden relacionar con los parámetros de calidad del material. De los estudios realizados en Canadá, Malhotra (1985) publicó un criterio de aceptación del concreto sobre la base de la medición de la velocidad ultrasónica (Solís, Moreno & Castillo, 2004).

La clasificación del concreto en categorías con base a intervalos de velocidad se presenta en la tabla 6.

Tabla 6. Clasificación del concreto según su velocidad ultrasónica.

VELOCIDAD ULTRASÓNICA, V (m/s)	CLASIFICACIÓN DEL CONCRETO
V > 4,575	Excelente
4,575 > V > 3,660	Bueno
3,660 > V > 3,050	Cuestionable
3,050 > V > 2,135	Pobre
V < 2,135	Muy pobre

Fuente: El autor (Malhotra, 1994).

2.10.2 TEORIA DE MOVIMIENTO DE ONDA ULTRASONICA.

Las ondas se presentan de forma impredecible como un impacto, a la superficie de un sólido el cual reacciona con alteraciones que se propagan a través de él, y su velocidad de propagación está en función del módulo de elasticidad, relación de Poisson, densidad y geometría del sólido.

Cuando este es alterado por alguna carga dinámica al momento de reaccionar producen tres 3 tipos de onda cada una con su velocidad propia:

- Ondas de compresión (Ondas-P) también llamadas ondas longitudinales: se caracterizan por tener una mayor velocidad (ACI Committee 228, 1998). La velocidad de las ondas-P se relacionan de la siguiente de manera :

$$V = \sqrt{\frac{E}{\rho} \cdot \frac{(1-\mu)}{(1+\mu)(1-2\mu)}}$$

V= Velocidad.

μ = Relación de Poisson.

E= Modulo de elasticidad dinámico.

ρ = Densidad.

- Ondas de cortante o transversales (Ondas-S); también llamadas también llamadas transversales una característica de esta onda es que la trayectoria de la partícula es perpendicular a la dirección de propagación

- Ondas Rayleigh o de superficie (Ondas R): Una de las características la velocidad de la onda es menor y viajan lejos de la perturbación a lo largo de la superficie. (academia de Hooke)

La velocidad de estas ondas viene dada por

$$V_r = \frac{(0,87 + 1,12\nu)}{1 + \nu} V_s$$

Sustituyendo V_s resulta

$$V_r = \frac{(0,87 + 1,12\nu)}{(1 + \nu)} \sqrt{\frac{1 - 2\nu}{2(1 - \nu)}} V_c$$

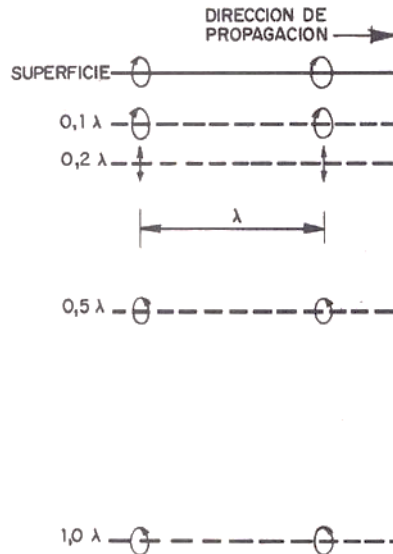


Fig. 5.56. Ondas de Rayleigh.

Figura 23. Evolución de la polaridad de las ondas de Rayleigh en función de la profundidad de penetración del impulso ultrasónico.

Fuente: libro Libro Non- destructive testing; Barry Hull, Vernon John.

Si esta evaluación es aplicada en un sólido podría generarse un cuarto tipo de ondas generadas por el impulso ultrasónico conocida como :

- **Las ondas de Lamb o de chapas** ocurren cuando el sólido tiene una

espesor mucho menor que su anchura o su longitud (el modelo de un sólido semi-infinito no es valido). El sólido puede ser asimilado a una chapa en la que la onda de superficie pura no existe como tal, a no ser que su longitud de onda sea mucho menor que el espesor de la chapa. Cuando el espesor es del mismo orden de magnitud que la longitud de la onda, ocurren ondas de Lamb que presentan componentes de la oscilación de partículas perpendiculares a la superficie.

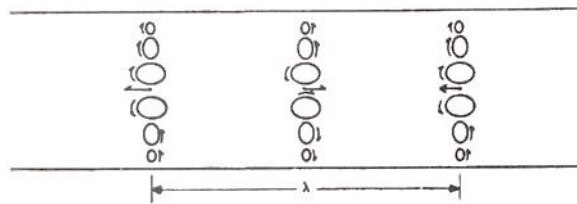


Figura 24. Oscilación de las partículas de las ondas de Lamb.

Fuente: Libro de J.M. Tobio

2.10.3 ECUACION DE PROPAGACION.

En el apartado 2.10.2 sabemos que la onda de propagación depende de las propiedades del elemento. En los medios homogéneos, se puede considerar que resultara una onda continua longitudinal, monocromática de una sola frecuencia; con una velocidad igual a la velocidad de fase de la onda, con dirección de propagación normal a la dirección de oscilación y con misma de dirección de oscilación.

En un medio homogéneo, la forma del frente de onda U es la solución de la ecuación de propagación a lo largo del eje x

$$(\lambda^* + 2G) \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} = \rho \frac{\partial^2 U}{\partial t^2}$$

donde λ^* es el coeficiente de Lamé,

ρ = Densidad del medio de propagación.

G = Modulo de rigidez de Coulomb.

E = Modulo elástico de Young.

$$\lambda^* = \frac{E\nu}{(1 + \nu)(1 - 2\nu)}$$

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)}$$

$$E = \sigma/\epsilon$$

De manera general, se plantea otra ecuación de propagación espacial, y utilizando como parámetro la velocidad de propagación V en un medio homogéneo y isótropo.

$$\frac{\partial^2 U}{\partial t^2} - V^2 \Delta U = 0 \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\Delta U = \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} \quad \dots\dots\dots(2)$$

Debido a la semejanza de las ecuaciones (1,2) de propagación, nos sale una velocidad de propagación de la onda en un medio no heterogénea.

$$V_c = \sqrt{\frac{E(1-\nu)}{(1+\nu)(1-2\nu)\rho}} \quad \dots\dots\dots(3)$$

La resolución de la ecuación (1) si la onda es monocromática, y si se plantea una propagación bidimensional, resulta,

$$U(x,t, z) = A(z,t = 0) \exp[i(k w - x t)]$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}, \quad \lambda = \frac{V}{f}, \quad w = V_c k \sqrt{\frac{1-2\nu}{2(1-2\nu)}}$$

Donde

z = Profundidad de penetración de la onda (en m).

x = Recorrido transversal (en m).

λ = Longitud de onda (en m).

f = frecuencia de emisión de la onda monocromática (en Hz).

$A(z)$ = Amplitud de la onda, dependiente de la amplitud inicial de la onda.

ν = Coeficiente de Poisson del medio de propagación.

La función de amplitud $A(z)$ debe cumplir la ecuación de propagación (1), de donde:

$$\text{Con } A(z) \left(k^2 - \frac{w^2}{V^2} \right) = \frac{\partial^2 A}{\partial z^2}$$

$$q = \left(k^2 - \frac{w^2}{V^2} \right)$$

Si q es positivo, la amplitud de la onda crece con la profundidad z , lo que es físicamente ilógico.

Entonces realizando la conjetura que q es negativo, se obtiene lo siguiente :

$$A(z) = A \exp(-q z)$$

Lo cual señala que la amplitud de la onda decrece con la profundidad. La resolución de la ecuación de propagación supone hacer las suposiciones de un medio de propagación homogéneo, y de una velocidad continua sin variaciones es decir de manera uniforme de la onda en todo el medio, lo que no es el caso de la propagación de una onda ultrasónica en el hormigón.

De una manera menos compleja se consigue proyectar un frente de onda elíptico a un ipso facto dado t , sabiendo que la velocidad de la onda es diferente con la dirección de propagación de la onda respecto a la normal a la superficie libre del medio de propagación.

En efecto proyectar una distribución elíptica de velocidad con respecto a la normal, y una onda esférica de propagación $e^{i(kx-wt)}$ nos da un frente de onda elíptico. (tesina cap.2)

2.10.4 HAZ ULTRASONICO

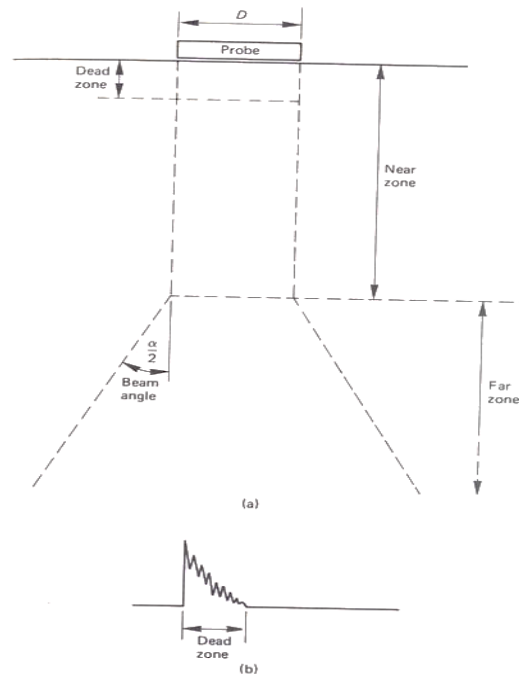


FIGURE 5.1 (a) Ultrasonic beam shape. (b) Appearance of dead zone on screen display.

Figura 25. Haz ultrasónico; definición de las diferentes zonas.

Fuente: Libro Non- destructive testing; Barry Hull, Vernon John.

El haz ultrasónico es emitido por un transductor circular tiene al principio la forma de un cilindro perfecto. La propagación de la onda en la material crea una divergencia α de este haz, relacionada con la frecuencia $f=V/\lambda$ de la dicha onda, y con el diámetro d del palpador emisor:

$$\text{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \frac{1,12\lambda}{d}$$

Donde λ es la longitud de la onda.

Si la longitud de onda se aproxima a las dimensiones del cristal del piezo eléctrico, y si las ondas son generadas en todas las direcciones, no resultaran un haz no definido.

Un haz ultrasónico puede ser subdividido en tres zonas (figura 22 sacada del libro de Barry Hull y Vernon John):

1. La zona sorda (dead zone) corresponde a la zona superficial en la cual no se puede detectar un defecto. El cristal vibra porque se le impone una excitación eléctrica durante un tiempo muy corto, con el objeto de generar un impulso ultrasónico corto. El piezo eléctrico no vibra instantáneamente al parar la excitación, si no resona durante un tiempo corto. No es posible entonces detectar un defecto superficial durante este tiempo de resonancia. Si el cristal piezo eléctrico está colocado en un bloque de plexiglás correctamente dimensionado, la zona sorda puede ser contenida en el propio transductor.

2. La zona próxima (near zone) es la zona en la cual el haz ultrasónico es casi cilíndrico. La longitud l de esta zona es dada por la siguiente relación aproximada,

$$l = \frac{d^2}{4\lambda}$$

donde

d : Diámetro del palpador.

λ = Longitud de la onda considerada.

Sin embargo la resolución de detección de defectos no es constante en esta zona, y se mejora con la profundidad.

3.- La zona lejana (far zone) es la zona debajo la zona próxima, en la cual ocurre el fenómeno de divergencia del haz. La posibilidad de detectar defectos disminuye con la raíz cuadrada de la distancia desde el transductor hasta el defecto.

Por ultimo una frecuencia de emisión alta mejorará la resolución, el ruido disminuirá cuando las dimensiones de la fuente aumentan.

2.10.5 COMPORTAMIENTO DE LA ONDA A LOS INTERFACES.

Como por cada onda, sea mecánica o electromagnética, existen limitaciones de propagación al interfase entre dos medios con propiedades diferentes. Cuando una onda ultrasónica normal al interfase (onda de compresión) logra la frontera entre dos medios, una proporción de la onda incidente esta reflectada al interfase, y otra proporción esta transmitida a través de la interfase. Estos dos fenómenos complementarios se cuantifican con los coeficientes de reflexión R, y de transmisión T. Son determinados con los impedencias acústicas Z1 y Z2 de los dos medios. La impedencia acústica de cualquier medio viene dada por la relación,

$$Z = \rho Vc$$

donde ;

ρ =Densidad del material,

Vc= La velocidad de compresión de la onda en el dicho medio.

Se puede notar que la impedencia acustica del aire es igual a $4,04 \times 10^{-4}$ MPa.s/m, del agua a 1,43 MPa.s/m, y del acero a 45,72 MPa.s/m. El coeficiente de reflexión R, por una onda que se propaga desde el medio 1 hasta el medio 2 es dado por la relación

$$R = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} = \frac{\rho_2 Vc_2 - \rho_1 Vc_1}{\rho_2 Vc_2 + \rho_1 Vc_1}$$

El coeficiente de transmisión es dado por:

$$T = \frac{2Z_1}{Z_2 + Z_1} = \frac{2\rho_1 Vc_1}{\rho_2 Vc_2 + \rho_1 Vc_1}$$

La reflexión de una onda sónica al interfase aire-metal es casi total (R=1), a las frecuencias comúnmente utilizadas por el método de control ultrasónico. Por eso, la onda se transmite difícilmente a través de un vacío de aire en un metal.

Eso justifica el uso de acoplamientos para asegurar un buen contacto acústico entre el transductor y el hormigón. Si la onda esta inclinada con relación a la normal del interfase entre los dos medios, la parte transmitida de la onda es refractada. Sin embargo, puede haber dos tipos de onda que se propagan en el segundo medio: una onda de compresión (de mismo tipo que la onda incidente), y una onda de cizalladura o de corte.

Las direcciones de propagación de estas dos ondas refractadas son determinadas por las leyes de refracción de Snell-Descartes. (véase figura 23).

$$\frac{\text{sen}(i)}{\text{sen}(rc)} = \frac{Vc_1}{Vc_2}$$

$$\frac{\text{sen}(i)}{\text{sen}(rs)} = \frac{Vc_1}{Vs}$$

donde

Vc1 =Velocidad de la onda incidente,

Vc2 =Velocidad de la onda de compresión refractada,

Vs =Velocidad de la onda de cizalladura refractada,

I=Ángulo de incidencia,

Rc=Ángulo de refracción de la onda de compresión,

rs =Ángulo de refracción de la onda de cizalladura.

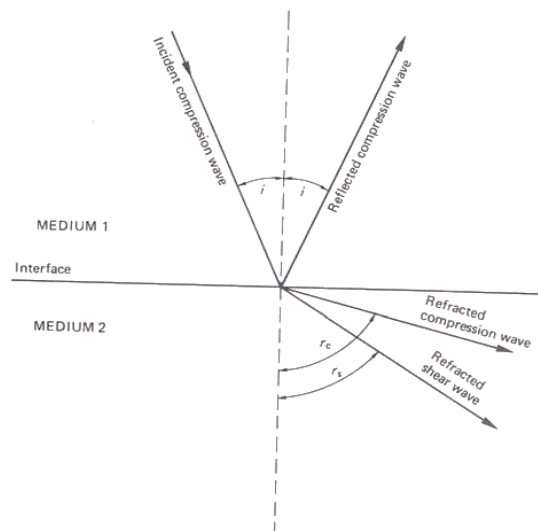


Figura 26. Esquema de reflexión y refracción de una onda ultrasónica en una interfase.

Fuente: Non- destructive testing; Barry Hull, Vernon John.

En la detección de defectos, la existencia de dos ondas con diferentes velocidades vuelve difícil el análisis de los resultados. Por eso se elige un ángulo de incidencia i mayor que

el ángulo crítico i' por la onda refractada de compresión, así que solo se puede transmitir una onda refractada de cizalladura. El ángulo crítico es dado por la relación siguiente:

$$i' = \text{sen}^{-1} \frac{V_{c1}}{V_{c2}}$$

El ángulo crítico i'' que corresponde a una reflexión total (no existe ninguna onda transmitida, $T=0$, y $R=1$), es el ángulo crítico para la generación de ondas de Rayleigh. Su expresión resulta:

$$i'' = \text{sen}^{-1} \frac{V_{c1}}{V_s}$$

CAPITULO 3

METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Este trabajo de investigación está basado en la propuesta del diseño de tabiques con residuos de PET, como sustituto de una parte de los agregados pétreos que lo constituyen. Dicho espécimen será ensayado como lo especifica la norma NMX-C-464-ONNCCE, descrita en el capítulo anterior. Esto para examinar los resultados obtenidos de dicho ensaye de resistencia de paredes de mampostería con los tabiques fabricados con residuos de PET. De tal forma que se logre comprobar que adición de PET a la mezcla de los tabiques sea positiva logrando que la resistencia de las muestras sea superior o igual a lo que las normas indican.

3.1 OBTENCIÓN Y PREPARACIÓN DEL PET

Como primer paso se tuvo la recolección de botellas de PET (figura 27), dicho material fue obtenido del contenedor de botellas de plástico del Colegio de Ingenieros Civiles de Chiapas (CICCH), logrando de manera eficaz la obtención de la materia prima de este trabajo de investigación.



Figura 27. Obtención del PET utilizado.

Fuente: El autor.

Dicho material fue previamente lavado para su correcta utilización, puesto que no podíamos poner un material que estuviera contaminado por un agente ajeno (tierra, residuos líquidos, etiquetas, tapas, entre otros) a lo que es el PET.

Se procedió a cortar en cuadros de 2 cm de alto por 2 cm de ancho a las botellas de PET, almacenando los cortes en un contenedor de plástico con la finalidad de obtener la cantidad adecuada de cortes de PET para poder proceder a su utilización en los adoquines.



Figura 28. Procedimiento de preparación del PET.

Fuente: El autor.

3.2 AGREGADOS PETREOS

Como parte fundamental de la mezcla para la creación de los tabiques, está la arena, agregado pétreo que nos sirve para homogeneizar de manera efectiva y eficaz la mezcla para la creación de las muestras a ensayar.



Figura 29. Muestras de arena.

Fuente: El autor.

Como primer paso se pone a secar al sol dicho agregado para evitar que sea utilizado con humedad y que por lo tanto el peso y la manipulación cambien.



Figura 30. Muestra de arena secado al sol.

Fuente: El autor.

Para la utilización correcta de este agregado es necesario cribarlo por la malla #4, dejando fuera todos los residuos contaminantes que pudiera contener. Posteriormente se procede al pesado de la misma para obtener la cantidad deseada a utilizar en la mezcla.

3.3 DISEÑO DEL TABIQUE FABRICADOS CON RESIDUOS DE PET.

Para realizar las muestras correspondientes a este trabajo de investigación es necesario contar con el equipo adecuado para el diseño de los tabiques a ensayar. A continuación, se describe el equipo a utilizar:

- Molde para tabiques
- Sujetador largo
- Olla de peltre
- Pala
- Agua
- PET previamente cortado
- Arena previamente pesada



Figura 31. Fabricación de moldes para tabiques.

Fuente: El autor.



Figura 32. Olla y Pala.

Fuente: El autor.

Como primer paso al diseño de la mezcla se propone que el PET ocupe el 20% de la mezcla para la construcción de los especímenes, siendo los moldes para los tabiques con una dimensión de 24 cm x 12 cm x 6 cm, lo que equivale a un volumen de 1,728 cm³, lo que nos dice que el PET ocupara un espacio de 345.6 cm³.

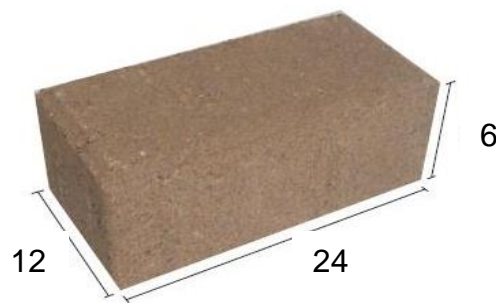


Figura 33. Forma del tabique

Fuente: El autor

Tabla 7. Dimensiones de los tabiques propuestos.

DIMENSIONES (cm)		
LARGO	ANCHO	ALTURA
24	12	6

Fuente: El autor.

Posteriormente se procede al pesado de los materiales, teniendo en cuenta que el PET representará aproximadamente el 20% de la mezcla propuesta.

Los diseños de la mezcla de los especímenes realizados se basaron en la determinación de la dosificación de cada uno de los materiales utilizados a través de ensayos de “prueba y error” hasta lograr una mezcla óptima. Esto sin olvidarnos que en la propuesta inicial se pretende que el 20% de la mezcla de los materiales sea sustituido por PET, logrando esto con el peso de cada material.

Posteriormente la mezcla es colocada en la olla y con el horno hecho previamente calentado, con los sujetadores se coloca la olla en el horno. Se debe tener en constante observación al material en el horno para evitar el sobrecalentamiento de algún material, especialmente del PET.

Como siguiente paso, se procede al movimiento de la mezcla antes calentada, esto con ayuda de los sujetadores, verificando tener aún la consistencia semilíquida que necesitamos para colocarla en los moldes.



Figura 34. Movimiento de mezcla.

Fuente: El autor.

Siguiendo con el procedimiento se coloca la mezcla obtenida en los moldes para tabiques, mismos que serán enfriados con agua a temperatura ambiente, con el fin de evitar cambios bruscos en la temperatura del tabique y que se produzcan modificaciones negativas en el proceso de producción del mismo.



Figura 35. Proceso de elaboración de tabiques.

Fuente: El autor.

Como último paso, el tabique es desmoldado para continuar con su enfriamiento dentro del recipiente de agua.

Posteriormente los tabiques son retirados del agua después de aproximadamente 2 minutos, siendo estos colocados como se muestra en la siguiente figura, con el fin de que con el paso del aire por las piezas se culmine el enfriamiento a temperatura ambiente.

Este trabajo de investigación está enfocado en las pruebas físicas y mecánicas de un tabique no convencional adicionado con PET conforme a los requisitos que estipulan las Normas vigentes.



Figura 36. Secado de tabiques.

Fuente: El autor.

3.4 ELABORACIÓN DEL MORTERO PARA PILA Y MURETE

Se decidió usar un mortero con proporción 1:4 para simular una resistencia parecida a lo usado con los morteros trabajados en obra y en tabiques convencionales.



Figura 37. Ensayo de los especímenes de mortero.

Fuente: El autor.

3.5 DISEÑO DE LOS MURETES Y PILAS

Para el tipo de mortero a utilizar, se optó por un mortero con proporción 1:4 para simular una resistencia parecida a lo usado con los morteros convencionales o trabajados en obra.

Para la creación de las pilas, se utilizaron 6 piezas de los tabiques fabricados con residuos de PET previamente realizados, pegados con una junta de 1.5 cm de espesor, cuidado que la pila se encontrara correctamente nivelada para la correcta ejecución de las pruebas a compresión a las que fueron sometidas.



Figura 38. Pilas a base de tabiques con reciclado de PET.

Fuente: El autor.

Para el diseño de los muros está basado en la norma NMX-C-464-ONNCCE, descrita en el capítulo anterior, con una pieza y medio y con una junta de 1 cm de espesor como se muestra en la siguiente figura.

El muro consta de 5 hiladas de tabiques fabricados con residuos PET, con una junta de 1 cm de espesor.



Figura 39. Muretes a base de tabiques con reciclado de PET.

Fuente: El autor.

3.6 PREPARACIÓN DE ESPECÍMENES

Obtuvimos un total de 65 tabiques fabricados con residuos de PET para la realización de las pruebas mecánicas a las que serían sometidas para el propósito de este trabajo de investigación, mismas que fueron la prueba axial, absorción y humedad. Para el caso de las pilas y los muretes construidos con las piezas de tabiques adicionados con PET, se realizaron pruebas de compresión axial en pilas y compresión diagonal en muretes. Las edades de ensayo y el número de piezas para cada prueba considerada se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 8. Características de especímenes para las pruebas mecánicas.

PRUEBA	DESCRIPCIÓN	EDAD DE PRUEBA (DÍAS)	NÚMERO DE ESPECÍMENES
Resistencia a compresión simple (piezas)	Tabiques: 24 cm x 12cm x 6 cm	28	30
Resistencia a la compresión axial en pilas	Altura: 36 cm	28	15
Resistencia a la compresión diagonal en muretes	Diagonal	28	15

Fuente: El autor.

3.7 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

Para las pruebas mecánicas de resistencia a las que se sometieron los tabiques fabricados con residuos de PET, se siguió lo establecido en la NMX-C-464- ONNCCE-2017 de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (2017). Para el caso de las pilas y muretes construidos igualmente con los tabiques fabricados con residuos de PET, se siguió lo establecido en la NMX-C-464- ONNCCE-2017 de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (2017).

El total de ensayos de resistencia a la compresión fue de 30 piezas de tabiques, 15 pilas y 15 muretes.



Figura 40. Prueba de resistencia ala compresión .

Fuente: El autor.

CAPITULO 4

ANÁLISIS Y RESULTADOS

4 ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1 CARACTERÍSTICA DE LOS TABIQUES NO CONVENCIONALES.

En la siguiente tabla se describen las características geométricas de cada uno de los especímenes a ensayar. Estas características fueron tomadas posterior a los 28 días de secado.



Figura 41. Toma de características de los especímenes.

Fuente: El autor.

Tabla 9. Características de los especímenes.

No. DE TABIQUE	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ESPESOR (cm)	PESO (kg)
1	23.9	12.1	6.0	3.712
2	23.9	11.9	5.9	3.810
3	24.1	11.9	5.9	3.550
4	23.9	11.8	6.0	3.667
5	23.8	12.0	5.9	3.796
6	24.0	11.9	6.0	3.652
7	23.8	12.0	6.0	3.546
8	23.8	12.0	5.9	3.686
9	23.9	12.0	5.9	3.622
10	24.1	11.9	6.0	3.756
11	23.8	11.9	6.1	3.714
12	23.9	11.8	5.9	3.822
13	23.8	12.0	6.0	3.766
14	23.8	11.9	6.0	3.586
15	23.9	12.0	5.9	3.732
16	24.1	11.9	6.0	3.816
17	24.1	11.9	6.1	3.560
18	23.9	11.9	5.9	3.814
19	24.1	11.8	6.0	3.731
20	23.8	12.0	6.0	3.792
21	24.0	11.8	5.9	3.532
22	24.0	11.9	6.1	3.745
23	23.8	12.0	6.0	3.722
24	23.8	11.9	5.9	3.666
25	24.1	11.8	6.0	3.778
26	23.9	12.0	5.9	3.542
27	24.0	11.9	6.0	3.789
28	24.0	11.8	6.0	3.589
29	24.1	12.0	6.1	3.804
30	23.9	11.8	5.9	3.505

Fuente: El autor.

4.2 PRUEBA DE HUMEDAD Y ABSORCIÓN.

Para determinar la Absorción de agua y humedad inicial de los especímenes nos basaremos en la NMX-C-037-ONNCCE. Cada uno de los especímenes fue sumergido en agua durante un periodo de 24 horas, posterior a eso son retirados del agua, se limpia el exceso de agua de su superficie con un paño seco para determinar su masa nuevamente.

Tabla 10. Porcentaje de absorción.

No. DE TABIQUE	PESO SECO (kg)	PESO HÚMEDO (kg)	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)
1	3.712	3.777	1.74
2	3.810	3.898	2.30
3	3.550	3.643	2.63
4	3.677	3.766	2.41
5	3.796	3.869	1.92
6	3.652	3.725	2.01
7	3.546	3.624	2.21
8	3.686	3.771	2.31
9	3.622	3.710	2.43
10	3.756	3.852	2.56
11	3.714	3.798	2.27
12	3.822	3.901	2.08
13	3.766	3.854	2.33
14	3.586	3.656	1.94
15	3.732	3.817	2.29
16	3.816	3.913	2.53
17	3.560	3.649	2.49
18	3.814	3.898	2.19
19	3.731	3.803	1.93
20	3.792	3.882	2.37
21	3.532	3.616	2.37
22	3.745	3.825	2.13
23	3.722	3.793	1.92
24	3.666	3.741	2.04
25	3.778	3.871	2.47
26	3.542	3.622	2.27
27	3.789	3.877	2.33
28	3.589	3.678	2.49
29	3.804	3.875	1.87
30	3.505	3.573	1.93

Fuente: El autor.

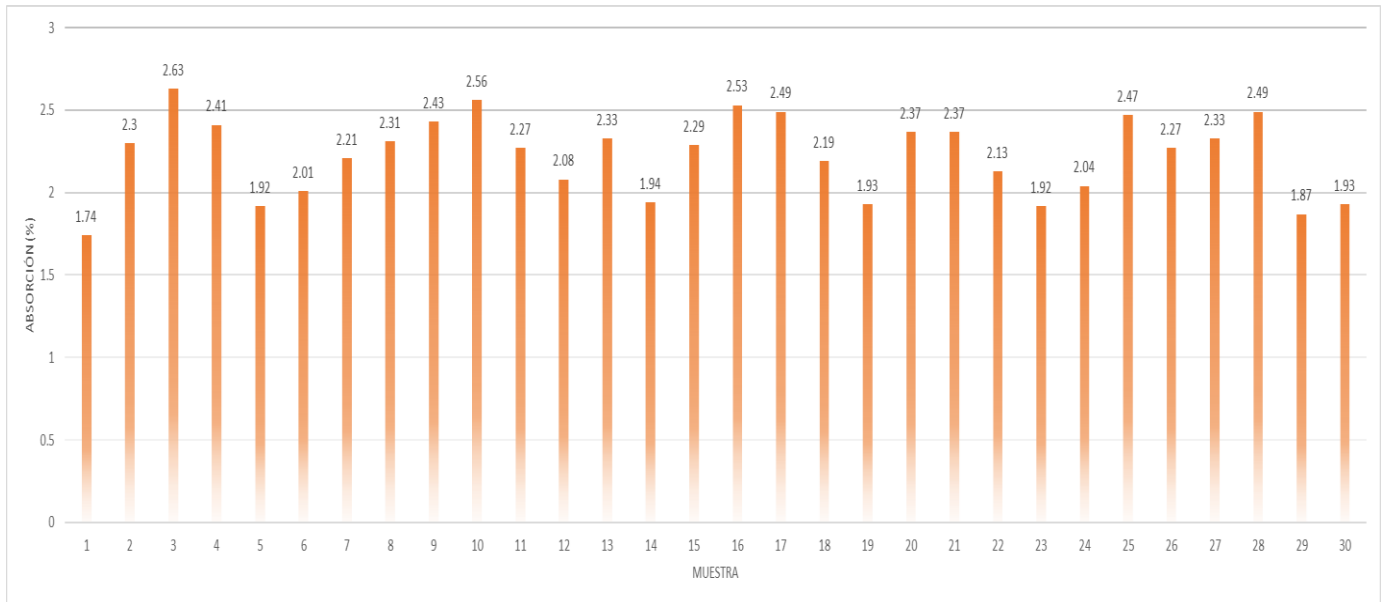


Figura 42. Porcentaje de absorción.

Fuente: El autor.

4.3 PRUEBA DE COMPRESIÓN SIMPLE EN LOS TABIQUES NO CONVENCIONALES.

La tabla que se presenta a continuación describe los resultados obtenidos del ensayo a compresión de los muretes. Es importante mencionar que cada uno de estos especímenes fueron ensayos a los 28 días siguiendo con todo lo que marca la norma NMX-C-404-ONNCCE-2012.



Figura 43. Prueba de compresión axial.

Fuente: El autor.



Figura 44. Compresión axial de tabiques no convenciones.

Fuente: El autor.

Tabla 11. Prueba de compresión axial.

No. DE TABIQUE	EDAD (DÍAS)	CARGA A LA PRIMERA GRIETA (kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA PRIMERA GRIETA (kg/cm ²)	CARGA DE RUPTURA (kg/cm ²)	RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm ²)
1	28	7900	27.32	52100	180.16
2	28	8100	28.48	54300	190.92
3	28	8200	28.59	57000	198.75
4	28	7850	27.83	55600	197.15
5	28	8050	28.19	52900	185.22
6	28	8000	28.01	53500	187.32
7	28	7950	27.84	56150	196.60
8	28	8300	29.06	55000	192.58
9	28	8000	27.89	52600	183.40
10	28	8150	28.42	54250	189.16
11	28	8250	29.13	56000	197.73
12	28	8100	28.72	53900	191.12
13	28	7650	26.79	55150	193.10
14	28	8150	28.78	57200	201.96
15	28	7900	27.55	56100	195.61
16	28	7700	26.85	54000	188.29
17	28	8050	28.07	55700	194.22
18	28	7850	27.60	52400	184.24
19	28	7950	27.96	53700	188.83
20	28	8000	28.01	56500	197.83
21	28	8200	28.71	53000	185.57
22	28	7900	27.66	56150	196.60
23	28	8100	28.24	54050	188.47
24	28	8200	28.95	56950	201.08
25	28	8050	28.30	54200	190.57
26	28	8150	28.42	56500	197.01
27	28	7900	27.55	54500	190.03
28	28	8100	28.24	55500	193.52
29	28	7900	27.78	52600	184.94
30	28	8050	28.07	56800	198.05
PROMEDIO					192.00
DESVIACIÓN ESTÁNDAR					5.67
MEDIA					191.92
COEFICIENTE DE VARIACIÓN					0.35
F_p (RESISTENCIA DE DISEÑO)					102.36

Fuente: El autor.

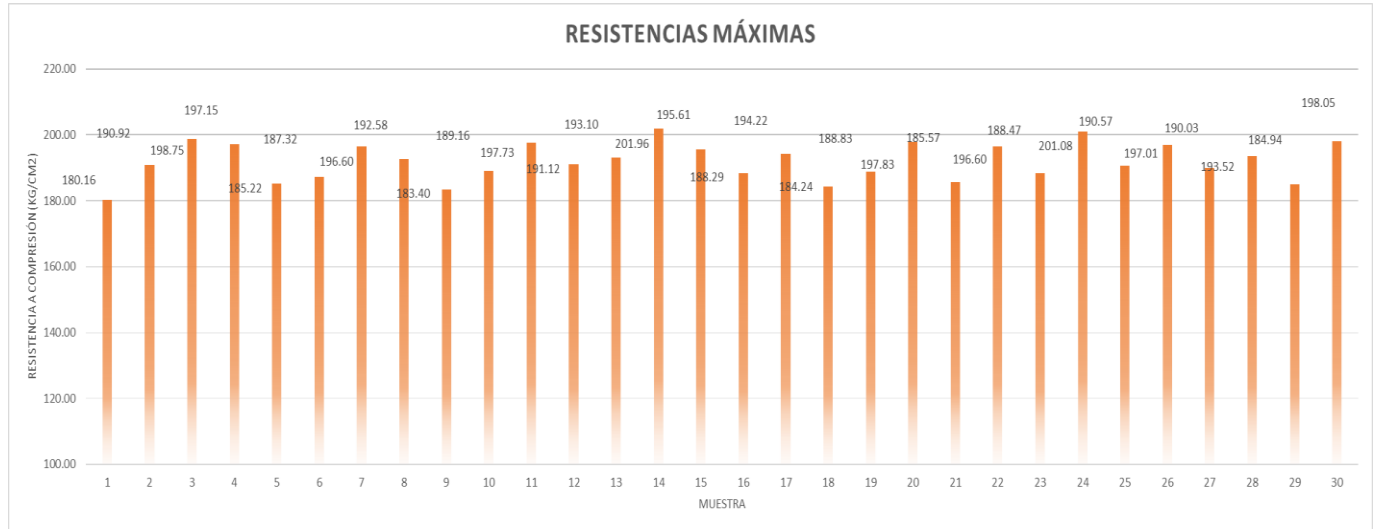


Figura 45. Resistencias máximas.

Fuente: El autor.

Los resultados obtenidos de los ensayos de las resistencias máximas alcanzadas por los tabiques fabricados con residuos de PET, se puede observar que la resistencia promedio es de 191.92 kg/cm², con un coeficiente de variación de 0.35 (NTCM, 2018), con una resistencia de diseño de 102.36 kg/cm².

4.4 PRUEBA DE COMPRESIÓN SIMPLE AXIAL EN PILAS DE TABIQUES NO CONVENCIONALES.

Para la prueba de compresión axial las pilas fueron ensayadas a los 28 días siguiendo con lo que marca la norma NMX-C-404-ONNCCE-2012. Las pilas están conformadas por 5 piezas sobrepuestas.



Figura 46. Compresión axial en pilas.

Fuente: El autor

Tabla 12. Prueba de compresión simple axial en pilas.

No. DE TABIQUE	P MAX. (CARGA MÁXIMA) (kg)	T (ESPESOR) (cm)	H (ALTURA) (cm)	E= H/T (ESBELTEZ)	A (ÁREA DE LA SECCIÓN) (cm ²)	f _m (RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL) (kg/cm ²)	TIPO DE FALLA
1	15000	12.00	43.00	3.58	516.00	29.07	Normal
2	12100	12.20	43.00	3.52	524.60	23.07	Normal
3	11500	12.10	44.00	3.64	532.40	21.60	Normal
4	11000	12.00	43.50	3.63	522.00	21.07	Pandeo
5	12400	12.00	43.50	3.63	522.00	23.75	Normal
6	13600	12.20	43.00	3.52	524.60	25.92	Normal
7	12700	12.20	43.00	3.52	524.60	24.21	Normal
8	11300	12.00	44.00	3.67	528.00	21.40	Pandeo
9	14200	12.00	43.00	3.58	516.00	27.52	Normal
10	12000	12.10	43.50	3.60	526.35	22.80	Normal
11	11800	12.10	44.00	3.64	532.40	22.16	Pandeo
12	12600	12.00	43.50	3.63	522.00	24.14	Normal
13	13800	12.00	43.50	3.63	522.00	26.44	Normal
14	14400	12.20	43.00	3.52	524.60	27.45	Normal
15	12800	12.20	43.00	3.52	524.60	24.40	Normal
PROMEDIO						24.33	
DESVIACIÓN ESTÁNDAR						2.46	
MEDIA						24.22	
COEFICIENTE DE VARIACIÓN						0.15	
F_m* (RESISTENCIA DE DISEÑO)						17.61	

Fuente: El autor.

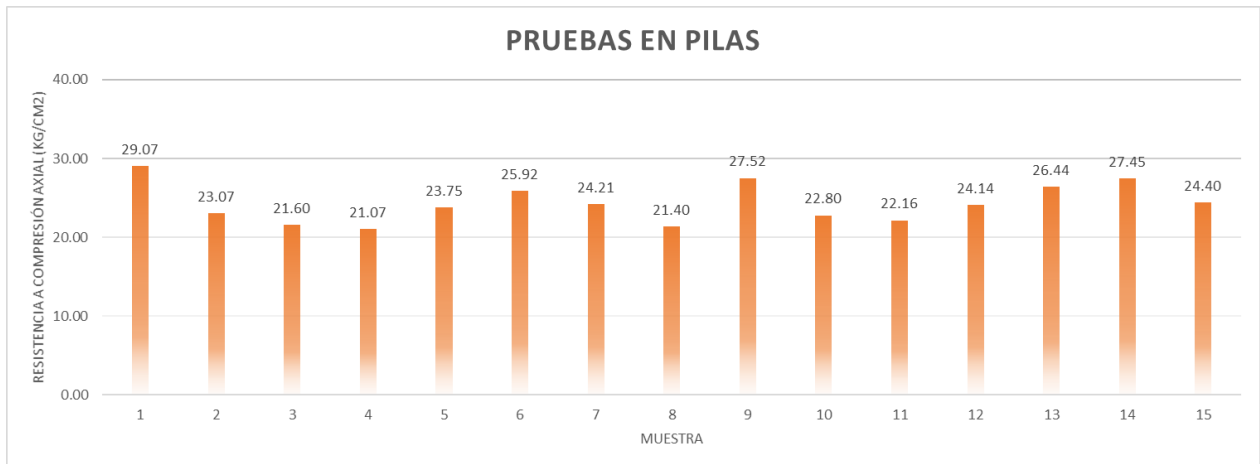


Figura 47. Resistencia de pilas.

Fuente: El autor.

Los resultados obtenidos de los ensayos de las resistencias a compresión axial alcanzadas por las pilas de tabiques fabricados con residuos de PET, se puede observar que la resistencia promedio es de 24.22 kg/cm², con un coeficiente de variación de 0.15 (NTCM, 2018), con una resistencia de diseño de 17.61 kg/cm².

4.5 PRUEBA DE COMPRESIÓN DIAGONAL (CORTANTE) EN MURETES DE TABIQUES NO CONVENCIONALES.

Para la prueba de compresión diagonal en muretes fueron ensayadas a los 28 días siguiendo con lo que marca la norma NMX-C-404-ONNCCE-2012. Los muretes están conformados por 5 hileras de tabiques no convencionales.



Figura 48. Prueba de compresión diagonal (cortante) en muretes.

Fuente: El autor.

Tabla 13. Prueba de compresión diagonal (cortante) en muretes.

No. DE TABIQUE	P MAX. (CARGA MÁXIMA) (kg)	T (ESPESOR) (cm)	Lc (LONGITUD DE LA DIAGONAL), (cm)	A (ÁREA SOBRE LA DIAGONAL), (cm ²)	Vm (RESISTENCIA A COMPRESIÓN DIAGONAL) (kg/cm ²)	TIPO DE FALLA
1	15000	12.00	43.00	3.58	13.04	Diagonal
2	12100	12.20	43.00	3.52	13.26	Diagonal
3	11500	12.10	44.00	3.64	13.13	Diagonal
4	11000	12.00	43.50	3.63	15.36	Deslizamiento
5	12400	12.00	43.50	3.63	14.03	Diagonal
6	13600	12.20	43.00	3.52	12.74	Deslizamiento
7	12700	12.20	43.00	3.52	13.34	Diagonal
8	11300	12.00	44.00	3.67	14.44	Diagonal
9	14200	12.00	43.00	3.58	15.02	Deslizamiento
10	12000	12.10	43.50	3.60	14.02	Diagonal
11	11800	12.10	44.00	3.64	13.98	Deslizamiento
12	12600	12.00	43.50	3.63	14.97	Diagonal
13	13800	12.00	43.50	3.63	13.94	Diagonal
14	14400	12.20	43.00	3.52	14.14	Diagonal
15	12800	12.20	43.00	3.52	13.40	Deslizamiento
PROMEDIO					13.92	
DESVIACIÓN ESTÁNDAR					0.78	
MEDIA					13.90	
COEFICIENTE DE VARIACIÓN					0.20	
V_m* (RESISTENCIA DE DISEÑO)					9.27	

Fuente: El autor.



Figura 49. Resistencia en muretes.

Fuente: El autor.

Los resultados obtenidos de los ensayos de las resistencias a compresión diagonal (cortante) alcanzados por los muretes de tabiques fabricados con residuos de PET, se puede observar que la resistencia promedio es de 13.92 kg/cm², con un coeficiente de variación de 0.20 (NTCM, 2018), con una resistencia de diseño de 9.27 kg/cm².

4.6 PRUEBA DE VELOCIDAD DE PULSO ULTRASONICO (VPU).

En esta prueba mediremos el tiempo que demora un pulso ultrasónico al recorrer la distancia entre un transductor emisor Tx y un transductor receptor Rx, ambos acoplados al tabique; ASTM C 597, con la finalidad de verificar la uniformidad y calidad de este es mismo.

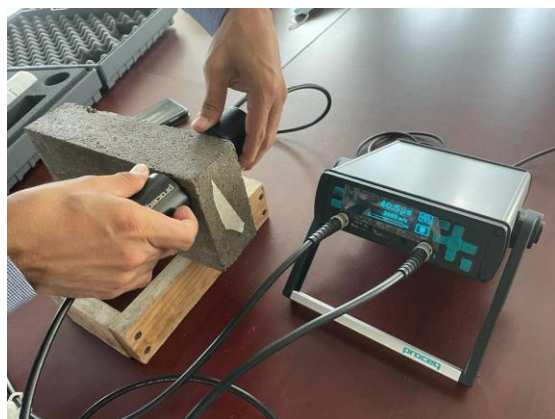


Figura 50. Prueba de VPU.

Fuente: El autor.

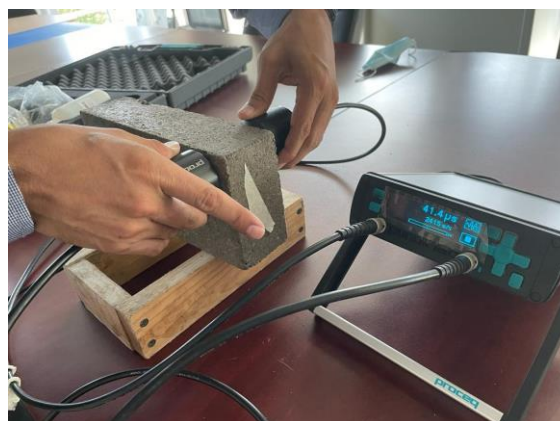


Figura 51. Prueba de velocidad ultrasónica.

Fuente: El autor.

Tabla 14. Prueba VPU.

No. de muestra	Edad, Días	VPU m/s
1	28	2925
2	28	2957
3	28	2846
4	28	2983
5	28	2881
6	28	2798
7	28	2985
8	28	2772
9	28	2880
10	28	2972
11	28	2738
12	28	2764
13	28	2851
14	28	2752
15	28	2895
16	28	2817
17	28	2926
18	28	2884
19	28	2787
20	28	2974
21	28	2760
22	28	2868
23	28	2961
24	28	2728
25	28	2903
26	28	2924
27	28	2813
28	28	2950
29	28	2837
30	28	2894
PROMEDIO		2867.55
DESVIACION ESTANDAR		80.04
MEDIA		2866.47

Fuente: El autor.

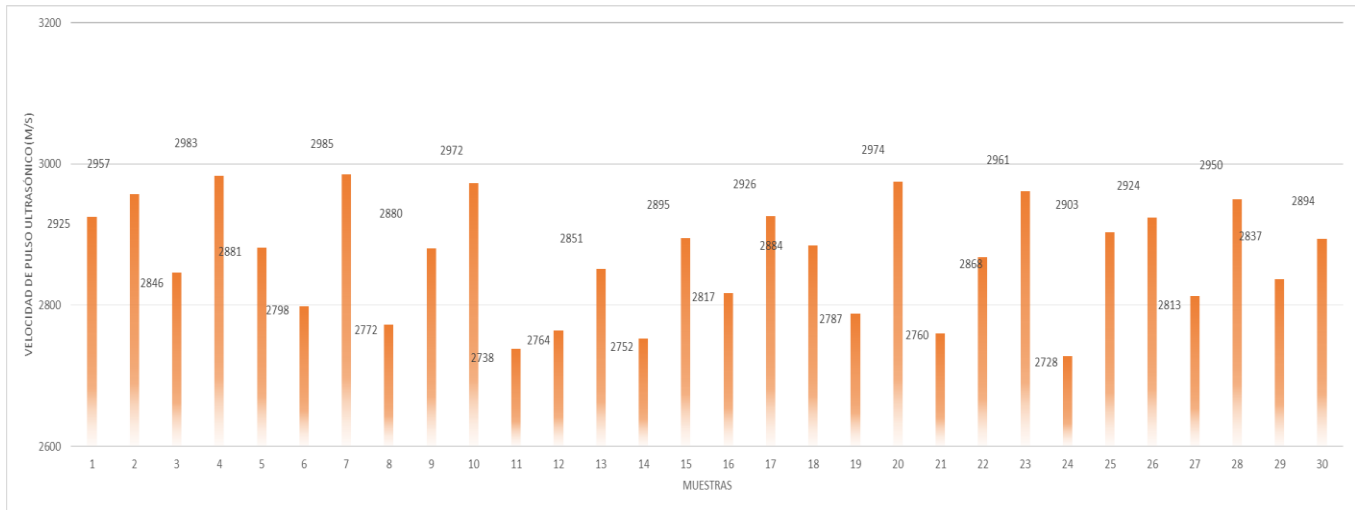


Figura 52. Velocidad de Pulso Ultrasonico.

Fuente: El autor.

Al término de esta prueba y comparando con la clasificación de velocidad ultrasónica, tabla 6 (Clasificación del concreto según su velocidad ultrasónica), se determina que la uniformidad y la calidad para Tabique fabricado a base de residuos tiene un promedio es de 2867.5 m/s, con este dato verificando en la tabla, obtenemos que la clasificación del concreto es pobre.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES

5. CONCLUSIONES.

De estos estudios realizados fue posible comprobar que la utilización de residuos PET en la fabricación de tabiques, son factibles y las pruebas descritas que se le realizaron de acuerdo con la normatividad cumplen, siendo así una alternativa de reciclaje de PET lo cual podría reducir el impacto de este en el medio ambiente, debido a su reutilización.

Los resultados de esta investigación son algunos de los principales en el estudio físico mecánicos de los tabiques que se utilizaron en muretes y pilas, es así que los tabiques fabricados con residuos de PET, con llevo a realizar diferentes proporciones hasta encontrar la que garantizara una mejor resistencia y homogeneidad basándonos siempre en los antecedentes y normativas de los tabiques comunes y/o convencionales.

Las fabricaciones de estos tabiques se hicieron de manera artesanal, utilizando únicamente dos agregados siendo arena y el principal PET tipo 1, analizando al fabricar estos tipos de tabiques nos ahorraríamos el uso del agua, contribuyendo ala preserva de este, cabe resaltar que no existe una normatividad propia para este tipo de tabiques o mezclas con PET, y las dimensiones del tabique al ser artesanales son variables, sin embargo el diseño experimental se realiza con las medidas de (6x12x24) que no cumplen las dimensiones mínimas(7x14x28) especificadas por las normas (NMX-404-1997-ONNCCE).

Al momento de realizar las pruebas de velocidad de pulso ultrasónico (VPU) tomamos como referencia de concreto estándar, basándonos en el proceso de evaluación de ASTM C 597.

En esta investigación se dedujo que es posible el uso de tabiques fabricados con residuos de PET, en muretes y columnas, considerando evaluar nuevas dimensiones, estandarizar las proporciones y proceso de fabricación.

Esperando que el esfuerzo sea la base para futuras investigaciones que puedan complementar este conocimiento de algo visualmente sencillo, pero tan complejo en su

estructura y comportamiento, como son estructuras de mampostería que es utilizada en forma cotidiana en nuestro estado de Chiapas, México.

BIBLIOGRAFÍA

- Atiio, E. (s.f.). Contaminación. Facultad de Ciencias Agrarias UNCa. Área Ecológica. Editorial Universitaria.
- Castrejón L & Jiménez C. (2019). “Diseño, elaboración y evaluación del comportamiento mecánico de tabiques no convencionales con agregados de PET reciclado” tesis licenciatura, UNACH; biblioteca FI.
- CurioSfera, (s.f.). Historia del ladrillo, origen y evolución. <https://curiosfera-historia.com/historia-ladrillo-inventor-origen/>
- Diccionario Latín Vox. [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022019000200766#:~:text=alberca%2C%20alcantarilla%2C%20aljibe%2C%20azotea,pasivo%20del%20verbo%20saepire%20\(cercar](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022019000200766#:~:text=alberca%2C%20alcantarilla%2C%20aljibe%2C%20azotea,pasivo%20del%20verbo%20saepire%20(cercar)
- Doc.mx (s.f.). Método de ensayos ultrasónicos. Capítulo 3. Recuperado. <https://xdoc.mx/preview/27-capiulo-3-metodo-de-ensayos-ultrasonicos-5ed41767931bb>
- Ecofiltro México (2022). <https://ecofiltro.mx/blogs/news/cuanto-plastico-produce-una-persona-al-ano#:~:text=Cada%20mexicano%20consume%20en%20promedio,subraya%20la%20iniciativa%20turnada%20a>
- Edeca, (2020). 5 beneficios de utilizar materiales biodegradables. <https://www.edecasa.com/blog/5-beneficios-de-utilizar-materiales-biodegradables>
- Editor2 H2A. (2022, 8 julio). ENSAYO DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO, ALGUNAS VENTAJAS. 360 EN CONCRETO. <https://360enconcreto.com/blog/detalle/pulso-ultrasonico-en-el-concreto/>
- Forbes (2021). Página web: <https://www.forbes.com.mx/noticias-basura-plato-plasticos-invaden-supermercados-alimentos/#:~:text=A%20nivel%20mundial%2C%20Asia%20produce,s%C3%B3lo%20un%206.7%25%20se%20recicla>
- Foro Nuclear, (s.f.). ¿Qué se entiende por contaminación ambiental? <https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/preguntas-y-respuestas/sobre-energia-nuclear-y-medio-ambiente/que-se-entiende-por-contaminacion-ambiental/>
- Garcia, C. (2008). estudio para la fabricación de tabiques de plásticos. México.
- Greenpeace International A.C. (2022). <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/plasticos/>

- Huiza, Y. (2014). Contaminación ambiental en la Ingeniería Civil. Universidad a las Peruanas. Huancavelica. Pp.13.
- Instituto Nacional de la Salud Pública, (2010). *Cuidando tu salud*. Viva salud. Año 2, Noviembre Diciembre 2010. Cuernavaca, Morelos.
- La cuarta generación, (s.f.). Tabique. <https://lacuartageneracion.files.wordpress.com/2011/02/tabique.pdf>
- L Pedreros et al, "NDT non-destructive test for quality evaluation of concrete specimens by ultrasonic pulse velocity measurement." in Expotecnología 2019, (pag 1-9.)
- Maldonado I., (2015). Lanzan campaña para el cuidado del agua y el Cañón del Sumidero. Tiempo y forma. <https://tiempoyforma.com/chiapas/publicacion/lanzan-campana-para-el-cuidado-del-agua-y-del-canon-del-sumidero>
- Martinez, E. (2019). ¿Qué está haciendo México para combatir la mala calidad del aire? Greenpeace <https://www.greenpeace.org/mexico/blog/2416/que-esta-haciendo-mexico-para-combatir-la-mala-calidad-del-aire/>
- MN del Golfo, (s.f.). Tipos de ladrillos y sus usos. Material de construcción. <https://www.mndelgolfo.com/blog/reportaje/tipos-de-ladrillos-y-sus-usos/>
- Nairobi, (Octubre, 2021). Informe de la ONU sobre contaminación por plásticos advierte sobre falsas soluciones y confirma la necesidad de una acción mundial urgente. Comunicado de Prensa. <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/informe-de-la-onu-sobre-contaminacion-por-plasticos>
- Normas Técnicas Complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería (2017).
- NMX-C-464-ONNCCE. (2021). *Normas y Especificaciones para estuios, proyectos, construcción e instalaciones*. Volumen 6. Edificación. Tomo V. Muros. Normatividad e Investigación.
- ONU ((Octubre, 2021). Informe de la ONU sobre contaminación por plásticos advierte sobre falsas soluciones y confirma la necesidad de una acción mundial urgente. Comunicado de Prensa. <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/informe-de-la-onu-sobre-contaminacion-por-plasticos>
- Ortiz, H. (s.f.). Contaminación en Chiapas exhibida a nivel mundial. Cuarto Poder de Chiapas. <https://www.cuartopoder.mx/chiapas/contaminacion-en-chiapas-exhibida-a-nivel-mundial/262188>
- Procuraduría General del Consumidor (2021). Contaminación por plástico. <https://www.gob.mx/profeco/es/articulos/contaminacion-por->

[plastico?idiom=es#:~:text=La%20pandemia%20mundial%20ha%20contribuido,los%20pl%C3%A1sticos%2C%20sobre%20todo%20desechables.&text=Los%20pl%C3%A1sticos%20de%20un%20solo.del%20pl%C3%A1stico%20de%20los%20mares](#)

- Ranniger, G., (2022). La contaminación por plásticos, explicada. Environmental Health News. <https://www.ehn.org/contaminacion-por-plasticos-2657476022.html>
- Redonde, J. (2018). Biodegradable, que es, ejemplos y ventajas de los materiales biodegradables. Erenovable.com. <https://erenovable.com/biodegradable-que-es/>
- Ríos, A. (2017). La basura en Chiapas. Diario Ultimátum. <https://ultimatumchiapas.com/la-basura-chiapas/>
- Rivas, M. y Garelli, O. (2021). Impacto de la contaminación por plásticos en la biodiversidad y patrimonio biocultural de México. Heirich Boll Stiftung. Ciudad de México. <https://mx.boell.org/es/2021/03/10/impacto-de-la-contaminacion-por-plasticos-en-la-biodiversidad-y-patrimonio-biocultural>
- Schimmeck, A., (2022). Basura tirada en un canal. Environmental Health News. <https://www.ehn.org/contaminacion-por-plasticos-2657476022.html>
- Secretaria de Economía (2013). Norma Mexicana NMX-AA-164-SCFI-2013. Edificación Sustentable- Criterios y Requerimientos Ambientales Mínimos. Pp. 3-9.
- Secretaria General de Gobierno. (2019, junio 19). Periódico Oficial. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. (pg.4).
- Semillero de Investigación en Monitoreo de Salud Estructural, Grupo de Investigación MEM (Modelado Electrónica y Monitoreo), Universidad Santo Tomás, Bogotá D.C. PROYECTO: MEDICIÓN DE VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN PROBETAS DE CONCRETO SIMPLE, 2020 (pag.6)
- Sistemas Estructurales, (2015). Ladrillo. <http://20161seimoph.blogspot.com/2015/11/ladrillo.html>
- UPC. Edu (s.f.). Método de ensayos ultrasónicos. Capítulo 3. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/6154/07.pdf?sequence=8&isAllowed=y>
- Velocidad de Pulso Ultrasónico en el Concreto. (2020, 19 agosto). Academia Hooke. Recuperado 6 de noviembre de 2022, de <https://academiahooke.com/velocidad-de-pulso-ultrasonico-en-el-concreto/>
- V. M. Malhortra and N. J. Carino, Handbook on Nondestructive Testing of Concrete, ASTM International – CRC Press LLC, 2004.
- Zea E, Alonso F & Mandujano Z. “Diseño y elaboración de adoquines no convencionales destinados al tránsito ligero mediante la reutilización de desechos plásticos”.; Congreso

Mesoamericano de investigación UNACH, dirección general de investigación y posgrado.
(2017)

- Zea J.A, D. Hernández, & Mandujano J.E. “Tabiques no convencionales a base de residuos plásticos, destinados a viviendas rurales”, XVI Congreso latinoamericano de patología de la construcción y XVIII de control de calidad en la construcción, 2021

ANEXO 1

TIPOS DE PIEZA

Siguiendo con las Normas, las piezas usadas en los elementos estructurales de mampostería deberán cumplir con la norma mexicana NMX-C-404-ONNCCE, y con la resistencia mínima a compresión para diseño indicada en el apartado de resistencia a compresión de este trabajo de investigación (punto 2.4). Los diferentes tipos de pieza a los cuales se refieren estas Normas están definidos en la citada norma mexicana.

El peso volumétrico neto mínimo de las piezas, en estado seco, será el indicado en la siguiente tabla.

Tabla 15. Peso volumétrico neto mínimo de piezas, en estado seco.

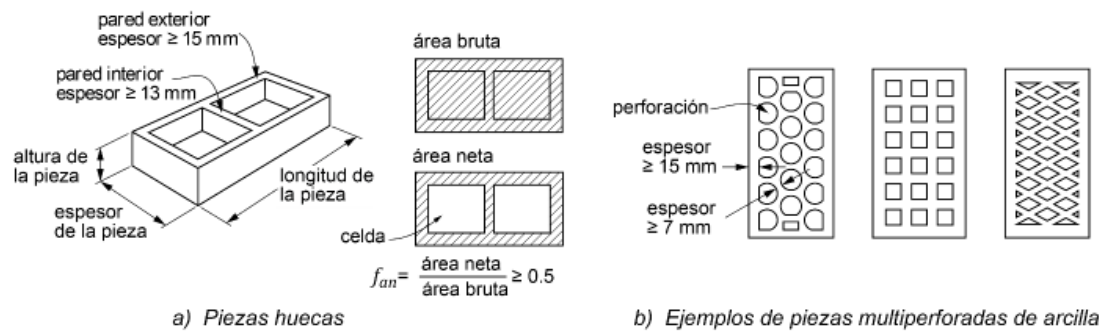
TIPO DE PIEZA	VALORES EN kn/m^3 (kg/m^3).
Tabique macizo de arcilla artesanal	13 (1300)
Tabique hueco de arcilla extruida o prensada	17 (1700)
Bloque de concreto	17 (1700)
Tabique macizo de concreto (tabicón)	15 (1500)

Fuente: Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (2017).

PIEZAS MACIZAS

Para fines de aplicación del Capítulo 4 de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo y de estas Normas, se considerarán como piezas macizas aquellas que tienen en su sección transversal más desfavorable un área neta de por lo menos 75 por ciento del área bruta, y cuyas paredes exteriores tienen espesores no menores que 20 mm.

FIGURA 53. PIEZAS.



Fuente: Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (2017).

PIEZAS HUECAS

Las piezas huecas a que hacen referencia las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (2017).y el Capítulo 4 de las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño por Sismo son las que tienen, en su sección transversal más desfavorable, una área neta de por lo menos 50 por ciento del área bruta; además, el espesor de sus paredes exteriores no es menor que 15 mm (figura 22). Para piezas huecas con dos hasta cuatro celdas, el espesor mínimo de las paredes interiores deberá ser de 13 mm. Para piezas multiperforadas, cuyas perforaciones sean de las mismas dimensiones y con distribución uniforme, el espesor mínimo de las paredes interiores será de 7 mm para piezas de arcilla y 10 mm para piezas de concreto. Se entiende como piezas multiperforadas aquéllas con más de siete perforaciones o alvéolos (figura 22). Se deberá cumplir, además, con los requisitos para el espesor de las paredes exteriores e interiores indicados en la NMX-C-404-ONNCCE para piezas huecas y multiperforadas.

Para fines de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (2017). sólo se permite usar piezas huecas con celdas o perforaciones ortogonales a la cara de apoyo.