

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DEL SUR DE GUANAJUATO



OPTIMIZACIÓN DE TABIQUE A BASE DE DESECHOS TEXTILES.

Opción 2: Titulación Integral - Tesis profesional.

Elaborada por:

Yulisa Montserrat Lara Guzmán.

Que presenta para obtener el título de:

INGENIERO AMBIENTAL

Asesor:

M.C. Susana Ramírez Guízar.

“OPTIMIZACION DE TABIQUE A BASE DE DESECHOS TEXTILES”

Elaborada por:

Yulisa Montserrat Lara Guzmán.

Aprobado por.....

M.C. Susana Ramírez Guízar
Docente de la carrera de Ingeniería Ambiental
Asesor de tesis profesional

Revisado por.....

Dr. Edgar Guadalupe Blanco
Jefe de división de la carrera de Ingeniería
Revisor de tesis profesional

Revisado por.....

Cielo Esmeralda Rodríguez
Docente de la carrera de Ingeniería
Revisor de tesis profesional



LIBERACIÓN DE PROYECTO PARA LA TITULACIÓN INTEGRAL

Uriangato, Gto. 27/Abril/2023

Asunto: Liberación de proyecto para la titulación integral

M.C. José Gabriel Aguilera González
Director Académico
ITSUR
PRESENTE

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral:

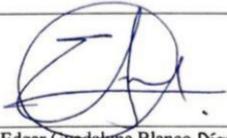
Nombre de estudiante y/o egresado(a): Yulisa Montserrat Lara Guzmán	
Carrera: Ing. Ambiental	Núm. de control: A16120334
Nombre del proyecto: Optimización de tabique a base de desechos textiles	
Producto: Tesis Profesional	

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestras y nuestros egresados.

ATENTAMENTE


Dr. Edgar Guadalupe Blanco
Jefe de División de Ing. Ambiental
ITSUR

La comisión revisora ha tenido a bien aprobar la reproducción de este trabajo.

		
M.C. Susana Ramírez Guízar	Dr. Edgar Guadalupe Blanco Díaz	Ing. Cielo Esmeralda Rodríguez

c.c.p.- Expediente

Julio 2017

Agradecimientos

Quiero agradecer principalmente a todos los docentes que me acompañaron durante este proceso, compartiendo sus conocimientos y ayudándome a mejorar como alumna y como persona. También a los amigos y compañeros que conocí durante este trayecto, que con el tiempo se hicieron lazos muy fuertes con cada uno de ellos. Por último, pero no menos importante a mi familia y a mi pareja que siempre han estado para mí brindándome su apoyo y confianza, por creer en mí, por estar siempre presentes en todo momento.

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado a mi familia, mi mamá y hermanos quien siempre han estado a mi lado, especialmente mi mamá quien fue mi guía, mi motivación, mi orgullo y mi apoyo en todo este camino, quien se ha esforzado y trabajado para que cada uno de sus hijos salgan adelante y quien me ha enseñado que todo se puede lograr en la vida con esfuerzo y dedicación.

Tabla de contenido

Capítulo 1	1
Introducción.	1
Capítulo 2.....	2
Marco teórico (Antecedentes).	2
Capítulo 3.....	23
Planteamiento del problema	23
3.1. Identificación.	23
3.2. Justificación.	23
3.3. Alcance.	23
Capítulo 4.....	24
Objetivos	24
4.1. Objetivos generales.	24
4.2. Objetivos específicos.	24
Capítulo 5.....	25
Metodología	25
Capítulo 6.....	29
Resultados	29
Capítulo 7	49
Análisis de Resultados.....	51
Capítulo 8.....	60
Conclusiones y trabajo a futuro.....	60
Referencias bibliográficas	61

Índice de figuras

Figura 1 (a). Extracción del mucilago de nopal empleando el (b) método de remojo.	29
Figura 2. Tela desechada y triturada por la maquina Overlock.	30
Figura 3. Tela cortada en trozos más pequeños.	30
Figura 4. Tela en remojo con el mucilago del nopal para un mejor mezclado con los otros materiales.	30
Figura 5. Primera serie de muestras secas.	31
Figura 6. Primera serie de muestras secas en distintos moldes.	31
Figura 7. Segunda serie de muestras con variación en los gramos añadidos de los distintos materiales.	33
Figura 8. Tercera serie de muestras con variación de gramos en la cantidad de cemento de cada muestra.	34
Figura 9. Muestras menos fragiles.	34
Figura 10. Muestras en capsulas de porcelana antes de ser secadas.	35
Figura 11. Muestras en mecheros para ser secadas.	35
Figura 12. Muestras ya secas empleando el mechero y retiradas de las capsulas de porcelana.	36
Figura 13. Muestras preliminares de mayor tamaño C, G y L.	37
Figura 14. Molde con medidas:16cm de largo, 8cm de ancho y 4cm de alto.	38
Figura 15. Vaselina en interior de molde.	38
Figura 16. Muestras expuestas al sol.	38
Figura 17. Medida individual de cada una de las muestras.	40
Figura 18. Muestras totales secas.	42
Figura 19. Muestras sumergidas en agua hasta quedar completamente inmersas.	43
Figura 20. Inmersión en agua a las 24 horas.	43
Figura 21. Prueba de inflamabilidad.	46
Figura 22. Resultados prueba inflamabilidad.	46
Figura 23. Radio quemado en centímetros.	46
Figura 24. Prueba de compresión.	48
Figura 25. Tabique a una dimensión mayor.	50

Figura 26. <i>Grafica presión tabique a mayor densidad.</i>	50
Figura 27. <i>Distribución de valores de densidad en forma de grafico de caja.</i>	52
Figura 28. <i>Comparación de muestras G, C y L.</i>	52
Figura 29. <i>Distribución de los valores por inmersión en agua en forma de grafico de caja.</i>	53
Figura 30. <i>Distribución de los valores de la prueba de inflamabilidad en forma de grafico de caja.</i>	55
Figura 31. <i>Distribucion de los valores de presiones en forma de grafico de caja.</i>	57
Figura 32. <i>Distribución de los valores de deformación (strain) en forma de grafico de caja.</i>	58
Figura 33. <i>Distribución de los valores de cargas en forma de grafico de caja.</i>	58

Índice de tablas

Tabla 1. Composición de la primera serie de muestras.	32
Tabla 2. Composición de la segunda serie de muestras.	33
Tabla 3. Composición de la tercera serie de muestras.	34
Tabla 4. Composición de la cuarta serie de muestras.	36
Tabla 5. Composición de muestras preliminares.	37
Tabla 6. Tabla control de elaboración de tabiques a escala real.	39
Tabla 7. Dimensiones y densidad de todas las muestras realizadas.	40
Tabla 8. Valores de peso seco (P_s) y peso húmedo (P_h) en gramos de 1 a 24 hrs.	44
Tabla 9. Valores obtenidos en la prueba de adsorción de agua de 1 a 24 hrs.	44
Tabla 10. Radios obtenidos de la prueba de inflamabilidad de las distintas muestras.	47
Tabla 11. Resultados prueba de compresión.	48
Tabla 12. Resultados Densidad. Valores con la misma letra son estadísticamente similares ($p=0.001$).	51
Tabla 13. Resultados prueba inmersión en agua. Valores con la misma letra son estadísticamente similares ($p=0.001$).	53
Tabla 14. Valores máximos de absorción inicial y absorción total de agua en 24 h (NMX-C-ONNCCE-2013).	54
Tabla 15. Resultados inflamabilidad. Valores con la misma letra son estadísticamente similares ($p=0.05$).	55
Tabla 16. Resistencia a la compresión (NMX-C-441-ONNCCE-2013).	56
Tabla 17. Resultados presiones. Valores con la misma letra son estadísticamente similares ($p=0.001$).	57
Tabla 18. Resultados deformación. Valores con la misma letra son estadísticamente similares ($p=0.001$).	57
Tabla 19. Resultados cargas. Valores con la misma letra son estadísticamente similares ($p=0.05$).	58
Tabla 20. Selección prototipo final.	59

Título de la tesis:

Optimización de tabique a base de desechos textiles.

Resumen y abstract:

Los desechos textiles son los restos de tela que quedan luego del corte o costura de todo tipo de prendas, esta cantidad de sobrantes son desechadas sin saber que se pueden reutilizar dando como consecuencia una problemática ambiental de la industria textil. Entre las entidades con mayor producción que se registra de esta industria es Guanajuato. Por lo que el principal objetivo de este proyecto es la reutilización de estos residuos elaborando tabiques ecológicos dar seguimiento al proyecto anterior "Elaboración de tabiques a base de desechos textiles" para obtener mejores resultados cuya elaboración tiene un impacto ambiental menor y un potencial económico prometedor al de un tabique convencional. Se realizó una serie de prototipos en los que se utilizó un material adicional en comparación con el trabajo anterior, que fue el cemento. El proyecto se efectuó en tres fases que fueron: abordo la experimentación y materiales; elaboración del producto a través de diferentes muestras para determinar proporciones adecuadas y una metodología para elaborarlos y la tercera fase de pruebas de calidad (Dimensiones y densidad, Absorción por inmersión en agua, Prueba de inflamabilidad y Resistencia a la compresión) que permitieron la caracterización y selección del mejor prototipo.

Abstract

Textile waste is the remains of fabric that remain after cutting or sewing all types of garments, this amount of leftovers are discarded without knowing that they can be reused, resulting in environmental problems in the textile industry. Among the entities with the highest production registered in this industry is Guanajuato. Therefore, the main objective of this project is the reuse of this waste by making ecological partitions to follow up on the previous project "Elaboration of partitions based on textile waste" to obtain better results whose elaboration has a lower

environmental impact and economic potential. promising to that of a conventional partition. A series of prototypes was made in which an additional material was used compared to the previous work, which was cement. The project was carried out in three phases that were: on board the experimentation and materials; elaboration of the product through different samples to determine adequate proportions and a methodology to elaborate them and the third phase of quality tests (Dimensions and density, Absorption by immersion in water, Flammability test and Compression resistance) that allowed the characterization and Selection of the best prototype.

Palabras claves (*keywords*)

Residuos textiles, Industria textil, Cemento, Reutilizar, Tabique ecológico.

Capítulo 1

Introducción.

La industria textil está basada principalmente en un modelo económico lineal, en el cual se generan enormes costos y desperdicios de recursos económicos y ecológicos. Este sector es considerado como uno de los principales consumidores de agua en el mundo (Shawab, 2016). Esta industria es la segunda más contaminante para el ambiente, después de la petrolífera. Lo más impactante es que la mayoría de los consumidores desconocen el impacto real (OCU, 2019).

En la Ciudad de México se desechan tres mil setecientos millones de toneladas de residuos textiles al año, sobre todo de ropa, así como cortinas, y sólo se recicla uno por ciento, revelan datos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. La Organización de las Naciones Unidas (ONU) considera que la producción en esta industria es de las más dañinas y contaminantes para el medio ambiente, ya que es responsable de 20 por ciento de las aguas residuales globales y 10 por ciento de las emisiones totales de carbono (Delgado, 2022).

Por ello, es importante que se desarrollen proyectos que busquen usos alternativos del desperdicio de desechos textiles. De acuerdo a las propiedades de los textiles como su alta resistencia y rigidez, propiedades de amortiguación y baja expansión térmica, son una buena alternativa para el área de la construcción (Cherif, 2016). En los últimos años se ha optado por buscar nuevas alternativas de materias primas en la fabricación y producción de ladrillos con el fin de minimizar la sobreexplotación de las minas de arcilla y la contaminación ambiental que genera esta industria y así mismo mejorar directamente el valor agregado a los residuos utilizados (Zúñiga *et al.*, 2017). En este proyecto se realizó una serie de muestras de tabique a base de estos desechos textiles.

Capítulo 2

Marco teórico (Antecedentes).

2.1 Historia y evolución del ladrillo/tabique.

El ladrillo es el material de construcción más antiguo fabricado por el hombre. En los primeros tiempos se comenzó elaborándolo en su forma cruda, que es el adobe. Su difusión se debió a que el hombre le dio tamaño que se acomodaba a su mano y para hacerlo recurrió a materias primas accesibles, que se pueden encontrar casi en cualquier parte (BIANUCCI,2009).

El ladrillo se trata de una pieza formada por un prisma rectangular la cual puede ser de diversos materiales que es utilizada para la construcción de muros y paredes. Se trata de una pieza fundamental para la construcción de la mayoría de obras arquitectónicas de la actualidad. Esta pieza tan utilizada se trata de uno de los productos más antiguos de nuestra historia. Se sabe que desde el año 9000 a.C., los ladrillos ya eran usados para la fabricación de las primeras viviendas de la historia.

A comparación del barro que también se tiene registro de ser un material comúnmente usado en la época para la construcción, el ladrillo resultaba ser más fácil de transportar, fortalecía las construcciones y ayudó a eliminar la necesidad de un soporte que sujetara ambos lados de la pared para mantenerla recta. Los ladrillos dieron a nuestros antepasados la posibilidad de resguardarse bajo estructuras que los protegían de los peligros de la intemperie, además de permitirle al hombre la construcción de templos y altares, de los que algunos han durado hasta la actualidad.

Como material para los primeros ladrillos, se sabe que nuestros antepasados utilizaban materiales como la arcilla secada al sol, que hoy conocemos como adobe.

A lo largo de todo este tiempo, los ladrillos han evolucionado, y hoy en día existen varios tipos de ladrillos que permiten una mejor adaptación al entorno y al tipo de construcción que se va a realizar (Ladrillera mecanizada, 2015).

El ladrillo ha sido uno de los inventos que más ha contribuido al desarrollo de las culturas. Aunque muchas veces pasa desapercibido, el ladrillo, en sus diferentes formas, está presente en cualquier lugar del mundo civilizado. Así, ha ido evolucionando a la vez que lo ha hecho la humanidad. Aunque al comienzo estaban hechos con materiales menos duraderos sirvieron para proteger al ser humano y para construir diversos monumentos, algunos todavía hoy están en pie.

A lo largo de unos 10.000 años, desde su invención hasta nuestros días, el ladrillo ha ido evolucionando según las necesidades del hombre. Comenzando por la invención del molde, más tarde con la cocción y la evolución de los hornos, la introducción del esmaltado, dar forma a los ladrillos para crear esculturas y la invención de difíciles diseños para unir juntas. Con el comienzo de la sedentarización en Mesopotamia prácticamente todo estaba hecho con arcilla, ya que era un material que se encontraba en abundancia. Desde aquí se expandió a Egipto, a China y poco más tarde a Europa a través de Grecia y Roma.

La arcilla para fabricar ladrillos fue utilizada ya por las poblaciones mesopotámicas hacia el 6000 a. C. La utilización de ladrillos se debía a que era más fácil transportarlos ya fabricados que cargar el barro al lugar de construcción. Los primeros ladrillos fueron de arcilla secada al sol, llamados adobe. Una de sus principales características era su fácil manejabilidad ya que podían colocarse con una sola mano. Los primeros poblados fueron amurallados para protegerse del exterior. Estos son anteriores a la época de la cerámica y de los metales. Aquí se han descubierto los ladrillos más antiguos, hechos de una forma tosca. El ladrillo más antiguo se encontró en Jericó, datando del 8300 a.C.

El ladrillo cocido empezó a utilizarse hacia 3500 a. C. Al cocerlos éstos consiguieron una resistencia parecida a la de la piedra, con la ventaja de que al ladrillo se le podía dar forma antes de cocerlo. Moldear ladrillos era más rápido y barato que tallar piedras. Esta técnica rebajó los precios enormemente. Tenían que tener cuidado al cocer los ladrillos. Si las temperaturas eran demasiado altas los ladrillos se deshacían. Por el contrario, si eran demasiado bajas el producto también se desmoronaba fácilmente.

El ladrillo cocido pasó a ser un producto muypreciado. Al comienzo, debido a su coste, solo era utilizado para la construcción de templos y palacios. Los ladrillos cocidos podían llegar a costar 30 veces más que los de barro. El ladrillo fue una parte esencial para los pueblos de Mesopotamia. Tanto es así que antes de poner los cimientos de cualquier edificio se depositaban ofrendas de comida y bebida. La puerta de Ishtar, en Babilonia, es una muestra de la perfección que llegó a alcanzar esta cultura respecto a la fabricación de ladrillos. Los ladrillos con relieve se fabricaban a mano y se esculpían en la arcilla húmeda, luego se dejaban secar antes de cocerlos, después se echaba el esmalte de colores con un líquido acuoso que se cristalizaba cuando se cocían (Honrados,2016).

2.2 Materiales de ladrillos convencionales.

La arcilla con la que se elabora los ladrillos es un material sedimentario de partículas muy pequeñas de silicatos hidratados de alúmina, además de otros minerales como el caolín, la montmorillonita y la illita. Se considera el adobe como el precursor del ladrillo, puesto que se basa en el concepto de utilización de barro arcilloso para la ejecución de muros, aunque el adobe no experimenta los cambios físico-químicos de la cocción. El ladrillo es la versión irreversible del adobe, producto de la cocción a altas temperaturas (Kornmann *et. al.*, 2007).

2.3 Tipos de ladrillo.

Según su forma, los ladrillos se clasifican en:

- *Ladrillo perforado*, que son todos aquellos que tienen perforaciones en la tabla que ocupen más del 10% de la superficie de la misma. Muy popular para la ejecución de fachadas de ladrillo visto.
- *Ladrillo macizo*, aquellos con menos de un 10% de perforaciones en la tabla. Algunos modelos presentan rebajes en dichas tablas y en las testas para ejecución de muros sin llagas.
- *Ladrillo tejar o manual*, simulan los antiguos ladrillos de fabricación artesanal, con apariencia tosca y caras rugosas. Tienen buenas propiedades ornamentales.
- *Ladrillo hueco*, son aquellos que poseen perforaciones en el canto o en la testa, que reducen el volumen de cerámica empleado en ellos. Son los que se usan para tabiquería que no vaya a sufrir cargas especiales. Pueden ser de varios tipos:
 - *Ladrillo Rasilla*, su grueso y su soga son mucho mayores que su tizón. Sus dimensiones habituales son 24 x 11.5 x 2.5
 - *Ladrillo hueco simple*, posee una hilera de perforaciones en la testa.
 - *Ladrillo hueco doble*, posee dos hileras de perforaciones en la testa (Kornmann *et. al.*, 2007).

2.4 Proceso de elaboración.

En cualquier fábrica de ladrillos, se lleva a cabo una serie de procesos estándar que comprenden desde la elección del material arcilloso, al proceso de empaquetado final. La materia prima utilizada para la producción de ladrillos es, fundamentalmente, la arcilla. Este material está compuesto, en esencia, de sílice, alúmina, agua y cantidades variables de óxidos de hierro y otros materiales alcalinos, como los óxidos de calcio y los óxidos de magnesio. Las partículas de materiales son capaces de absorber higroscópicamente hasta el 70% en peso, de agua. Debido a la característica de absorber la humedad, la arcilla, cuando está hidratada, adquiere la plasticidad suficiente para ser moldeada, muy distinta de cuando está seca, que presenta un aspecto terroso. Durante la fase de endurecimiento, por secado, o por cocción, el material arcilloso adquiere características de notable solidez con una disminución de masa, por pérdida de agua, de entre un 5 a 15%, en proporción a su plasticidad inicial.

Una vez seleccionado el tipo de arcilla el proceso puede resumirse en:

- Maduración
- Tratamiento mecánico previo
- Depósito de materia prima procesada
- Humidificación
- Moldeado
- Secado
- Cocción
- Almacenaje

Maduración

Antes de incorporar la arcilla al ciclo de producción, hay que someterla a ciertos tratamientos de trituración, homogeneización y reposo en acopio, con la finalidad de obtener una adecuada consistencia y uniformidad de las características físicas y químicas deseadas. El reposo a la intemperie tiene, en primer lugar, la finalidad de facilitar el desmenuzamiento de los terrones y la disolución de los nódulos para impedir las aglomeraciones de las partículas arcillosas. La exposición a la acción atmosférica (aire, lluvia, sol, hielo, etc.) favorece, además, la descomposición de la materia orgánica que pueda estar presente y permite la purificación química y biológica del material. De esta manera se obtiene un material completamente inerte y poco dado a posteriores transformaciones mecánicas o químicas.

Tratamiento mecánico previo

Después de la maduración que se produce en la zona de acopio, sigue la fase de pre-elaboración que consiste en una serie de operaciones que tienen la finalidad de purificar y refinar la materia prima. Los instrumentos utilizados en la pre-elaboración, para un tratamiento puramente mecánico suelen ser:

- *Rompe-terrones*: como su propio nombre indica, sirve para reducir las dimensiones de los terrones hasta un diámetro de, entre 15 y 30 mm.
- *Eliminador de piedras*: está constituido, generalmente, por dos cilindros que giran a diferentes velocidades, capaces de separar la arcilla de las piedras o chinicos.
- *Desintegrador*: se encarga de triturar los terrones de mayor tamaño, más duros y compactos, por la acción de una serie de cilindros dentados.

- *Laminador refinador*: está formado por dos cilindros rotatorios lisos montados en ejes paralelos, con separación, entre sí, de 1 a 2 mm, espacio por el cual se hace pasar la arcilla someténdola a un aplastamiento y un planchado que hacen aún más pequeñas las partículas. En esta última fase se consigue la eventual trituración de los últimos nódulos que pudieran estar, todavía, en el interior del material.

Depósito de materia prima procesada

A la fase de pre-elaboración, sigue el depósito de material en silos especiales en un lugar techado, donde el material se homogeniza definitivamente tanto en apariencia como en características físico químicas.

Humidificación

Antes de llegar a la operación de moldeo, se saca la arcilla de los silos y se lleva a un laminador refinador y, posteriormente a un mezclador humedecedor, donde se agrega agua para obtener la humedad precisa.

Moldeado

El moldeado consiste en hacer pasar la mezcla de arcilla a través de una boquilla al final de la extrusora. La boquilla es una plancha perforada que tiene la forma del objeto que se quiere producir.

El moldeado, normalmente, se hace en caliente utilizando vapor saturado aproximadamente a 130 °C y a presión reducida. Procediendo de esta manera, se obtiene una humedad más uniforme y una masa más compacta, puesto que el vapor tiene un mayor poder de penetración que el agua.

Secado

El secado es una de las fases más delicadas del proceso de producción. De esta etapa depende, en gran parte, el buen resultado y calidad del material, más que nada en lo que respecta a la ausencia de fisuras. El secado tiene la finalidad de eliminar el agua agregada en la fase de moldeado para, de esta manera, poder pasar a la fase de cocción. Esta fase se realiza en secaderos que pueden ser de diferentes tipos. A veces se hace circular aire, de un extremo a otro, por el interior del secadero, y otras veces es el material el que circula por el interior del secadero sin inducir corrientes de aire. Lo más normal es que la eliminación del agua, del material crudo, se lleve a cabo insuflando, superficialmente, al material, aire caliente con una cantidad de humedad variable. Eso permite evitar golpes termohigrométricos que puedan producir una disminución de la masa de agua a ritmos diferentes en distintas zonas del material y, por lo tanto, a producir fisuras localizadas.

Cocción

Se realiza en hornos de túnel, que en algunos casos pueden llegar a medir hasta 120 m de longitud, y donde la temperatura de la zona de cocción oscila entre 900 °C y 1000 °C.

En el interior del horno, la temperatura varía de forma continua y uniforme. El material secado se coloca en carros especiales, en paquetes estándar y alimentado continuamente por una de las extremidades del túnel (de dónde sale por el extremo opuesto una vez que está cocido).

Almacenaje

Antes del embalaje, se procede a la formación de paquetes sobre pallets, que permitirán después moverlos fácilmente con carretillas de horquilla. El embalaje consiste en envolver los paquetes con cintas de plástico o de metal, de modo que

puedan ser depositados en lugares de almacenamiento para, posteriormente, ser trasladados en camión (Kornmann et. al., 2007).

2.5 Contaminación en la elaboración de ladrillos.

En la elaboración de ladrillos son liberados humos con monóxidos de carbono, dióxidos, hidrocarburos y partículas de origen orgánico, con efectos que podrían ser cancerígenos. Uno de los aspectos peligrosos es que tales productos, fabricados con fibras vegetales y lodos, al ser incinerados liberan partículas carbonizadas que son carcinogénicas.

La contaminación del aire es de especial preocupación ya que afecta directamente el sistema respiratorio. De hecho, la Organización Mundial de la Salud OMS la considera como una de las 10 principales amenazas a la salud en el 2019, pues afirma que, nueve de cada diez personas respiran aire contaminado diariamente. Los contaminantes presentes en el aire afectan sistemas respiratorios y circulatorios, afectando los pulmones, el corazón y el cerebro, causando la muerte prematura de 7 millones de personas cada año. Los hornos normalmente usados en la fabricación de ladrillos emiten principalmente material particulado (MP), CO, SO₂, compuestos orgánicos volátiles, óxidos de nitrógeno (NOX) y metales pesados dependiendo del tipo de combustible quemado.

La investigadora de la Universidad de Guadalajara reiteró la necesidad de diseñar hornos de ladrilleras que funcionen con energía solar, ya que México es uno de los países que gozan de una mayor cantidad de horas de luz solar al día; éstos, además de disminuir los contaminantes, podrían reducir costos en la elaboración de estos productos (Universidad de Guadalajara, 2018).

2.6 Tabiques ecológicos.

Los ladrillos ecológicos son elementos de construcción fabricados con materiales reciclables que no degradan el medio ambiente. Su proceso de cocción no requiere de una gran cantidad de energía, por lo que reduce la emisión de contaminantes a la atmósfera. Es un tipo de ladrillos que posee menor peso, menor costo, conserva el calor y tolera diferentes agentes naturales y altas presiones. Por lo anterior, tienen una alta durabilidad y sirven como aislante térmico (Carrasco y Tinoco, 2018).

Son ladrillos producidos mediante formas de fabricación más respetuosas con el medioambiente que los ladrillos convencionales. Y esto implicaría emplear tanto materiales más sostenibles o no tan contaminantes, como procesos de elaboración que consuman menos recursos naturales y que conlleven una emisión de gases de efecto invernadero y CO₂ más reducida.

Pero también es necesario que este tipo de ladrillos ecológicos contemplen la sostenibilidad una vez que están en uso, tanto en los propios procesos de construcción y edificación de los edificios como una vez que estos son habitados; así como una vez que finaliza su vida útil y deben ser desechados, resultando menos contaminantes una vez que sus restos llegan al medio natural (En Estado Crudo, 2022).

Son considerados ladrillos ecológicos, los que incluyen un porcentaje de subproductos industriales. Pero también son ladrillos ecológicos los que se producen en la propia obra, por ejemplo, el adobe, un ladrillo de arcilla sin cocer. Fuera del ámbito de la construcción, los ladrillos de corcho, usados como bloque de yoga, también reciben el nombre de ladrillos ecológicos.

Los ladrillos ecológicos se definen como aquellos cuya fabricación no supone un impacto ambiental tan grande como el de los convencionales. Tanto el tipo de

materiales empleados como su proceso de fabricación y funcionalidad pueden determinar que los sean. Se encuentran ladrillos más ecológicos que otros, en función de su nivel de sostenibilidad en unos y otros aspectos. Por lo demás, los ladrillos verdes brindan la misma o incluso una mayor resistencia que los ladrillos tradicionales. Utilizados dentro de un plan arquitectónico de la bioconstrucción pueden ofrecernos las mismas cualidades estéticas y ventajas en cuanto a confort y seguridad (Isan, 2018).

2.6.1 Tipos de ladrillos ecológicos.

El ladrillo ecológico ha sido un gran aporte al sector de la construcción para cuidar el medioambiente. Su característica esencial se basa en el uso de materiales reciclables. Estos no requieren de mucha inversión y son de fabricación rápida. Además, son ligeros y pueden elaborarse en diferentes dimensiones según las necesidades de los diseños arquitectónicos (López y Rojas, 2019).

Ladrillo de cáñamo y paja

Son ladrillos hechos con materiales naturales y de fabricación artesanal, originarios de Granada, España. Se consiguen principalmente en Europa y Asia. Son fabricados con cáñamo, cal hidráulica natural y una mezcla de minerales y tierra de la zona. Se caracterizan por ser muy resistentes y por tener una alta capacidad aislante, lo que disminuye el consumo de energía en calefacción. Un ejemplo de estas construcciones, son las casas bioclimáticas construidas en España por el arquitecto Ricardo Higuera (Carrasco y Tinoco, 2018).

Ladrillos de tierra o arena comprimida

Este tipo de ladrillos ecológicos ofrecen una alta capacidad de aislamiento que es muy superior a otros tipos de ladrillos. Son muy populares en varias partes del mundo y se consiguen en Colombia. Se caracteriza por ser un ladrillo costoso y

más quebradizo que los convencionales, pero esto es compensado por su poder de aislamiento (Carrasco y Tinoco, 2018).

Ladrillos de adobe

Esta forma de creación de ladrillos es posiblemente la más antigua que existe, habiéndose encontrado evidencias de la existencia de edificaciones hechas con estos ladrillos hace más de 9000 años. Se trata de ladrillos hechos con barro sin cocer. Es decir, una mezcla de arcilla y arena que se seca simplemente al sol. Una forma de construcción ampliamente extendida por todo el mundo y que resulta especialmente eficiente y ecológica, ya que los ladrillos suelen hacerse tradicionalmente a pie de obra, en los mismos lugares de construcción de los edificios (En Estado Crudo, 2022).

Ladrillos hechos a partir de colillas de cigarrillo recicladas

Recientemente os hablamos también de ladrillos elaborados a partir de colillas de cigarrillo recicladas, como los desarrollados por el profesor de Ingeniería Civil de la Universidad Real Instituto de Tecnología de Melbourne, Abbas Mohajerani. Una interesante alternativa de ladrillos ecológicos que soluciona también en parte el grave problema de contaminación que tiene su origen en las colillas (En Estado Crudo, 2022).

Ladrillo de ceniza de carbón

Son elaborados de cenizas generadas por las industrias térmicas de carbón. Estas cuentan con un alto poder calórico que le confiere una mayor consistencia y que es aprovechado para su fabricación. Por eso, ofrecen mayor beneficio ecológico, pues utilizan un material reciclado y no requieren de altas cantidades de energía para su fabricación. Se consiguen en Colombia, sobre todo en la región de Boyacá (Aguilar, 2019).

Ladrillo ecológico negro

El ladrillo ecológico negro es una alternativa al tradicional, es más barato y no contamina. Este se fabrica principalmente en la India con celulosa proveniente de restos de papel y cartón reciclado, hidróxido de sodio, extracto de lima, y una pequeña cantidad de arcilla. Es uno de los ladrillos ecológicos que no consume grandes cantidades de energía, pues no necesita cocción porque se endurece a temperatura ambiente (Ecoinventos, 2019).

Ladrillos de plástico reciclado

Este tipo de ladrillos son elaborados con plástico reciclado de residuos domésticos como envases plásticos, tapas, bolsas de supermercado, plásticos para envolver, cartón y papel. Son conocidos como Eco ladrillos y son utilizados para construcciones pequeñas como muros, jardines verticales o casas unitarias. Estos se fabrican en Colombia llenando envases de plástico con materiales inorgánicos, haciendo moldes de cemento y arena para rellenar los huecos. Se caracterizan por ser más livianos y tener una buena resistencia y trabajabilidad (Gareca *et al.*, 2020).

2.6.2 Ventajas que ofrecen los ladrillos ecológicos.

- Tienen un impacto ambiental más bajo: en consumo energético, consumo de recursos naturales, nivel de emisiones de CO2 asociado, uso y desecho de materiales contaminantes, etc.
- Suelen ofrecer capacidades aislantes iguales y en algunos casos muy superiores a las de los ladrillos convencionales. Así, una vez incorporados a las edificaciones ofrecen un mayor nivel de protección acústica, térmica y contra la humedad. Por lo que no solo ahorran en materiales de

- revestimiento extra, sino que también mejoran la eficiencia energética de los edificios que los incorporan.
- Ofrecen una alternativa estética mucho más adecuada para ciertas construcciones, como, por ejemplo, aquellas de tipo rústico o rural, como casas de campo, refugios, etc.
- En muchas ocasiones, estos ladrillos ecológicos se producen a partir de materiales de desecho y empleando métodos de elaboración artesanos, por lo que su producción puede resultar incluso más económica (En Estado Crudo, 2022).

2.6.3 FabBRICK, un ladrillo hecho a base de ropa reciclada.

La arquitecta Clarisse Merlet, creadora de FabBRICK, ideó una manera totalmente innovadora de reutilizar las prendas de vestir: creando ladrillos a base de los textiles que han sido previamente tirados a la basura. Mundialmente, el 20% de toda la producción de desechos viene de la industria textil y de la moda. Solamente en Europa, se desechan aproximadamente 4 millones de toneladas de textiles al año.

Toda la basura generada normalmente termina en vertederos, en donde se puede demorar hasta 200 años en descomponerse, dependiendo de los materiales utilizados para su fabricación. Se investigaron nuevos materiales de construcción cuando se le ocurrió la idea de fabricar ladrillos a base de textiles reciclados y pegamento ecológico como una manera de reducir la polución producida por esta industria, ya que la mayoría de la ropa está hecha a base de materiales sintéticos y no biodegradables, como el poliéster y el nylon.

El resultado de esta idea fue el nacimiento de FabBRICK, ladrillos hechos a base de ropa reciclada que responden bien al fuego y resisten la humedad, además de

ser muy buenos aislantes al calor o al frío, e incluso al sonido. En Francia, hay contenedores en las calles destinados a recoger ropa usada en buen o mal estado para su posterior reciclaje. FabBRICK recibe los textiles despedazados de una compañía que se encarga de recolectarlos, hechos de ropa que estaba en muy mal estado y que no podía revenderse.

El proceso para obtener un ladrillo FabBRICK comienza al escoger el color de los textiles que van a ser utilizados para hacer el ladrillo. La tela denim, al ser hecha 100% de algodón, se usa muchísimo, por ser la mejor para aislar tanto el clima como el ruido. Después, se pesa la cantidad deseada de textiles (para que cada ladrillo pese lo mismo) y se mezcla con el pegamento ecológico, hecho de ingredientes de origen biológico y no contaminantes. Este pegamento también asegura que los ladrillos sean impermeables y resistentes al fuego. Luego, los ladrillos se deben comprimir con una máquina que, por cierto, inventó ella también. Esta no usa ningún tipo de energía y se usa manualmente, de manera mecánica. Los ladrillos se dejan secar (de manera natural) por dos semanas, y luego estarán listos para su uso. Actualmente se están utilizando para decoración, o para construir paredes de partición y muebles (FabBRICK,2021).

2.7 Industria textil.

La industria textil es el sector de la industria manufacturera dedicado a la producción de fibras (naturales y sintéticas), telas, hilados y otros productos vinculados con la ropa y la vestimenta. Suele abarcar la fabricación de ropa, piezas de vestir e incluso zapatos, y su labor se desarrolla en fábricas textiles o maquilas. La industria textil es una de las actividades económicas más importantes en el mundo entero. Por eso, brinda trabajo a enormes sectores de la población en cada país, ya que sus productos suelen comercializarse a un ritmo constante y masivo. Es fuente de enormes controversias, dado que su empleo de maquinaria liviana permite una constante deslocalización geográfica, lo cual a veces se traduce en

condiciones laborales y salariales indignas. Por otro lado, se habla de sectores textiles para referirse a los distintos componentes o estaciones de la producción textil, que directamente componen la industria. Tales como:

- **Producción de fibras.** La obtención por medios naturales o artificiales de la materia prima para elaborar los productos textiles.
- **Hilandería.** Etapa de tratamiento de las fibras y obtención de los hilos básicos para la manufactura de las telas.
- **Tejeduría.** Proceso de elaboración de las telas mediante el tejido de los hilos de fibra.
- **Tintorería.** Etapa en la que se tiñen las telas y se lleva a cabo el acabado final de las mismas.
- **Confección y costura.** Sector en el que se diseñan, cortan y cosen las piezas de cada prenda de vestir, a partir de telas ya finalizadas. Se divide en alta y baja costura.
- **No tejidos.** Sector de manejo de elementos no textiles o de elaboración de telas sin requerir de hilos y fibras (Editorial Etecé, 2021).

2.7.1 Historia de la industria textil.

La industria textil, tradicionalmente, fue un campo de trabajo femenino que tenía lugar en los propios hogares y cuya producción era, en el mejor de los casos, artesanal. Las telas así producidas eran luego derivadas a un sastre o costurero, encargado de manufacturar las piezas de ropa a la medida del cliente adinerado, o de hacer piezas regulares destinadas al uso del vulgo.

El crecimiento de la población y de la economía durante las primeras etapas de la Revolución Industrial condujeron a la instalación de talleres (telares) en los que podía producirse telas de manera constante, empleando todavía labores manuales y una gran cantidad de trabajadores textiles.

Estas condiciones cambiaron radicalmente cuando en el siglo XVIII y especialmente el XIX, surgieron los primeros ingenios tecnológicos industriales, destinados a agilizar y masificar la producción de textiles. Estas herramientas modernizaron la industria textil y permitieron la manufactura masiva de telas, aunque al costo de reducir la cantidad de trabajadores.

Hubo reacciones en contra de la llegada de esta tecnología, como fueron las violentas manifestaciones luditas, pero las ventajas de la nueva industria mecanizada eran innegables y terminaron por imponerse hasta nuestros días.

La industria textil fue la primera de las industrias en desarrollarse, cuando en 1733 surgió la primera lanzadera volante de John Kay.

Ya en 1800 había en Gran Bretaña solamente unos 350.000 trabajadores textiles, repartidos entre hilados y tejidos. A principios del siglo XIX, el 40% de las exportaciones de esta nación consistían en tejidos (Editorial Etecé, 2021).

2.7.2 Países con industria textil fuerte.

La industria textil es muy robusta en países como China, el mayor productor textil del mundo entero y el principal exportador de tejidos y prendas acabadas.

También está muy desarrollada Estados Unidos, India, y desde 2010 se suman a la lista Marruecos, Vietnam, Tailandia, Pakistán, Bangladesh, Turquía y Corea del Sur, así como Perú, Brasil, México e Indonesia, en menor medida (Editorial Etecé, 2021).

2.7.3 Industria textil en MEXICO.

En el caso de México, la industria textil representa una importante porción de su PIB. Tradicionalmente ocupado por mujeres, este sector se desarrolló de manera continua y desregulada hasta 2009, año en que entró en crisis, y se caracterizó por bajos salarios, mínimas reivindicaciones laborales y nula protección ambiental.

Sin embargo, gracias esta industria pujante México se encuentra entre las potencias textiles del mundo, especialmente en el sector de las fibras sintéticas, de las cuales es el quinto proveedor a nivel mundial, exportando 4.695 millones de dólares anuales. La industria textil en México cuenta con empresas inclinadas hacia la producción de fibras sintéticas y naturales, telas e hilados y por supuesto, las que están relacionadas con la confección de calzado y prendas de vestir. Por ende, se puede decir, que todo lo producido por esta industria forma parte de nuestro día a día.

En la actualidad, uno de los factores que le dan gran importancia a esta industria es que todos los materiales que son la base de su producción son de consumo masivo, lo que genera enormes cantidades de empleos directos o indirectos.

Este sector productor es catalogado como uno de los pilares de la economía mexicana, por lo que juega un papel muy importante y aquí te contamos un poco más. La industria textil a nivel nacional, es una de las más prósperas e indispensables, no sólo por generar millones de pesos en ingresos para la economía del país, sino también por ser una fuente generadora de empleos para la población mexicana. Esta industria cubre una de las necesidades más evidentes de todos los habitantes como lo es vestirse. Por lo tanto, es importante destacar que las prendas y el calzado juegan un papel esencial dentro de la industria textil, puesto que estos tienen un amplio campo en el mercado. Pero si hablamos de economía, gracias a las exportaciones, este sector ha generado 4.695 millones de dólares y ha conseguido ser el quinto proveedor a nivel mundial en el mercado textil. Aunque países como Estados Unidos y China también realizan importaciones, México ha destacado en cuanto a lo que respecta la producción nacional.

En el mercado existe una gran demanda de fibras, telas, prendas y calzado, por esto, la industria textil siempre tendrá un amplio campo de trabajo y producción, dejando grandes ganancias y alimentando así la economía del país (Editorial Etecé, 2021).

2.8 Desechos textiles.

Los residuos textiles se componen principalmente de prendas de vestir en desuso, calzado y telas que provienen de uso doméstico (pantalones, camisas, camisetas, abrigos, zapatos, sábanas, toallas y otros). En un alto porcentaje se trata de materiales reciclables, pero solo se recuperan para hacer ropas nuevas menos del 1%, según Circular Fibres Initiative, lo que supone una pérdida anual de más de 100.000 millones de dólares en materiales que no se aprovechan. Se estima que el 87% de los desechos textiles se queman en vertederos o va a parar a los mares (CIPA,2021).

2.8.1 Gestión de desechos textiles.

Cuando el poseedor ya no necesita o quiere los productos textiles y el calzado, la mejor alternativa es darles un segundo uso de forma directa, como, por ejemplo, donándolos. Si no es posible darles un uso de forma directa, los residuos textiles se deben gestionar de forma diferenciada a través de sistemas de recogida específicos. Esto permite reducir la cantidad de residuos que se deposita en vertederos (Chavicar, 2008).

2.9 Contaminación por la industria textil y sus residuos.

El impacto ambiental de la industria textil es de alcance global. Solo en la Unión Europea ese efecto ambiental representa, en algunos casos, un 2% y en otros, hasta un 10%, en los países productores, donde la huella de carbono y los efectos sobre el agua son mucho mayores. Para la confección de hilados en fibras, tejidos y teñidos, entre otros procesos, se invierten grandes cantidades de agua. Algo similar ocurre con la producción de algodón no sostenible, en que también se gastan pesticidas y fertilizantes (El Ágora, 2021).

Un estudio de la ONU de 2019, concluyó que la producción de ropa en el mundo se duplicó entre 2000 y 2014 y que se trata de una industria «responsable del 20% de las aguas residuales a nivel global». Así, para fabricar una camiseta de algodón, se invierten 2.700 litros de agua dulce, lo que equivale a la cantidad de agua que necesita consumir una persona en 2 años y medio de su vida (Europarl.eu 2019).

Según la Agencia Internacional de la Energía, en 2015 la producción textil emitió el equivalente a 1,2 billones de toneladas de CO₂, más que la suma de lo expulsado a la atmósfera por el transporte marítimo y por la aviación internacional juntos. Y el lavado de materiales sintéticos, podría generar hasta 0,5 millones de toneladas de microfibras al año que terminarían en los océanos, lo que representa el 35% de los micro plásticos liberados en el medio ambiente (AEMA, 2019).

Además, la industria de la moda global también se ha visto afectada por el bienestar animal y problemas de derechos humanos en los procesos de fabricación de sus productos.

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) señaló en un reporte que, dado que los consumidores exigen un cambio cada vez mayor, muchas empresas reconocen los problemas y parecen ansiosas por considerar la sostenibilidad como el nuevo “negocio” (Staff, 2019).

2.10 Elaboración de tabique a base de desechos textiles (Proyecto anterior).

Se elaboraron tabiques ecológicos a partir de residuos textiles, cuya elaboración tuvo un impacto ambiental mínimo y un potencial económico prometedor. Se realizó un prototipo mediante tres fases que fueron: Primer fase abordó la experimentación y materiales; Segunda fase que desarrolló la elaboración del producto a través de diferentes muestras para determinar proporciones adecuadas y una metodología para elaborarlos y Tercera fase que se realizaron pruebas de

calidad (Dimensiones y densidad, Absorción por inmersión en agua, Prueba de inflamabilidad y Resistencia a la compresión) que permitieron la caracterización y selección del mejor prototipo.

Los resultados respecto en dimensiones y densidad presentaron variaciones considerables en las medidas, de tal manera que se manifestó un incremento en los laterales y en su volumen, estos incrementos podrían deberse a la exposición solar durante el secado. Igualmente se observaron variaciones en los acabados de algunas de las muestras, como bordes irregulares y bultos.

En la prueba de Absorción por inmersión de agua se obtuvo como resultado que a partir de la absorción de más de medio litro de líquido estas muestras comenzaron a deformarse hasta desbaratarse por completo a las 24 horas de remojo.

En la prueba de inflamabilidad los radios de quemado obtenidos mostraron como las llamas presentan un grado de propagación uniforme con respecto al punto de contacto, Se observó como las llamas se propagan con rapidez, pero tardan un tiempo considerable en comenzar a consumir la muestra.

En la última prueba que fue La resistencia a la compresión, las muestras presentaron tres puntos de interés los cuales se denominaron como: Punto de No Retorno (PNR), Punto de Inflexión (PI) y Punto de Carga Máxima (PCM). El PNR representa el momento en cual si la presión ejercida sobre la muestra continúa aumentando esta será incapaz de recobrar su forma original; mientras que, el PI es el momento donde la presión ejercida interrumpe su ritmo y manifiesta un decaimiento en su capacidad de soportar más presión; por otra parte, el PCM será aquel donde la carga ejercida ha superado la resistencia de la muestra (Zavala *et al.*, 2022).

Capítulo 3

Planteamiento del problema

- 3.1. Identificación.** El impacto ambiental de la industria textil se extiende por todo su “ecosistema comercial”: desde la producción, distribución y exhibición hasta la adquisición, los procesos de cuidado y lavado y, finalmente, su desecho, siendo uno de los principales generadores de residuos sólidos. Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU), la industria de la moda es la segunda más contaminante del planeta: produce más emisiones de carbono que todos los vuelos y transportes marítimos internacionales juntos, es considerada como una de las industrias más dañinas y contaminantes para el medio ambiente, por lo cual se ha hecho inminente la creación de programas, leyes y proyectos que busquen mitigar la generación y acumulación de estos residuos.
- 3.2. Justificación.** De acuerdo a las características de los textiles como su alta resistencia y rigidez, propiedades de amortiguación y baja expansión térmica estos desechos son una buena alternativa para el área de construcción.
- 3.3. Alcance.** El motivo principal de la investigación de este trabajo es la elaboración de un prototipo de tabique ecológico de residuos textiles optimizado que tenga las características suficientes para ser empleado en pequeños trabajos de construcción y decoración de interiores.

Capítulo 4

Objetivos

4.1. Objetivo general.

- ✓ Optimización de tabique a base de desechos textiles, mejorando la resistencia de estos.

4.2. Objetivos específicos.

- ✓ Identificar nuevos materiales que mejoren las características físicas del tabique.
- ✓ Realizar varios prototipos para ver sus diferentes características físicas.
- ✓ Realizar pruebas de calidad que permitan ver que prototipo tiene las mejores características físicas.
- ✓ Determinar aquel prototipo de tabique cuya mezcla haya sido el mejor acorde a las pruebas.

Capítulo 5

Metodología

El presente proyecto se llevó a cabo en las instalaciones del Instituto Tecnológico del Sur de Guanajuato (ITSUR) ubicado en la Av. Educación Superior No. 2000 Col. Benito Juárez, Uriangato Gto. México.

5.1 Fase 1: Experimentación y materiales.

1.-Extraccion de mucilago de nopal.

Uno de los principales componentes para la elaboración del tabique es el mucilago de nopal, se seleccionó el método que brindo los mejores resultados en términos de eficiencia y rendimiento.

Método en remojo.

1. Una vez cortados en trozos se pusieron en cristalizadores de vidrio de 250 X 100 MM los cuales se rellenaron con agua, un cristalizador con nopal por dos de agua.
2. El recipiente se colocó en un lugar fresco (Refrigerador) y se dejó reposar durante 24 horas.
3. Después de las 24 horas el contenido se filtró y coloco en otro recipiente para poder separar el mucilago del nopal.

2.- Selección de telas.

Debido a que los tabiques serán elaborados a partir de desechos textiles fue necesario tomar muestras de estos desechos mayormente empleadas y desechadas en la localidad. Se consiguieron muestras de telas de diversos talleres de costura que suelen ser quien mayormente genera estos residuos.

Las telas fueron limpiadas y separadas de objetos plásticos o cualquier otro residuo (basura) que se haya revuelto al ser desechada, una vez limpiada la tela, se cortó en pedazos más pequeños para que nos permita manipular la mezcla en mayores cantidades sin problemas o que genere obstrucciones.

3.- Serie de muestras con materiales variados.

Considerando los resultados del proyecto anterior, se procedió a experimentar con distintos materiales a través de pequeñas muestras que nos permitan observar su compatibilidad con las telas. Para la realización de esta serie de muestras se consideraron distintos materiales como: Cemento, Pegamento de madera, Yeso, Pega azulejo y Tela, así como otra variación en gramos de los distintos materiales los cuales fueron agregados a la mezcla a una determinada cantidad de tela para formar muestras de diferentes dimensiones. El cemento como el material que dio mejores resultados hablando en términos de características físicas en las pequeñas muestras realizadas, entonces se variaron los gramos en Cemento, pegamento de madera y Tela para poder llegar a una cantidad adecuada y poder encontrar el mejor prototipo dejando secar al sol estas muestras.

4.- Muestras preliminares de mayor tamaño.

Posteriormente, se realizaron muestras más grandes para poder observar si los resultados obtenidos anteriormente cambian o se mantienen en una escala mayor. Para ello se realizaron una serie de cálculos para determinar las cantidades exactas a mayor escala para elaborar las mezclas.

5.2 Fase 2: Elaboración del producto.

1.-Selección del molde.

Se buscó moldes de plástico con las características similares a la forma de un tabique convencional, se encontró el molde adecuado con las medidas siguientes: 16cm de largo, 8cm de ancho y 4cm de alto.

2.-Elaboracion de tabiques.

Una vez que se seleccionó el molde y se eligieron las muestras con mejores resultados aparentes, se elaboraron las muestras de tabiques a una escala de producto real.

5.3 Fase 3: Pruebas de calidad.

Las pruebas de calidad tienen por objeto la caracterización de un producto con base en diferentes aspectos donde por lo general lo más mencionado son las propiedades físicas y mecánicas.

1.- Dimensiones y densidad.

Tomar medidas de Largo, Ancho y Altura a cada uno de los tabiques de muestra para poder determinar su volumen. Una vez calculado el volumen de cada muestra, pesarlas para determinar su peso másico y así poder calcular su densidad.

2.- Absorción por inmersión en agua.

Las muestras son colocadas en recipientes llenos de agua y sumergidas hasta quedar completamente inmersas. Al cabo de 1 hora, 2 horas, 3 horas, 4 horas y 24 horas de inmersión se tomaron las medidas correspondientes para lo cual la muestra es extraída con cuidado, dejándola por unos segundos escurriendo el exceso de líquido para después de que la muestra haya dejado de escurrir pueda ser colocada en la balanza, medir el peso másico nuevo y ser regresada con cuidado al agua.

3.- Prueba de inflamabilidad.

La muestra es colocada sobre una estructura metálica o base elevada que permita el posicionamiento por debajo de un mechero de gas que al ser encendido permita tanto el contacto de la flama con la muestra, así como la fácil observación del contacto. Se temporizo el tiempo de exposición directa por 1 minuto y después se retiró la muestra del fuego. Se toma como referencia medible el radio quemado en

centímetros, así como las observaciones con respecto a los parámetros cualitativos de interés.

4.-Resistencia a la compresión.

Se empleó una prensa electrónica de grado industrial, donde fueron colocadas cada una de las distintas muestras sobre la zona correspondiente y posicionada en el centro con respecto al embolo para poder realizar la prueba de compresión y poder observar si hay signos de fractura o deformación.

5.- Análisis estadístico.

Se realizó un análisis estadístico a través del programa R-Studio para poder tener una mejor visualización de los resultados obtenidos en cada una de las pruebas realizada.

Capítulo 6

Resultados

6.1 Fase 1: Experimentación y materiales.

1.-Extracción de mucilago.

El método de remojo (Figura 1-a.) fue utilizado para la extracción del mucilago del nopal, para esta obtención primero se lavaron muy bien las pencas, una vez limpias se cortaron en cuadros pequeños para después meterlos en los recipientes utilizados que fueron los cristalizadores, se le agregó el agua para dejarlas remojando en un lapso de 24 horas. Después de este tiempo, se utilizó un colador para separar el musgo de los cuadros pequeños del nopal como se muestra en la Figura 1(b).



Figura 1. (a) Extracción del mucilago de nopal empleando el (b) método de remojo.

2.-Selección de telas.

Se recolectaron distintos tipos de tela de algunos de los talleres de la entidad de Uriangato Gto. preferentemente de los desechos producidos en la maquina Overlock ya que estos tienden a estar un poco más triturados como se muestran en la Figura 2, una vez recolectada la tela, se procedió a cortar en trozos un poco más pequeños (Figura 3) para un mejor mezclado con los otros materiales. Una vez lista la tela se agregó al recipiente donde se puso el mucilago y se dejó remojar 20 minutos como se muestra en la Figura 4.



Figura 2. Tela desechada y triturada por la maquina Overlock.



Figura 3. Tela cortada en trozos más pequeños.



Figura 4. Tela en remojo con el mucilago del nopal para un mejor mezclado con los otros materiales.

3.- Primera serie de muestras con materiales variados.

Para esta primera serie de muestras se utilizaron los siguientes materiales: yeso, pega azulejo, pegamento de madera y tela. Se realizaron 14 muestras en total las cuales se dejaron aproximadamente 5 días secar a temperatura ambiente, una vez secas se pudieron observar sus características físicas que no en todas las muestras dieron buenos resultados como se puede ver en las Figuras 5 y 6.



Figura 5. Primera serie de muestras secas.



Figura 6. Primera serie de muestras secas en distintos moldes.

A continuación, se muestra una tabla de las muestras realizadas y composición de las mismas.

Tabla 1. Composición de la primera serie de muestras.

Letra de identificación	Composición de la muestra
A	72% Tela, 28% Pega azulejo.
B	50% Tela, 50% Pegamento de madera.
C	50% Tela, 50% Pegamento de madera.
D	56% Tela, 22% Pega azulejo, 22% Pegamento de madera.
E	25% Tela, 50% Pega azulejo, 25% Pegamento de madera.
F	25% Tela, 25% Pega azulejo, 50% Pegamento de madera.
G	33% Tela, 33% Pega azulejo, 33% Pegamento de madera.
H	50% Tela, 50% Pega azulejo.
I	50% Tela, 50% Yeso.
J	33% Tela, 33% Yeso, 33% Pegamento de madera.
K	25% Tela, 50% Yeso, 25% Pegamento de madera.
L	50% Tela, 25% Yeso, 25% Pegamento de madera.
M	25% Tela, 25% Yeso, 50% Pegamento de madera.
Ñ	25% Tela, 25% Yeso, 25% Pega azulejo, 25% Pegamento de madera.

4.- Segunda serie de muestras con materiales variados.

Para esta segunda serie de muestras se utilizaron los mismos materiales que en la primera serie de muestras, lo único que se modificó fue los gramos de cada uno de los materiales. También se dejaron secar aproximadamente 5 días a temperatura ambiente, en la Figura 7 se puede ver los resultados obtenidos donde las muestras con la letra A, G, I y L fueron mejor en adherencia de todos los materiales a diferencia de las otras muestras.



Figura 7. Segunda serie de muestras con variación en los gramos añadidos de los distintos materiales.

A continuación, se muestra una tabla sobre la composición de esta segunda serie de muestras.

Tabla 2. Composición de la segunda serie de muestras.

Letra de identificación	Composición de la muestra
A	69% Tela, 31% Azulejo.
B	63% Tela, 37% Pegamento de madera.
C	50% Tela, 50% Pegamento de madera.
D	56% Tela, 22% Pega azulejo, 22% Pegamento de madera.
E	25% Tela, 25% Pega azulejo, 50% Pegamento de madera.
F	33% Tela, 33% Pega azulejo, 33% Pegamento de madera.
G	69% Tela, 31% Cemento.

H	52% Tela, 24% Cemento, 24% Pegamento de madera.
I	33% Tela, 33% Cemento, 33% Pegamento de madera.
J	33% Tela, 33% Pega azulejo, 33% Cemento.
K	25% Tela, 25% Pega azulejo, 25% Cemento, 25% Resistol.
L	70% Tela, 15% Cemento, 15% Pegamento de madera.

5.- Tercera serie de muestras con materiales variados.

Para la realización de esta tercera serie de muestras, se eligió el cemento como el mejor material para la elaboración de estos, se variación las cantidades de gramos para poder obtener una cantidad adecuada, unas muestras salieron más frágiles que otras como se muestran en las Figuras 8 y 9.



Figura 8. Tercera serie de muestras con variación de gramos en la cantidad de cemento de cada muestra.



Figura 9. Muestras menos frágiles.

A continuación, se muestra una tabla con las composiciones de estas muestras.

Tabla 3. Composición de la tercera serie de muestras.

Letra de identificación	Composición de la muestra
A	40% Tela, 40% Cemento, 20% Pegamento de madera.

B	57% Tela, 28% Cemento, 15% Pegamento de madera.
C	57% Tela, 15% Cemento, 28% Pegamento de madera.
D	50% Tela, 37% Cemento, 13% Pegamento de madera.
E	40% Tela, 40% Cemento, 20% Pegamento de madera.
F	50% Tela, 25% Cemento, 25% Pegamento de madera.
G	71% Tela, 10% Cemento, 19% Pegamento de madera.

6.- Cuarta serie de muestras con materiales variados.

Para la realización de esta cuarta serie de muestras se eligieron la I y L de la segunda serie y la B, C, D, F y G de la tercera serie para hacerlas de nuevo con la intención de obtener un mejor resultado usando nuevos moldes (capsulas de porcelana) y cambiando la forma de secado usando los mecheros a diferencia de las anteriores series de muestras que se dejaron secar al sol como se muestra en las Figuras 10 y 11, lo cual no dio buenos resultados ya que quedo un poco quemada la tela y con mal aspecto como se muestra en la Figura 12.



Figura 10. Muestras en capsulas de porcelana antes de ser secadas.



Figura 11. Muestras en mecheros para ser secadas.



Figura 12. Muestras ya secas empleando el mechero y retiradas de las capsulas de porcelana.

A continuación, se muestra una tabla con las composiciones de estas muestras.

Tabla 4. Composición de la cuarta serie de muestras.

Letra de identificación	Composición de la muestra
I	33% Tela, 33% Cemento, 33% Pegamento de madera.
L	50% Tela, 25% Cemento, 25% Pegamento de madera.
B	57% Tela, 28% Cemento, 15% Pegamento de madera.
C	57% Tela, 15% Cemento, 28% Pegamento de madera.
D	50% Tela, 37% Cemento, 13% Pegamento de madera.
F	60% Tela, 20% Cemento, 20% Pegamento de madera.
G	71% Tela, 10% Cemento, 19% Pegamento de madera.

7.- Quinta serie de muestras con materiales variados.

Para la realización de esta quinta serie de muestras se repitieron las mismas muestras de la serie anterior ya que el método de secado utilizado no resulto como se esperaba, se hicieron de nuevo para ahora dejarlas secando al sol como se estaba haciendo en un inicio.

Ya secas estas muestras, se eligieron tres de estas (C, G, L) para iniciar con la realización a un mayor tamaño.

8.- Muestras preliminares de mayor tamaño.

Posteriormente, se realizaron muestras más grandes con las tres elegidas para poder observar si los resultados obtenidos anteriormente cambian o se mantienen en una escala mayor (Figura 13). Para ello se realizaron una serie de calculas para determinar las cantidades exactas a mayor escala para elaborar las mezclas.



Figura 13. Muestras preliminares de mayor tamaño C, G y L.

A continuación, se muestra una tabla con las composiciones a mayor escala.

Tabla 5. Composición de muestras preliminares.

Letra de identificación	Composición de la muestra
C	57% Tela, 14% Cemento, 29% Pegamento de madera.
G	71% Tela, 10% Cemento, 19% Pegamento de madera.
L	70% Tela, 15% Cemento, 15% Pegamento de madera.

5.2 Fase 2: Elaboración del producto.

1.-Selección del molde.

Se eligió un molde con las características similares a la forma de un tabique convencional, con las medidas siguientes:16cm de largo, 8cm de ancho y 4cm de alto (Figura 14).



Figura 14. Molde con medidas:16cm de largo, 8cm de ancho y 4cm de alto.

2.-Elaboracion de tabiques.

Se elaboraron las muestras de tabiques a una escala de producto real con el molde seleccionado anteriormente, al cual se le coloco vaselina al interior (Figura 15) para poder sacarlos con mayor facilidad sin dañar la forma del tabique y poder dejarlos secar al sol (Figura 16).



Figura 15. Vaselina en interior de molde.



Figura 16. Muestras expuestas al sol.

A continuación, se muestra una tabla control con la composición de las muestras, así como el tiempo de remojo de la tela en el mucilago y tiempo de secado de los tabiques.

Tabla 6. *Tabla control de elaboración de tabiques a escala real.*

Letra de identificación	Composición de la muestra	Tiempo de remojo de la tela en mucilago de nopal	Tiempo de secado de las muestras
C	57% Tela, 14% Cemento, 29% Pegamento de madera.	20 minutos.	14 días.
G	71% Tela, 10% Cemento, 19% Pegamento de madera.	20 minutos.	14 días.
L	70% Tela, 15% Cemento, 15% Pegamento de madera.	20 minutos.	14 días.

5.3 Fase 3: Pruebas de calidad.

Se realizaron las pruebas de calidad a cada una de las muestras hechas para ver los resultados en cada una de estas y poder observar que tanta era la diferencia entre cada muestra con cada prueba y así ver si los resultados eran favorables o no.

1.- Dimensiones y densidad.

Se tomaron los valores individuales de cada una de las muestras como se puede observar en la Figura 17 y se obtuvo un registro (Tabla 7).



Figura 17. Medida individual de cada una de las muestras.

Tabla 7. Dimensiones y densidad de todas las muestras realizadas.

MUESTRA	MASA (g)	VOLUMEN (cm³)	DENSIDAD ($\frac{g}{cm^3}$)
C1	118.7	223.85	0.5302
C2	94.5	213.37	0.4928
C3	103.7	220.09	0.4711
C4	122.2	235.62	0.5186
C5	103.1	220.94	0.4666
C6	119.4	250.72	0.4762
C7	131	259.21	0.5053
C8	119.6	230.67	0.5184
C9	129.5	260.33	0.4974
C10	115.6	292.3	0.3954

Capítulo 6. Resultados.

C11	119	253.59	0.4692
C12	122.5	248.93	0.4921
C13	103.2	230.88	0.4469
C14	128.4	286.52	0.4481
C15	118	248.93	0.4740
G1	87.6	235.48	0.3720
G2	83.3	235.30	0.3540
G3	81.5	227.87	0.3576
G4	83.6	234.38	0.3566
G5	79.4	227.65	0.3487
G6	86.4	244.28	0.3536
G7	82.6	222.36	0.3714
G8	85.4	254.63	0.3553
G9	75.4	220.83	0.3414
G10	77	276	0.2789
G11	85	240.16	0.3539
G12	83.5	276.12	0.3024
G13	78.3	246.4	0.3177
G14	77	276	0.2789
G15	85.6	246.4	0.3474
L1	127.9	252.13	0.5072
L2	135.4	248.81	0.5441
L3	113.5	274.56	0.4133
L4	123.2	280.93	0.4385
L5	113.5	272.70	0.4162

Capítulo 6. Resultados.

L6	110.3	256.48	0.4300
L7	138.7	254.47	0.5450
L8	119.8	272.23	0.4400
L9	105.8	280.20	0.3775
L10	105.2	287.04	0.3685
L11	125.4	244.125	0.5136
L12	113.2	226.3	0.5002
L13	119.8	313.77	0.3818
L14	105	311.85	0.3367
L15	125.9	300	0.4196

En la Figura 18 se muestra el resultado final de los tabiques ya secos donde se puede apreciar sus características físicas.



Figura 18. Muestras totales secas.

2.- Absorción por inmersión en agua.

Se colocaron las distintas muestras en recipientes de plástico llenos de agua y sumergidas hasta quedar completamente inmersas como se puede observar en la Figura 19. Al cabo de 1 hora, 2 horas, 3 horas, 4 horas y 24 horas (Figura 20) de inmersión se tomar las medidas correspondientes; para lo cual la muestra es extraída con cuidado, dejándola por unos segundos escurriendo el exceso de líquido para después de que la muestra haya dejado de escurrir pueda ser colocada en la balanza, medir el peso másico nuevo y ser regresada con cuidado al agua.

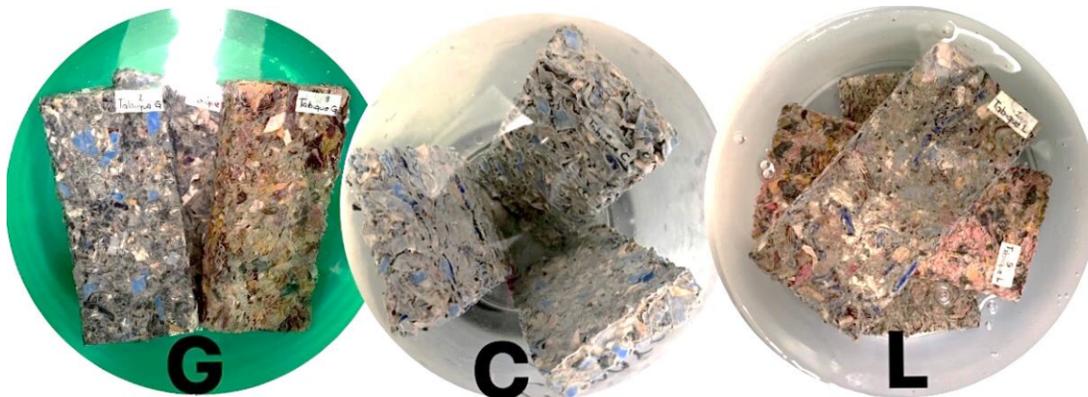


Figura 19. Muestras sumergidas en agua hasta quedar completamente inmersas.

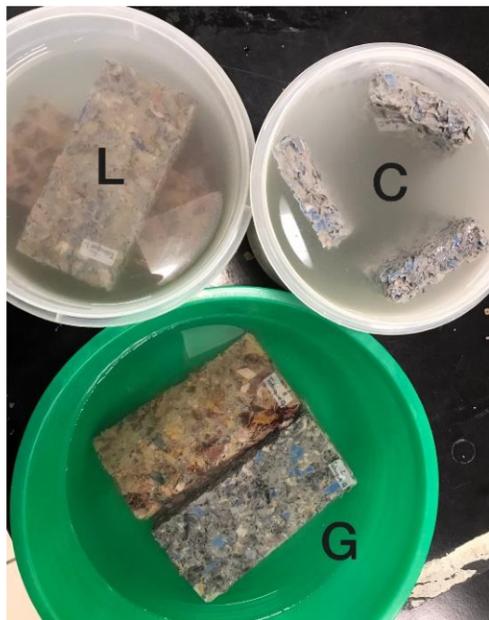


Figura 20. Inmersión en agua a las 24 horas.

Capítulo 6. Resultados.

A continuación, se muestra una tabla control (Tabla 8) con las medidas correspondientes que se tomaron a las pruebas antes de ser sumergidas en el agua y las medidas que se tomaron al cabo de 1 hora, 2 horas, 3 horas, 4 horas y 24 horas de inmersión en el agua, seguida de una tabla (Tabla 9) donde se calcularon los porcentajes de absorción.

Tabla 8. Valores de peso seco (Ps) y peso húmedo (Ph) en gramos de 1 a 24 hrs.

Muestra	Ps	Ph (1 h)	Ph (2 h)	Ph (3 h)	Ph (4 h)	Ph (24 h)
L1	127.9	262.3	260	261.6	260.2	262.1
L5	113.5	268.5	271.5	272.8	271.3	270.6
L9	105.8	279.8	284.4	280.4	285.1	282
C6	119.4	227.9	225.2	219.8	223.1	223
C8	119.6	220.3	220.2	224.8	220.3	218.5
C9	129.5	238.7	242	239	239.2	240.7
G2	83.3	211.9	213.5	217	213.2	217.3
G3	81.5	214.2	214.3	214.2	233.2	211.8
G8	85.4	228.2	230.6	229.7	211	231.6

Tabla 9. Valores obtenidos en la prueba de adsorción de agua de 1 a 24 hrs.

Muestra	% 1 hr	% 2 hr	% 3 hr	% 4 hr	% 24 hr
L1	105.0820	103.7552	104.5347	103.4401	104.9225
L5	136.5638	139.2070	140.3524	139.0308	138.4140
L9	164.4612	168.8090	165.0283	169.4706	166.5406

C6	90.8710	88.6097	84.0871	86.8509	86.7671
C8	84.1973	84.1137	87.9598	84.1973	82.6923
C9	84.3243	86.8725	84.5559	84.7104	85.8687
G2	154.3817	156.3025	160.5042	155.9423	160.8643
G3	162.8220	162.9447	162.8220	158.8957	159.8773
G8	167.2131	170.0234	168.9695	173.0679	170.8430

3.- Prueba de inflamabilidad.

Se colocó cada una de las muestras sobre una estructura metálica o base elevada que permitió el posicionamiento por debajo de un mechero de gas que al ser encendido permita tanto el contacto de la flama con la muestra, así como la fácil observación del contacto (Figura 21). Se temporizo el tiempo de exposición directa por 1 minuto y después se retiró la muestra del fuego. Se toma como referencia medible el radio quemado en centímetros (Figura 22 y 23), así como las observaciones con respecto a los parámetros cualitativos de interés.

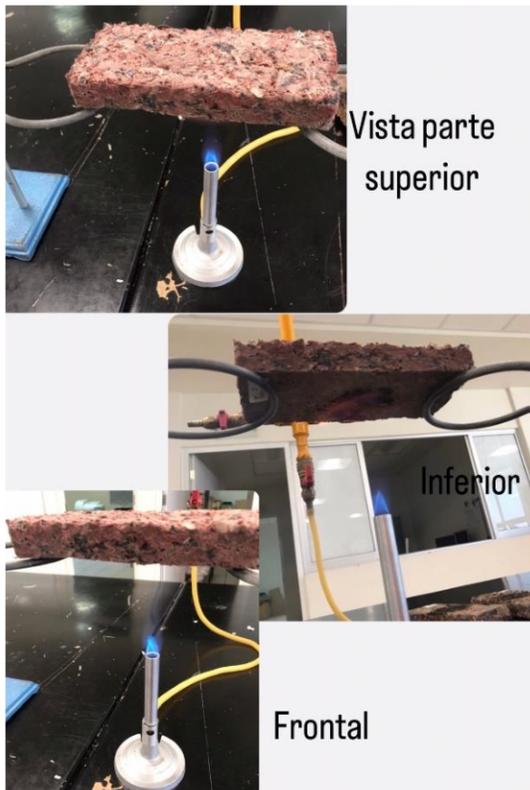


Figura 21. Prueba de inflamabilidad.



Figura 22. Resultados prueba inflamabilidad.



Figura 23. Radio quemado en centímetros.

A continuación, se muestra una tabla con los datos correspondientes al radio quemado en centímetros obtenido de cada una de las muestras.

Tabla 10. *Radios obtenidos de la prueba de inflamabilidad de las distintas muestras.*

Muestra	Radio (cm)
C3	3.85
C4	4.7
C7	3.5
L2	4
L3	4.15
L6	3.75
G4	4.6
G5	4.5
G7	4.65

4.-Resistencia a la compresión.

Se realizaron pruebas de compresión que sirvieron para determinar el comportamiento del tabique bajo cargas de compresión hasta la rotura, formación de grieta o aplastada por la compresión (Figura 24) hasta dar un valor específico.



Figura 24. Prueba de compresión.

A continuación, se muestra una tabla (Tabla 11) con los resultados arrojados.

Tabla 11. Resultados prueba de compresión.

TABIQUE	Muestra	Presión (Mpa)	Deformación (Strain)	Carga (N)	Tiempo (S)
C	C1	0.96	5.5	5484	405
	C2	1.13	9	5472	640
	C3	0.98	5.5	4952	700
	C4	1.34	8	7822	600
	C5	1.44	7.1	7943	570
	C6	0.16	8	1829	550
	C7	0.47	14	5414	1000
	C8	0.25	10	2794	750
	C9	0.67	4.5	7811	390
	C10	0.38	6	4413	460
	C11	0.59	7	6592	580
	C12	0.22	6	2596	500
	C13	0.12	7	1321	590

	C14	0.18	5.8	1998	480
G	G1	0.21	6	1164	440
	G2	0.25	6.5	1528	490
	G3	0.11	4.8	653	410
	G4	0.18	6.1	997	470
	G5	0.21	6	1200	450
	G6	0.25	8.9	1286	630
	G7	0.1	9	1195	680
	G8	0.12	9	1396	650
	G9	0.06	8.9	781	610
	G10	0.08	10.2	1009	750
	G11	0.1	9	1170	680
	G12	0.06	8.3	785	630
L	L1	0.09	4.1	528	350
	L2	0.74	7.15	4446	560
	L3	0.74	5	4405	400
	L4	0.13	8.3	1633	630
	L5	0.15	8.5	1764	620
	L6	0.12	8.5	1509	630
	L7	0.05	9	667	690
	L8	0.04	9	560	680
	L9	0.07	8.5	889	650
	L10	0.23	8	2795	800
	L11	0.09	7	1144	500
	L12	0.07	6.8	816	500

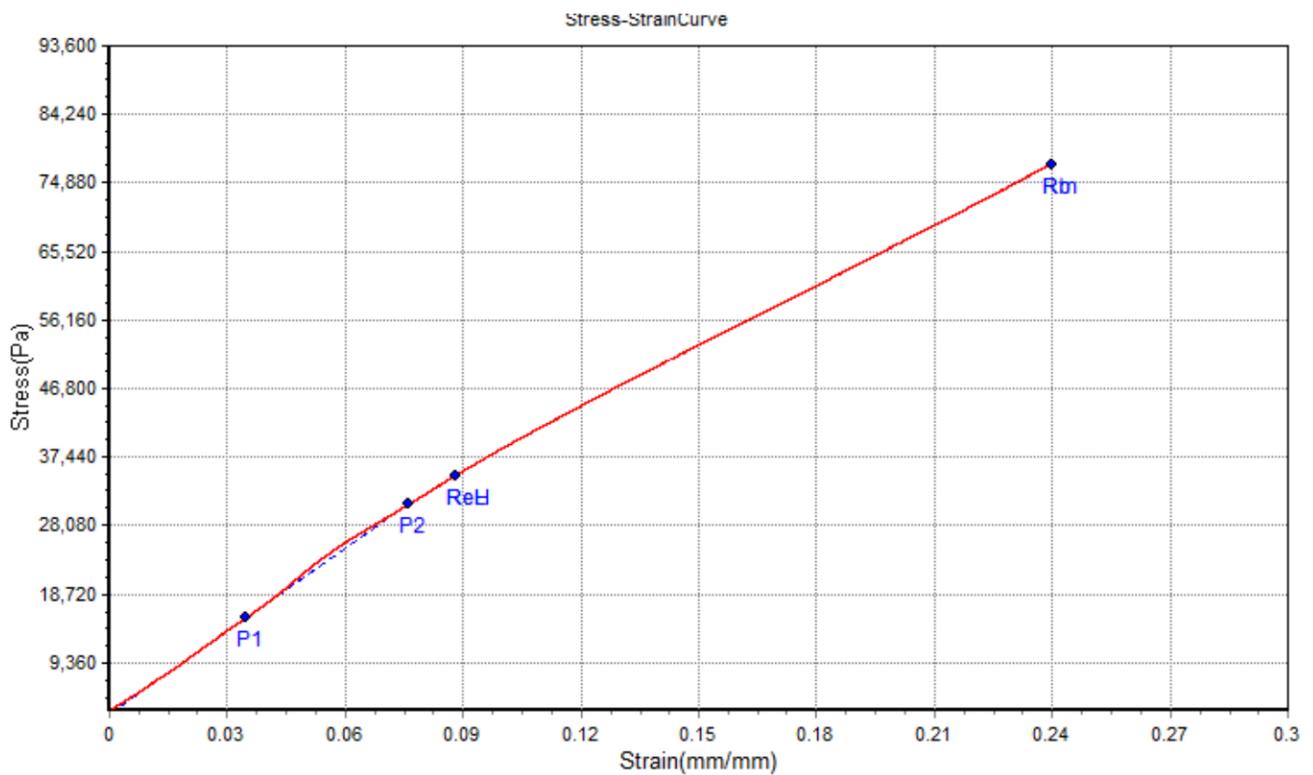
5.-Prototipo final a mayor dimensión.

Una vez seleccionado el prototipo final se procedió a realizar una muestra con medidas de un tabique convencional, las medidas fueron: 13x26.5x6.5cm como se muestra la Figura 25. Se le realizó solo la prueba de resistencia a la compresión la cual nos arrojó los siguientes resultados de presión como se muestra en la gráfica (Figura 26).



Figura 25. Tabique a una dimensión mayor.

Figura 26. Grafica presión tabique a mayor densidad.



Capítulo 7

Análisis de Resultados

1.- Densidad.

De acuerdo al análisis estadístico, no hubo variaciones considerables entre las muestras C y L, las muestras tipo G presentaron menor densidad ya que fueron a las que se le añadió menor cantidad en gramos de los distintos materiales. En el proyecto anterior presentaron valores que van de 0.2631 a 0.2991($\frac{g}{cm^3}$) y en este proyecto valores de 0.2789 a 0.5450($\frac{g}{cm^3}$) lo que quiere decir que las densidades de este proyecto son mayores ya que el cemento tiene una mayor densidad.

En general el análisis estadístico mediante el programa R-Studio nos confirma las diferencias estadísticas significativas entre los valores de las muestras como se menciona anteriormente como se muestra en la Tabla 12 y Figura 27 de Densidad.

Estos resultados no muestran cual tabique tiene mejores cualidades, sin embargo, se podría tomar en cuenta los aspectos visuales como la calidad del acabado e irregularidades en la superficie para poder elegir la mejor muestra, como se puede observar en la Figura 28.

Tabla 12. Resultados Densidad. Valores con la misma letra son estadísticamente similares ($p=0.001$).

TIPO	PROMEDIO	AGRUPACION
C	0.4801533	a
L	0.4421467	a
G	0.3393200	b

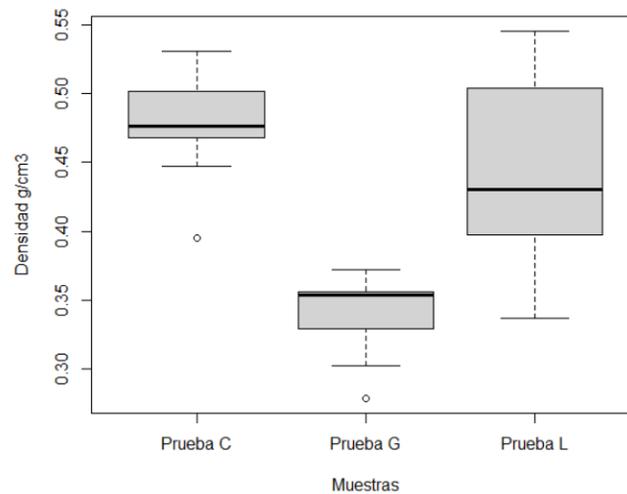


Figura 27. Distribución de valores de densidad en forma de grafico de caja.



Figura 28. Comparación de muestras G, C y L

2.-Absorción por inmersión en agua.

La exposición directa al agua no logro alterar la forma de los distintos tipos de muestras (C, G y L). Una muestra de cualquier tipo es capaz de absorber el doble de su peso en agua y a partir de la absorción de esta cantidad de líquido no hubo deformación ni desintegración de ninguna muestra. Incluso a las 24 horas de inmersión no hubo ningún cambio significativo, fueron muy resistentes tanto así que después de pasar por esta prueba, se pusieron a secar de nuevo expuestas al sol y quedaron de forma visual como en un inicio. Respecto al proyecto anterior hubo

una optimización muy grande ya que resistieron a esta prueba manteniendo su forma lo cual en el proyecto anterior no se logró por que se desintegraron en un par de horas.

El análisis estadístico R-Studio (Tabla 13 y Figura 29) no mostro alguna diferencia estadística significativa entre los valores. Dicho lo anterior, no existe la necesidad de seleccionar algún tipo de tabique como el mejor según en esta prueba.

Tabla 13. Resultados prueba inmersión en agua. Valores con la misma letra son estadísticamente similares ($p=0.001$).

TIPO	PROMEDIO	AGRUPACION
2hr	128.9597	a
3hr	128.7571	a
24hr	128.5878	a
4hr	128.4007	a
1hr	127.7685	a

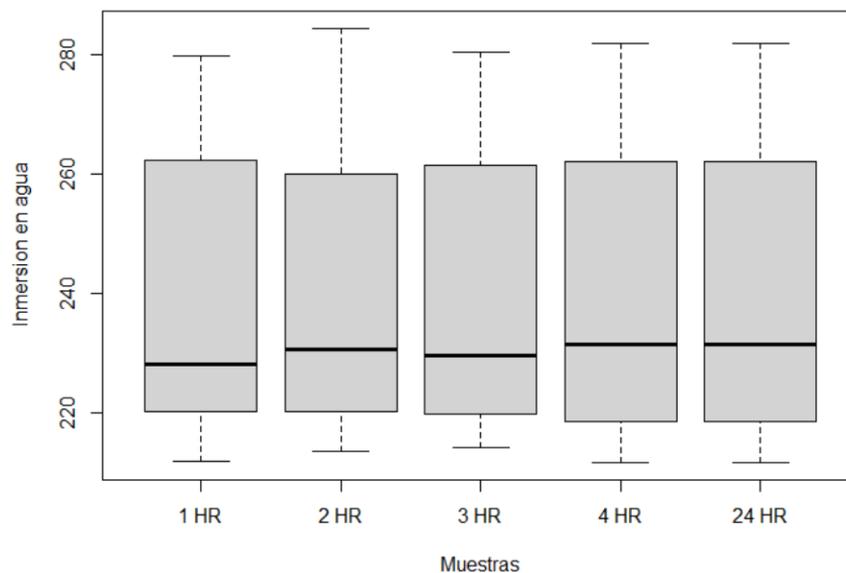


Figura 29. Distribución de los valores por inmersión en agua en forma de grafico de caja.

La NMX-C-441-ONNCCE-2013 presenta los valores aceptables para tabiques no estructurales (Tabla 14), según estos datos y dadas las condiciones bajo las cuales se efectuó la prueba, se afirma la inexistencia de resultados positivos con respecto a la norma y comportamiento de todas las muestras ante la exposición directa y continua de grandes cantidades de humedad y agua.

Tabla 14. Valores máximos de absorción inicial y absorción total de agua en 24 h (NMX-C-441-ONNCCE-2013).

Tipo de material	Absorción total en 24h en porcentaje
Concreto	25
Arcilla artesanal	25
Arcilla extruida o prensada	25

3.- Prueba de inflamabilidad.

Debido a la inexistencia de alguna norma que establezca un estándar sobre la realización de pruebas de inflamabilidad en objetos parcialmente macizos compuestos por fibras textiles y la desproporción vista con respecto a los parámetros establecidos en pruebas de inflamabilidad en tabiques cerámicos, no existe referencia alguna al momento de formularse este trabajo que permita la evaluación mediante parámetros numéricos medibles. Sin embargo, el laboratorio de Comportamiento al Fuego (AITEX) del Instituto Tecnológico Textil establece que se pueden distinguir los siguientes parámetros a medir para analizar el comportamiento del fuego sobre distintos materiales: Inflamabilidad o facilidad de ignición, Propagación de la flama, Desprendimiento de gotas o partículas, Emisión de calor, Producción de humo.

Tomando en consideración lo anterior la exposición directa al fuego en un lapso de tiempo de un minuto que fue lo que se dejó expuestas las muestras, no logro desintegrarlas. Además, el comportamiento del fuego con la tela no propago fuego

en los distintos tipos de muestras, resistieron más a esta prueba en comparación al proyecto anterior ya que hubo una mayor optimización con respecto a los radios y hubo mejores resultados. Los radios del proyecto anterior fueron de 10 a 11 cm y los de este proyecto fueron de 3.5 a 4.7. No hubo desprendimiento de gotas ni partículas, no se produjo humo ni hubo propagación de la flama. Los radios de quemado obtenidos nos muestran como las llamas presentan un grado de propagación uniforme con respecto al punto de contacto. Por otra parte, se observa que tardan un tiempo considerable en dejar estas marcas.

En el análisis estadístico R-Studio (Tabla 15 y Figura 30) se puede observar como no hubo variación entre cada tipo de muestra.

Tabla 15. Resultados inflamabilidad. Valores con la misma letra son estadísticamente similares ($p=0.05$).

TIPO	PROMEDIO	AGRUPACION
G	4.583333	a
C	4.016667	a
L	3.966667	a

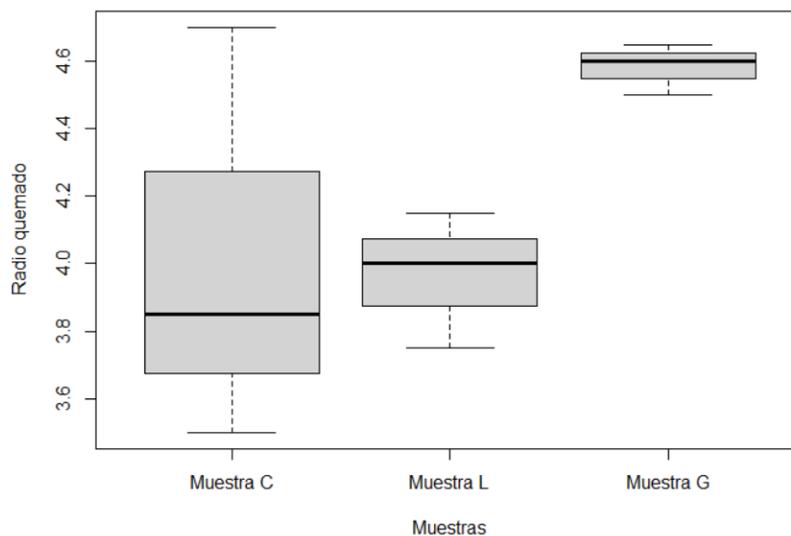


Figura 30. Distribución de los valores de la prueba de inflamabilidad en forma de gráfico de caja.

4.- Resistencia a la compresión.

Las muestras obtuvieron resultados de Presión (Mpa), Deformación, Carga (N).

Por otro lado, los tabiques cerámicos de acuerdo a la norma NMX-C-441-ONNCCE-2013, establece los siguientes valores (Tabla 16).

Tabla 16. Resistencia a la compresión (NMX-C-441-ONNCCE-2013).

Tipo de pieza	configuración	Resistencia media - Mpa (Kg/cm2)	Resistencia mínima individual -Mpa (Kg/cm2)
Bloque	Macizo o hueco	3.5	2.8
Tabique extruido	Macizo o hueco	4.0	3.2
Tabique artesanal	Macizo	3.0	2.4
Celosía	Cara rectangular	2.5	2.0
Celosía	Cara no rectangular	2.5	2.0

Por lo tanto, se demuestra una superioridad en términos de resistencia a la compresión a comparación de un tabique cerámico.

En el tabique se habían obtenido tres puntos, Punto de no retorno (PNR), punto de inflexión (PI) y punto de carga máxima (PCM); debido a que las características del tabique cambiaron al utilizar cemento en este estudio solo se obtuvieron el PNR, el cual se mantuvo similar al tener al tener anteriormente una resistencia promedio de 0.672 MPa y actualmente de 0.635 MPa.

En el análisis estadístico R-Studio se puede observar como no hubo mucha variación entre cada tipo de muestra, sin embargo, se puede visualizar que las muestras del tipo C tienen una mayor resistencia. En la Tabla 17 y Figura 31 se puede apreciar lo que nos arroja de resultados con los datos de las presiones (Mpa) de todas las muestras, donde la muestra C sale con mayor resistencia.

Tabla 17. Resultados presiones. Valores con la misma letra son estadísticamente similares ($p=0.001$).

TIPO	PROMEDIO	AGRUPACIÓN
C	0.5091667	a
L	0.2100000	b
G	0.1441667	b

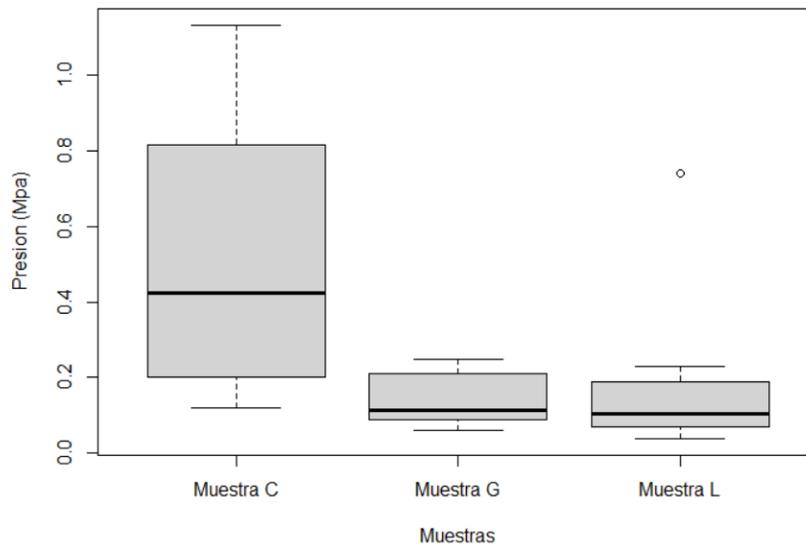


Figura 31. Distribucion de los valores de presiones en forma de grafico de caja.

En la Tabla 18 y Figura 32 se puede observar los resultados de los datos de deformaciones, donde prácticamente nos muestra que no hubo variaciones entre cada tipo de muestra.

Tabla 18. Resultados deformación. Valores con la misma letra son estadísticamente similares ($p=0.001$).

TIPO	PROMEDIO	AGRUPACION
L	7.725000	a
G	7.487500	a
C	7.358333	a

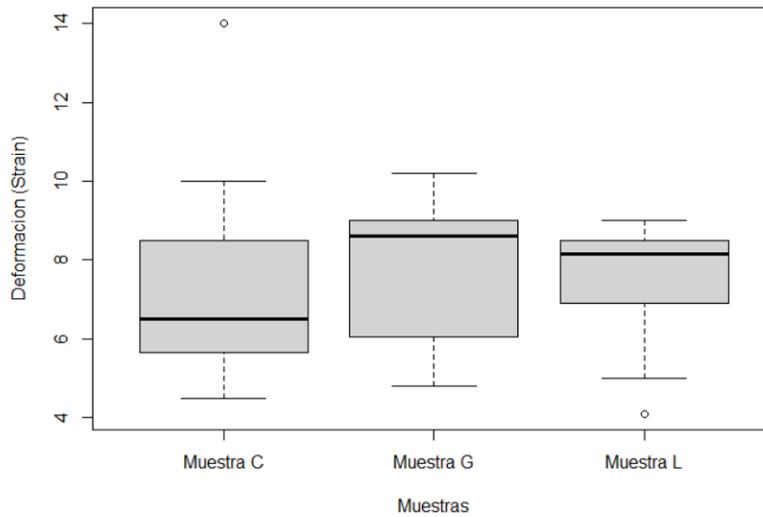


Figura 32. Distribución de los valores de deformación (strain) en forma de grafico de caja.

En la Tabla 19 y Figura 33 nos muestra los resultados de los datos de cargas de cada muestra donde en la muestra C hubo mayor resistencia.

Tabla 19. Resultados cargas. Valores con la misma letra son estadísticamente similares ($p=0.05$).

TIPO	PROMEDIO	AGRUPACION
C	4223	a
L	1763	b
G	1097	b

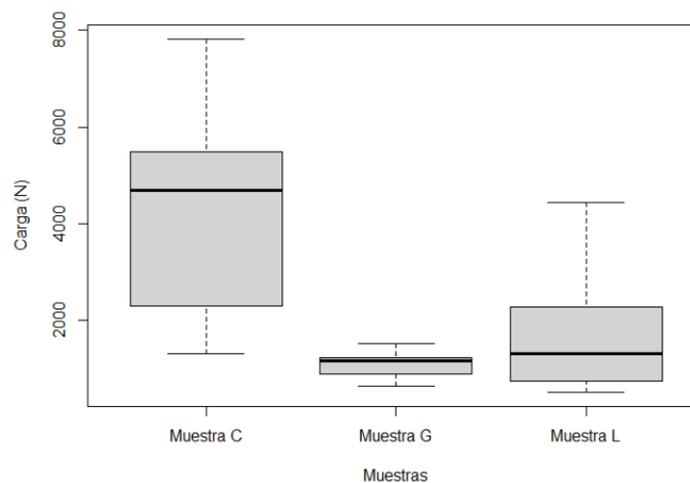


Figura 33. Distribución de los valores de cargas en forma de grafico de caja.

5.- Selección de prototipo final.

Para la selección del prototipo final se consideraron tanto los valores numéricos de las pruebas, así como la comparativa de los mismos con respecto a las referencias presentadas anteriormente, de igual forma se consideraron las observaciones sobre el comportamiento de las muestras durante la ejecución de las pruebas.

A continuación, se muestra una tabla (Tabla 21) que engloba todas las pruebas, el prototipo seleccionado y las observaciones con respecto a la selección del mejor prototipo.

Tabla 21. Selección prototipo final.

PRUEBAS	PROTOTIPO	OBSERVACIONES
Aspecto	C	Todas las muestras Tipo C presentaron mejores aspectos visuales como la calidad del acabado e irregularidades en la superficie
Densidad	$C > L > G$	Estadísticamente las densidades son diferentes L es mayor que C y G es mayor que L.
Absorción por inmersión en agua.	C, G y L	Todos los tipos de muestras resistieron a esta prueba manteniendo su forma sin desintegrarse.
Prueba de inflamabilidad.	C, G y L	La propagación de fuego en todos los tipos de muestras se mantuvo en un mismo intervalo de radios.
Resistencia a la compresión.	C	Mostro valores superiores de resistencia a la compresión.

Por lo visto anteriormente, el prototipo seleccionado es el tabique C, ya que fue el que tuvo mejores resultados en la prueba de resistencia a la compresión y en aspecto.

Una vez seleccionado el prototipo final se procedió a realizar una muestra con medidas de un tabique convencional, las medidas fueron: 13x26.5x6.5cm.

Capítulo 8

Conclusiones y trabajo a futuro

Se elaboraron tres tipos de muestras a partir de distintos tipos de materiales las cuales fueron sometidas a diferentes pruebas, los resultados indicaron que: el tabique posee dimensiones similares a las de los tabiques comerciales actuales, pero con un peso mucho menor; el contacto directo y continuo con el agua no represento un problema mayor ya que no desintegro el tabique pero si lo hizo débil en cuestión de dureza e incluso resulto mucho más resistente en esta prueba que el tabique del proyecto anterior; el comportamiento ante el fuego presento un efecto retardante, no hubo expansión de este fácilmente, sin embargo, si comprometería la integridad del tabique si se dejara al fuego por mucho tiempo, en comparación del proyecto anterior tuvo un mejor resultado y un mejor aguante en cuestión a la expansión del fuego sobre el tabique y respecto a los radios en esta prueba; la resistencia a la compresión de estas muestras mostraron mejores resultados que un tabique comercial, a simple vista no hubo ninguna marca o rotura en esta prueba, en comparación del proyecto anterior solo se pudo observar a simple vista más rígidos pero tuvieron la misma resistencia. Por lo tanto, se puede concluir que es posible la elaboración y optimización de un tabique a base de desechos textiles que replique varias características de los tabiques convencionales como una alternativa a la contaminación que se produce al realizarlos.

Trabajo a futuro

1. Clasificar los distintos tipos de tela para poder lograr un mejor prototipo.
2. Reducir el tiempo de secado de cada uno de los tabiques.

Referencias bibliográficas

- Shawab, k. (2016). The Fourth Industrial Revolution: What it means, how to respond. Julio 20, 2021, de World Economic Forum.
- INGURUGELA. (2018). ¿Cuánto vale realmente en vidas y en salarios la prenda que adquirimos a un precio irrisorio? Julio21, 2021, de Grupo Emaus Fundación Social. Sitio web: https://issuu.com/grupoemausfundacionsocial/docs/ingurugela_ee081902dd6d8b
- Sosa Alcaraz, M. A., González Castro, A., y Sarmiento Franco, J. F. (2019). La Contribución Al Desarrollo Sustentable De Una Industria Textil De Yucatán A Través Del Comercio Justo.
- Organización de consumidores y usuarios. (2019). Tóxicos en la ropa: ¿Cuál es su impacto?. Julio 20, 2021, de OCU. Sitio web: <https://www.ocu.org/salud/bienestar-prevencion/informe/toxicos-ropa>
- Delgado, S. (2022). Los residuos textiles, altos contaminantes. Una industria muy dañina, señala la ONU. Sitio web: <https://www.gaceta.unam.mx>
- Zúñiga, et al. (2017). Development of improved bricks (LM) and use new technologies for ecological bricks (LE) elaboration. Internacional Congress on Sustainable Construction and Eco-Efficient Solutions. (2017) 1194-1205
- Cherif. (2016). Textile Materials for lightweight Constructions. Editorial Springer
- BIANUCCI. (2009). EL LADRILLO – ORIGENES Y DESARROLLO. FAU-UNNE-2009 Sitio web: <https://arquitectnicofau.files.wordpress.com/2012/02/el-ladrillo-2009.pdf>

Referencias bibliográficas.

- Ladrillera Mecanizada. (2015). Ladrillo pieza formada de un prisma rectangular. Sitio Web: <https://www.ladrillramecanizada.com/>
- Honrados. (2016). EMPRESA DE REFORMAS INTEGRALES E INTERIORISMO EN MADRID Y POZUELO DE ALARCÓN. Sitio Web: <https://www.honra2.com/>
- M.Kornmann and CTTB, "Clay bricks and roof tiles, manufacturing and properties", Soc. Industries minières, Paris (2007) ISBN 2-9517765-6-X. Sitio Web: <https://www.quimica.es/>
- Universidad de Guadalajara. (2018). Humos cancerígenos podrían generarse en la producción de ladrillos. Sitio Web: <https://udg.mx/es/noticia/humos-cancerigenos-podrian-generarse-produccion-ladrillos>
- Carrasco, E. y Tinoco, D. (2018). Elaboración de ladrillos ecológicos a partir de arena de sílice y arcillas mixtas procedentes de la Compañía Minera Sierra Central S.A.C. Chacapalpa/Oroya – Yauli – Junín. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- BY EN ESTADO CRUDO. (2022). Ladrillos ecológicos: qué son, tipos y ventajas 12 Septiembre, 2022. Sitio Web: <https://www.enestadocrudo.com/ladrillos-ecologicos/>
- Isan, A. (2018, 30 de mayo). Ladrillos ecológicos: qué son, tipos y ventajas. Ecología Verde.
- López, J. y Rojas, D. (2019). Planteamiento y propuesta de un ladrillo ecológico a base de pet. Universidad Católica de Manizales.
- Aguilar, J. (2019). Elaboración de ladrillos mediante la inclusión de ceniza de carbón proveniente de la ladrillera bella vista de Tunja Boyacá. Universidad Santo Tomás.

Referencias bibliográficas.

- Ecoinventos. (2019, 23 de junio). BLAC Brick: El ladrillo del futuro. Barato, no contamina y es negro.
- Gareca, M.; Andrade, M.; Pool, D.; Barrón, F. y Villarpando, H. (2020). Nuevo material sustentable: ladrillos ecológicos a base de residuos inorgánicos. Revista Ciencia, Tecnología e Innovación. Universidad de San Francisco Xavier de Chuquisaca.
- FabBRICK. (2021). FabBRICK, Como convertir ropa vieja en ladrillos excelentes aislantes térmicos y acústicos (13 de mayo,2021). EcoInventos. Sitio Web: <https://eco-nnect.com/es/ladrillosfabbrick/>
- Industria textil. Equipo editorial, Etecé. De: Argentina. 16 de julio de 2021. Sitio Web: <https://concepto.de/industria-textil/>
- CIPA. (2021). Desechos textiles. Sitio Web: <https://cipachile.cl/8232-2/>
- Chavicar. (2008). Que son y cómo se gestionan los residuos textiles. De larioja.org Sitio Web: <https://www.larioja.org/medio-ambiente/es/residuos/residuosurbanos/residuostextiles#:~:text=%C2%BFQU%C3%89%20SON%3F,%2C%20toallas%2C%20etc%E2%80%A6>
- Zavala Gallardo, M. Ángel, Torres Martínez, A., Blanco Diaz, E. G., & Ramírez Guízar, S. (2022). Elaboración de tabique a base de desechos textiles. [Tesis de Licenciatura]. Departamento de Ingeniería Ambiental, Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato, México.
- AITEX. (s.f) Introducción a los textiles técnicos y aplicación de nuevos materiales textiles. Asociación de investigación de la Industria Textil (AITEX); Instituto Tecnológico Textil. España.

Referencias bibliográficas.

- NMX-C-441-ONNCCE-2013. Industria de la Construcción – Mampostería – Bloques, Tabiques o Ladrillos y Tabicones Para Uso No Estructural – Especificaciones y Métodos de Ensayo.

Criterios generales para la redacción del trabajo de investigación

Los trabajos de investigación deben elaborarse en el procesador de palabras *Word para Windows*, tomando en cuenta los siguientes aspectos (ver tabla 2):

TABLA 2. CRITERIOS PARA LA PRESENTACIÓN DEL TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN

Fuente	Arial
Tamaño	12
Interlineado	1.5 renglones
Extensión	Mínimo 40 páginas del contenido (Sin incluir ANEXOS)
Sangrías	Sin sangrías
Margen	Justificado
Numeración	Parte inferior derecha
Formato de Tablas y de Figuras	Numeración y título en la parte inferior Fuente Arial 10 Espaciado sencillo Especificar la fuente de la tabla en caso de ser necesario
Título	El título de la tesis debe ser de máximo 100 caracteres (incluyendo espacios en blanco)