

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DEL SUR DE GUANAJUATO



ELABORACIÓN DE TABIQUE A BASE DE DESECHOS TEXTILES

Opción 2: Titulación Integral – Tesis Profesional.

Elaborada por:

Miguel Ángel Zavala Gallardo

Que presenta para obtener el título de:

INGENIERO AMBIENTAL

Asesor:

M.C. Susana Ramírez Guízar

Uriangato, Gto.

Mayo, 2022.

“ELABORACIÓN DE TABIQUE A BASE DE DESECHOS TEXTILES”

Elaborada por:

Miguel Ángel Zavala Gallardo

Aprobado por.

M.C. Susana Ramírez Guízar
Docente de la carrera de Ingeniería Ambiental
Asesor de Tesis Profesional

Revisado por.

Dr. Edgar Guadalupe Blanco Díaz
Jefe de División de Ingeniería Ambiental
Revisor de Tesis Profesional

Revisado por.

Ing. Alfredo Torres Martínez
Docente de la carrera de Ingeniería Ambiental
Revisor de Tesis Profesional



LIBERACIÓN DE PROYECTO PARA LA TITULACIÓN INTEGRAL

Uriangato, Guanajuato, 04/Mayo/2022

Asunto: Liberación de proyecto para la titulación integral

Ing. J. Trinidad Tapia Cruz
Director Académico y de Estudios Profesionales
ITSUR
PRESENTE

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

Nombre del estudiante y/o egresado: MIGUEL ÁNGEL ZAVALA GALLARDO	
Carrera: Ing. Ambiental	Núm. de control: A17120280
Nombre del proyecto: Elaboración 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 nuestros egresados.

ATENTAMENTE

Dr. Edgar Guadalupe Blanco Díaz
Jefe de División de Ingeniería Ambiental
ITSUR



Instituto Tecnológico Superior
del Sur de Guanajuato
COORDINACIÓN
INGENIERÍA AMBIENTAL

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

M.C. Susana Ramírez Guízar	Dr. Edgar Guadalupe Blanco Díaz	Ing. Alfredo Torres Martínez

c.c.p.- Expediente



Agradecimientos

En primera instancia a todos los docentes que me acompañaron durante este proceso, compartiendo sus conocimientos y permitiéndome conocerlos como personas y no solo como el siguiente enemigo a vencer. También a los amigos con quienes los años se volvieron más llevaderos y aprendimos más sobre nosotros mismos que sobre la carrera. Por último, pero no menos importantes, al personal, docentes y encargados de otras áreas que me brindaron su apoyo y confianza para trabajar con libertad en otras áreas ajenas a mi papel de estudiante, pero necesarias para mi crecimiento personal.

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado a mi disfuncional familia. A mis padres que han trabajado más allá del cansancio para ver a sus hijos crecer mientras nos enseñaban lo que sabían. A mis hermanos que siempre han estado a mi lado y con quienes a pesar de las circunstancias que nos han tocado nunca llego a faltar la comedia.

Tabla de contenido

Capítulo 1	1
Introducción.....	1
Capítulo 2	2
Marco teórico (Antecedentes).....	2
Capítulo 3	20
Planteamiento del problema	20
3.1. Identificación.....	20
3.2. Justificación.....	20
3.3. Alcance.	20
Capítulo 4	21
Objetivos	21
4.1. Objetivos generales.	21
4.2. Objetivos específicos.....	21
Capítulo 5	22
Metodología.....	22
Capítulo 6	31
Resultados	31
Capítulo 7	47
Análisis de Resultados	47
Capítulo 8	54
Conclusiones y trabajo a futuro.....	54
Referencias bibliográficas	55

Índice de figuras

Figura 1. <i>Kilogramos semanales promedio de RSU depositados en el SDF (Gobierno Moroleón, 2018).</i>	17
Figura 2. <i>RSU dispuestos en el SDF de Moroleón (Gobierno Moroleón, 2018).</i>	18
Figura 3. <i>Materiales reciclados por semana (agosto de 2016) (Gobierno Moroleón, 2018).</i>	19
Figura 4. <i>Ingresos aproximados generados por actividades ligadas al reciclaje (Gobierno Moroleón, 2018).</i>	19
Figura 5. <i>Diagrama: metodología estándar para muestras (Válido solo para este punto).</i>	28
Figura 6. <i>Preparación de los nopales para extracción de mucílago.</i>	32
Figura 7. <i>Extracción de mucílago por el método en remojo.</i>	32
Figura 8. <i>Muestras de tela clasificadas con respecto a su tipo.</i>	33
Figura 9. <i>Tela triturada empleada para pruebas y elaboración de muestras.</i>	33
Figura 10. <i>Primera tanda de muestras.</i>	34
Figura 11. <i>Segunda tanda de muestras.</i>	35
Figura 12. <i>Muestras preliminares de mayor tamaño.</i>	36
Figura 13. <i>Molde: Prototipo 1.</i>	37
Figura 14. <i>Molde: Prototipo 2.</i>	37
Figura 15. <i>Tabiques de muestra.</i>	39
Figura 16. <i>Diagrama simplificado: metodología de elaboración de tabiques de tela.</i>	39
Figura 17. <i>Tabiques de muestra tipo A.</i>	41
Figura 18. <i>Tabiques de muestra tipo B.</i>	41
Figura 19. <i>Prueba de absorción por inmersión en agua.</i>	42
Figura 20. <i>Prueba de inflamabilidad.</i>	43
Figura 21. <i>Prueba de inflamabilidad: Radio de quemado.</i>	44
Figura 22. <i>Curva Carga/Tiempo (Muestra A9).</i>	46
Figura 23. <i>Prueba de resistencia a la compresión.</i>	47
Figura 24. <i>Análisis estadístico ANOVA con el método de Tukey para valores de Densidad.</i>	49

Figura 25. Análisis estadístico ANOVA con el método de Tukey para valores de Porcentaje de Absorción de agua (%Abs). **50**

Figura 26. Tabla: Comportamiento de algunas fibras textiles al someterlas a la llama (Marín Bernabé, 2009). **51**

Figura 27. Análisis estadístico ANOVA con el método de Tukey para valores de presión con respecto al Punto de No Retorno (PNR) **53**

Índice de tablas

Tabla 1. Cuadro control de la primera tanda de muestras.	24
Tabla 2. Cuadro control de las composiciones de las mezclas.	25
Tabla 3. Cuadro control mayor de la composición de los tabiques de muestra.	27
Tabla 4. Observaciones individuales de la primera tanda de muestras.	34
Tabla 5. Observaciones individuales de la segunda tanda de muestras.	35
Tabla 6. Observaciones grupales de las muestras con base en sus características y veredicto de aceptación.	38
Tabla 7. Valores individuales de las muestras.	40
Tabla 8. Valores promedio por tipo de muestra.	40
Tabla 9. Valores de peso seco (Ps) y peso húmedo (Ph).	41
Tabla 10. Valores de porcentaje de absorción con respecto al tiempo.	42
Tabla 11. Prueba de inflamabilidad: Radio de quemado.	42
Tabla 12. Prototipo tipo A: comportamiento durante la exposición al fuego.	43
Tabla 13. Prototipo tipo B: comportamiento durante la exposición al fuego.	43
Tabla 14. Puntos de carga (KN) soportada (PNR).	44
Tabla 15. Puntos de carga (kN) soportada (PI y PCM).	45
Tabla 16. Presión (MPa) soportada (PNR).	45
Tabla 17. Presión (MPa) soportada.	45
Tabla 18. Valores promedios de presión (MPa) soportada por tipo de muestra.	46
Tabla 19. Valores máximos de absorción inicial y absorción total de agua en 24 h (NMX-C-441-ONNCCE-2013).	49
Tabla 20. Resistencia a la compresión (NMX-C-441-ONNCCE-2013).	53
Tabla 21. Veredicto de selección del prototipo final.	54

Título de la tesis:

Elaboración de tabiques a base de desechos textiles.

Resumen y abstract:

Los residuos textiles como problemática ambiental derivada de la industria textil han tomado interés en años recientes dado que los fenómenos de generación y acumulación cada vez se vuelven más complicados de tratar. El presente trabajo tiene por objetivo elaborar tabiques ecológicos a partir de residuos textiles, cuya elaboración tiene un impacto ambiental mínimo y un potencial económico prometedor. En este trabajo se desarrolló un prototipo, el cual se efectuó durante tres fases: la primer fase abordó la experimentación y materiales; la segunda fase desarrolló la elaboración del producto a través de diferentes muestras para determinar proporciones adecuadas y una metodología para elaborarlos; en la última fase se realizaron las 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 as an environmental problem derived from the textile industry has gained interest in recent years, given that the phenomena of generation and accumulation are becoming more and more complicated to deal with. The present work aims to elaborate ecological partitions from textile waste, whose elaboration has a minimum environmental impact and a promising economic potential. In this work a prototype was developed, which was carried out during three phases: the first phase dealt with experimentation and materials; the second phase developed the elaboration of the product through different samples to determine adequate proportions and a methodology to elaborate them; in the last phase quality tests were carried out (dimensions and density, absorption by immersion in water,

flammability test and resistance to compression) that allowed the characterization and selection of the best prototype.

Palabras claves (*keywords*)

Industria textil, residuos textiles, reciclaje y tabiques ecológicos.

Capítulo 1

Introducción.

La industria textil es la segunda fuente de contaminación más grande a nivel mundial. La forma de consumo actual ha logrado que la ropa tenga un tiempo limitado de uso y se deseché rápidamente (Gilibets Parés, 2020); en el 2017 de los 53 millones de toneladas de fibra producida para la industria, el 12% se desperdicia durante la producción de las prendas y cada año se liberan medio millón de toneladas de microfibras en el océano (Ellen MacArthur Foundation, 2017). Por ello, es importante que se desarrollen proyectos que busquen usos alternativos del desperdicio textil que disminuyan el impacto al medio ambiente. 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). Debido 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 este trabajo se desarrolló un prototipo de un tabique elaborado a partir de desechos textiles.

Capítulo 2

Marco teórico (Antecedentes).

2.1. Contaminación por la industria textil y de la moda.

La industria textil se considera como la segunda fuente más grande de contaminación a nivel mundial y en contraposición con el pensamiento cotidiano esto se debe a que la industria textil genera contaminación y daños al ambiente en diferentes áreas en las cuales si bien no sobresalen con respecto a otras industrias provocan que en conjunto sus daños le den ese lugar.

Es difícil conocer con exactitud el impacto de la industria textil y de la moda en el medio ambiente debido a que los datos que existen no son muy completos, fiables y a veces contradictorios ya que no hay una forma unificada de medir el impacto. Sin embargo, si analizamos las formas en que nuestra ropa se produce, se consume, se usa y se tira, podemos entender que nuestra ropa tiene un enorme coste para nuestro planeta (Gilibets Parés, 2020).

La industria textil implica una larga cadena de procesos tanto de producción como de consumo de recursos y generación de residuos que inician desde la extracción de la materia prima, fabricación de textiles, tintorería y la fabricación de prendas de vestir. Sumado a esto, la logística y planificación de cada etapa hasta el último punto de venta al por menor, el uso del consumidor y finalmente llegar a la eliminación de la prenda.

En la industria textil y de la moda comúnmente se utilizan sustancias químicas peligrosas que por lo general se desechan al medio ambiente ocasionando daños a los ecosistemas y riesgos a la salud de las personas. Fabricar textiles y ropa requiere de materias primas tanto naturales como sintéticas, así como un gran consumo de agua que, a su vez, genera importantes descargas de aguas residuales contaminadas. Esto, debido a que la industria textil utiliza una cantidad de productos químicos que van desde la tintura de los tejidos, hasta las impresiones y acabados.

En consecuencia, las aguas residuales de tales procesos generalmente son tóxicas y sus descargas pueden contaminar cuerpos de agua poniendo en riesgo la salud humana y el medio ambiente en general (Velázquez Mancilla et al., 2019).

Los combustibles fósiles son necesarios para iluminar los edificios y hacer funcionar la maquinaria textil, para fabricar poliéster, para transportar la ropa y hacer volar a los profesionales de la industria y para proporcionar la energía que hace funcionar nuestras lavadoras y secadoras. Todas estas actividades producen importantes emisiones de gases de efecto invernadero. (Ditty, 2020). Concluyendo así que la industria de la moda es responsable de aproximadamente un 10% de las emisiones mundiales de carbono y, si esa cifra sigue creciendo al ritmo actual, la moda podría representar más de una cuarta parte de las emisiones de carbono del mundo en 2050.

Por otro lado, un artículo publicado por la revista digital Magnet Xataca (Sierra, 2020), reporta cómo los residuos textiles aumentaron un 811% entre 1960 y 2015, y la mayor parte de estos residuos acabaron en el vertedero. Mientras que, se estima que un 10% de los textiles en desuso se recogen a nivel mundial para ser reutilizados y exportados a los mercados desarrollados. Aunque se ha informado de que el flujo de ropa de segunda mano hacia los países en desarrollo está perjudicando a la producción y los negocios textiles locales. Además, la mayor parte de esta ropa es invendible y se muestra que el 40% de la ropa importada acaba pudriéndose en los vertederos o en el mar y la mayor parte está hecha de material sintético que no es biodegradable.

Por último, un informe realizado por la Fundación Ellen MacArthur (Ellen MacArthur Foundation, 2017) destaca como la industria textil utiliza el 97% de sus materias primas de fuentes vírgenes y sólo el 2% de fuentes de reciclaje y de los 53 millones de toneladas de fibra producida para la industria, el 12% se desperdicia durante la producción de las prendas. Cada segundo, es el equivalente a un camión de basura de textiles que se tira o se quema, con esto, se pierde un valor estimado de 500,000 millones de dólares americanos cada año, debido a que la ropa apenas se usa y

rara vez se recicla. Además de generar desperdicio, el sector de la moda libera medio millón de toneladas de microfibras en el océano cada año, lo que equivale a más de 50,000 millones de botellas de plástico. Mientras que por otro lado se estima que se liberan más de 1,200 millones de toneladas anuales de emisiones de carbono por esta mala gestión, lo cual supera las emisiones de los vuelos internacionales y marítimos combinados.

2.1.1. Residuos textiles y el Fast Fashion.

Los residuos textiles son todo aquel desperdicio sólido procedente de los procesos de elaboración y confección de algún producto de vestido o prenda de vestir y que pueden o no ser aprovechados, pero que por lo general son desechados por las industrias que los generan y tienden a ser acumulados tanto en basureros como en las calles.

Cuando hablamos de residuos textiles podemos clasificarlos en tres grupos:

1. *Residuo posindustrial.* Es aquel material resultante de la manipulación de los tejidos, después del corte, etc.
2. *Residuo pre consumo.* Se define como aquella prenda que no llega al mercado, por ejemplo, por ser defectuosa o por ser un descarte del fabricante.
3. *Residuo pos consumo.* Es el generado tras haber sido usado, es decir, tras haber agotado su vida útil.

Así como la clasificación anterior, existen diversas clasificaciones que nos ayudan a entender aquellos procesos que estuvieron implicados en la fabricación de un producto, las características y composición de los mismos, así como la generación de su correspondiente residuo y que nos pueden ayudar a darle su debido manejo.

Lo anterior, nos permite entender qué una cuarta parte de los recursos de la industria se desperdicia como restos de la producción de prendas de vestir cada

año, los principales recursos desperdiciados son los tejidos sin terminar, las piezas cortadas, el tejido de fin de bobina, las piezas de tejido defectuosas y las prendas sobre producidas y rechazadas. Normalmente, las prendas dañadas y los rollos desechados de tejidos reconocibles de una marca se incineran para proteger la propiedad intelectual y reducir las existencias no deseadas para evitar que se vendan a precios de saldo.

Además de las cantidades de residuos que normalmente se generan, en la sociedad se detectan nuevos hábitos que derivan en un aumento del consumo de ropa, a la que cada vez le damos menor uso antes de cambiarla por otra nueva. Esto es lo que conocemos hoy en día como el Fast Fashion.

El Fast Fashion o moda rápida es un tipo de modelo de negocio dentro de la industria de la moda que se desarrolló durante los años 80, pero no se implantó hasta los 90, cuando las compras se convirtieron en una forma de entretenimiento. Este tipo de negocio pertenece a una industria con exceso de oferta y es altamente competitivo y, además, el modelo que opera es muy disruptivo respecto al tradicional.

En la mayoría de los casos se trata de una ropa con un ciclo de vida cada vez más corto. Prendas elaboradas con tejidos de baja calidad, mayoritariamente sintéticos, de plástico, con un coste de producción muy bajo (a costa de los derechos laborales de los trabajadores) que permite al fabricante vender a un precio muy accesible y al consumidor estar a la moda de forma económica. A eso las marcas lo denominan 'socializar la moda', pero sin asumir el alto coste ecológico. Las principales marcas de Fast Fashion no esperan al cambio de estación para renovar sus escaparates, sino que en la mayoría de los casos reponen sus tiendas con nuevos diseños cada semana.

Ejemplo de lo anterior son las cifras publicadas en el año 2020 en el portal de noticias del Parlamento Europeo donde se menciona lo siguiente: *"Desde 1996, la cantidad de ropa comprada en la UE por persona ha aumentado un 40% tras una fuerte caída de los precios, que ha reducido la vida útil de la ropa. Los europeos*

consumen casi 26 kg y se desprenden de unos 11 kg de textiles cada año. La ropa usada puede exportarse fuera de la UE, pero la mayoría (87%) es incinerada o depositada en vertederos. A nivel mundial, menos del 1% de la ropa se recicla como prendas de vestir, en parte debido a tecnologías inadecuadas" (Noticias Parlamento Europeo, 2020).

2.2. Reciclaje y reutilización de residuos.

Reciclar consiste en un proceso mediante el cual los materiales que culminan su primera función son desechados y nuevamente reutilizados con una nueva función, de manera que un producto podrá ser utilizado varias veces de acuerdo a sus propiedades.

Los objetivos del reciclaje son: (Alarcón, 2013)

- Conservación o ahorro de energía.
- Conservación o ahorro de recursos naturales.
- Disminución del volumen de residuos que hay que eliminar.
- Protección del medio ambiente.

El reciclaje permite:

- Ahorrar recursos.
- Disminuir la contaminación.
- Alargar la vida de los materiales, aunque sea con diferentes usos.
- Ahorrar energía.
- Evitar la deforestación.
- Reducir el 80% del espacio que ocupan los desperdicios al convertirse en basura.
- Ayudar a que sea más fácil la recolección de basura.
- Vivir en un ambiente limpio eleva la calidad de vida.

Además del reciclaje y la reutilización de residuos es importante la adecuada implementación de un Sistema de Gestión Integral de Residuos que tenga por objetivo promover el uso de materiales biodegradables y de productos durables, y en su caso, con un desacople o desmonte sencillo para poder reincorporar los subcomponentes a un nuevo ciclo de producción.

Asimismo, brindar prioridad al reúso, la reducción y el reciclaje de los elementos, y sólo cuando sea necesario hacer una disposición final o termo-valorización del producto en caso de ser estrictamente necesario (Velázquez Mancilla et al., 2019).

En la actualidad, algunos gobiernos nacionales están aprobando leyes para obligar a las empresas a asumir su responsabilidad por los residuos generados por los productos que venden, y también están incentivando a adopción de modelos económicos y políticas ambientales mientras que al mismo tiempo varias marcas y minoristas recogen la ropa no deseada de los clientes. Ejemplo de esto son la creación de la Economía Circular y los proyectos que tienen por objetivo la utilización de residuos para crear nuevos productos ecológicos.

2.2.1. La economía circular.

El concepto de economía circular se apoya en los fundamentos de la escuela ecologista, y propone un cambio al paradigma “reducir, reutilizar y reciclar” por una transformación más profunda y duradera, que permita disminuir el impacto causado por las actividades humanas sobre el medio ambiente. Este modelo otorga al residuo un papel dominante y se sustenta en la reutilización inteligente del desperdicio, sea este de naturaleza orgánica o de origen tecnológico, en un modelo cíclico que imita a la naturaleza y se conecta con ella. Bajo este enfoque, el residuo pierde su condición de tal y se convierte en la materia prima “alimentaria” de los ciclos naturales o se transforma para formar parte de nuevos productos tecnológicos, con un mínimo gasto energético (Lett, 2014).

El planteamiento de la economía circular parte de la importancia de que “el valor de los productos, los materiales y los recursos se mantenga en la economía durante el mayor tiempo posible, y en la que se reduzca al mínimo la generación de residuos”. La idea es mantener el flujo continuo de los recursos de modo que puedan seguir utilizándose con provecho una y otra vez, sin que pierdan valor.

La transición a una economía circular requiere modificar poco a poco todos los eslabones en las cadenas de valor, desde el diseño de ropa y textiles hasta los nuevos modelos de negocios y de mercado, cruzando por la maximización de los insumos, los patrones de consumo y la gestión integral de residuos. Es un planteamiento que debe crear modelos que reviertan el daño causado hasta el momento en el medio ambiente por las actividades propias del sector.

Un mejor diseño puede hacer que los productos sean más duraderos o más fáciles de reparar, actualizar o reelaborar. Puede ayudar a los recicladores a desmontar los productos a fin de recuperar componentes y materiales valiosos. En general, puede ayudar a ahorrar recursos preciosos. No obstante, las actuales señales del mercado parecen insuficientes para que ello sea posible, debido en particular a que no coinciden los intereses de los productores, de los usuarios y de los recicladores. Por tanto, es esencial ofrecer incentivos para la mejora del diseño de los productos, al tiempo que se preserva el mercado interior y la competencia, y se promueve la innovación.

Incluso en el caso de los productos o materiales diseñados de forma inteligente, el uso ineficiente de los recursos en los procesos de producción puede dar lugar a la pérdida de oportunidades de negocio y a una significativa generación de residuos. Además, es importante promover la innovación en los procesos industriales. Por ejemplo, la simbiosis industrial permite que los residuos o los subproductos de una industria se conviertan en insumos de otra (Comisión Europea, 2015).

Ahora bien, la economía circular también genera ventajas competitivas a las empresas del sector moda y textil ya que ahora existe mayor conciencia ambiental por parte del consumidor. De hecho, hoy día los consumidores fomentan productos

que generan menores impactos ambientales y sociales. Es muy importante resaltar que estos cambios también son concebidos por un interés económico, dado que los consumidores poco a poco van rechazando las marcas que generan impactos ambientales importantes.

2.2.2. Nuevos proyectos y productos ecológicos.

En su definición más clásica, los proyectos ecológicos son aquellos que están orientados al desarrollo de prácticas responsables con los entornos y el diseño de soluciones para la conservación y el buen uso de dichos recursos y del medioambiente en general.

La OBS Business School menciona en uno de sus artículos (Pérez, A., 2021) que los proyectos ecológicos se diferencian de otros por incluir elementos como:

1. Reconoce la elasticidad del medio natural. Es decir, sabe que todo medio puede ser intervenido por la acción del hombre. Sin embargo, cuida de que dicha intervención no sea perjudicial.
2. Busca reparar o restaurar los ecosistemas. La mayoría de los proyectos ecológicos se centran en la restauración de lugares, zonas o regiones que han sido afectadas por la acción del hombre o de la propia naturaleza.
3. Tienen una visión holista de la realidad. Para el director de proyectos ecológicos, la premisa es una sola: “Todo está en todo”. Es decir, no se puede intervenir un aspecto sin que esto tenga consecuencias sobre todo el entorno o ecosistema. Cualquier acción genera unas determinadas consecuencias.
4. Reconoce la entropía como causa natural. Sin embargo, a la vez cuenta con la conciencia de que los ecosistemas y el medioambiente en general están predispuestos a la destrucción y al deterioro natural. El asunto pasa, pues, por retrasar cuanto más sea posible dicho proceso.

5. Entiende el medioambiente en un sentido amplio. Los proyectos de este tipo no sólo se centran en acciones para el cuidado del medioambiente como el reciclaje o la conservación de los recursos naturales. También se preocupan de distintos elementos que intervienen directa o indirectamente en esta área, desde la calidad del aire hasta nuestro modelo de consumo.

Algunos ejemplos de proyectos ecológicos enfocados al reciclaje son abordados en el trabajo realizado por Chumbi Rivera (2016), "Guía de procesos para la fabricación de objetos textiles para generar fuentes de trabajo desde una conciencia social y medioambiental" donde podemos mencionar los siguientes:

- Varios diseñadores latinoamericanos han tenido este querer de reutilizar de sus propios talleres estos remanentes para reutilizarlos es así que la diseñadora Mariana Cortés de Juana de Arco de Argentina, trata de recolectar pedazos de telas e hilos para armar muñecos rellenos de diversos tamaños y alfombras con nudos.
- Reciclart es una marca de Consuelo Riedel, es una artista visual chilena que trabaja con diseños elaborados a base de la reutilización y el reciclaje donde cada diseño es creado con conciencia medio ambiental.
- Cyclus es una marca que se encuentra en Colombia, esta empresa se dedica a prolongar la vida útil de los neumáticos generando nuevos usos y sobre todo innovadores, como mochilas, bolos, etc.
- Kaluna una marca mexicana que vende ropa, accesorios a partir de diferentes materiales reciclados, trabajan con materiales procedentes de radiografías recicladas creando fibras de poliéster.

Sin embargo, en el caso de los proyectos enfocados a la mitigación de residuos textiles estos están orientados en el aprovechamiento de estos residuos para elaborar nuevos productos ecológicos y no logran cubrir todos estos aspectos antes mencionados. Esto se debe al poco interés que ha habido durante años por desarrollar nuevas tecnologías que permitan el aprovechamiento de los mismos, así

como las limitantes autoimpuestas de estos proyectos como lo son sus objetivos y su alcance.

Una de las investigaciones más relevantes sobre el tema del reciclaje enfocado a la industria textil es el realizado por Urruty (2008), "Mistonga: Reciclaje textil local" donde analizando el contexto de América Latina obtiene la siguiente conclusión con respecto a la situación que se vive en el primer mundo: *“La información existente sobre el reciclaje textil en América Latina es muy escasa. No existen investigaciones sobre las posibilidades de esta industria, ni se ve aparte de algún programa aislado, un interés particular por parte de organismos estatales en desarrollar programas para este tipo específico de reciclado.”* (Urruty, 2008).

Pero pese a estas limitaciones se ha demostrado como estos proyectos y estos nuevos productos ecológicos han logrado ser un éxito y comienzan a diversificarse para poder trabajar en distintas áreas como lo es la industria de la construcción donde encontramos otra propuesta novedosa, los tabiques ecológicos.

2.3. Tabiques ecológicos.

Los tabiques ecológicos son productos elaborados con materiales que no degradan, ni dañan el medio ambiente y cuya fabricación también es respetuosa, y apunta al cuidado y conservación de nuestro medio natural, frente a los ladrillos comúnmente utilizados en los procesos de construcción o ingeniería civil cuya fabricación y materiales, en poco o nada favorecen la conservación del medio ambiente. Aunque es de resaltar y reconocer que los ladrillos ecológicos tienen cualidades similares a los tradicionalmente utilizados para la construcción de las casas, edificios, huertas escolares, quioscos; jardines, entre otros.

Podemos decir que la idea principal de los tabiques ecológicos es emplear un residuo sólido inorgánico para elaborar un nuevo producto. Esto se hace triturando, compactando o fundiendo estos residuos y posteriormente añadiéndolos a una mezcla cementante o adhesiva para después ser vertidos en un molde, ser

compactados y puestos a secar o simplemente son confinados a un recipiente para ser empleados como relleno.

Los primeros tabiques formalmente reconocidos como ecológicos datan de la década de los 90's y de los trabajos realizados en aquel entonces por el ingeniero civil jubilado Henry Liu quien comenzó a trabajar con ceniza de carbón y plástico usado para desarrollar nuevos materiales, y posteriormente con el apoyo de la Fundación Nacional para la Ciencia (NSF) de Estados Unidos, hasta lograr consolidar años más tarde su producto estrella "Fly-Ash Brick" junto a su empresa Freight Pipeline (Eroski Consumer, 2008).

Actualmente existen múltiples empresas y comunidades que han incursionado en esta práctica y han desarrollado sus propios tabiques ecológicos. Entre las variantes más conocidas de estos tabiques ecológicos podemos encontrar:

- Tabiques elaborados a partir de plástico PET triturado; son proyectos de uso libre y personalizables, vistos comúnmente como proyectos escolares.
- Tabiques tipo LEGO de plástico fundido; son proyectos de uso libre y personalizables, se diferencian por el uso de maquinaria de libre venta y molde fabricados con molduras particulares que permiten el ensamblaje.
- Tabiques de arena y ceniza de carbón; Fly-Ash Brick por Freight Pipeline, Estados Unidos.
- Botellas plásticas rellenas de residuos inorgánicos comprimidos; proyectos impulsados por la población de comunidades de bajos recursos para la construcción de viviendas.
- Tabiques de nopal y cemento; proyecto de Javier Guillén, México.
- Tabiques de tela; FabBRICK por Clarisse Merlet, Francia.

Estos tabiques ecológicos han ganado popularidad debido a que han demostrado poseer cualidades similares a las que poseen los tabiques tradicionales, así como el saber ganarse su propio nicho comercial.

2.3.1. Importancia e impacto dentro de la industria de la construcción.

En relación al área de la construcción, actualmente el material más utilizado en muros es el ladrillo gambote de arcilla, sin embargo, este utiliza procesos de elaboración que contaminan la atmósfera, razón por la cual la elaboración de ladrillos artesanales son considerados dañinos para el medio ambiente, los combustibles que se utilizan para la cocción de estos productos como: leña, llantas, madera, plásticos o textiles, entre otros, al ser quemados, emiten una gran cantidad de gases a la atmósfera, como monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, bióxido de azufre y partículas sólidas. Los gases que se generan en la fabricación son causantes de problemas de salud y contaminación ambiental, como: lluvia ácida, gases inflamables, calentamiento de la biosfera y humos tóxicos que afectan al ser humano.

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) señala que de acuerdo con el Censo Económico de 2009 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en el país había 10 mil 251 unidades económicas de fabricación de ladrillos, aunque la Red de Información de Productores de Ladrillos (Red Ladrilleras) estima que en México existen 16 mil 953 unidades de producción. Por lo tanto, se trata de un sector de gran impacto económico que a la fecha sigue manteniendo procesos de producción rudimentarios altamente contaminantes (Agencia Informativa Conacyt, s.f.).

Esto ha vuelto evidente la necesidad de impulsar nuevas propuestas que busquen la mitigación tanto de los daños ambientales ya causados como la previsión de la futura contaminación derivada de esta industria. Por lo que el reciente surgimiento de nuevos proyectos y pequeñas empresas dedicadas a la elaboración de tabiques ecológicos han sido una respuesta por parte de la población ante esta situación.

Siendo así que las ventajas que el empleo de estos tabiques ecológicos pretende superar a las que los tabiques convencionales han ofrecido durante años, entre estas ventajas se pueden mencionar:

1. *Sostenibilidad.* Debido a su método de producción que no implica un proceso de cocción su impacto ambiental es mucho menor.
2. *Practicidad y productividad.* Trabajar con este tipo de tabiques exige menos tiempo y mano de obra, ahorrando también en gastos y uso general de materiales.
3. *Reducción de residuos.* Su empleo en diferentes obras de construcción ha resultado en una reducción de residuos generados y materiales desechados.

Mientras que por otro lado las desventajas que estos productos implican suelen ser más concretas y debatibles, por ejemplo:

1. *Precio.* El coste de utilizar estos tabiques es considerablemente más alto en comparación a los convencionales por lo cual no todas las obras pueden costear su uso.
2. *Cambios.* Ante cambios repentinos o inesperados es complicado la modificación de las dimensiones del tabique para condiciones específicas.
3. *Proveedores.* Al ser un producto relativamente nuevo y diseñado para obras específicas es bastante difícil el encontrar proveedores en la región lo cual incrementa el coste de transporte y de adquisición.

De tal manera que la innovación tecnológica, las investigaciones sobre materiales y la expansión del mercado ha permitido la existencia de cada vez más propuestas que buscan maximizar estas ventajas a la par que permean sus desventajas como respuesta a los gustos y necesidades de cada mercado potencial.

2.3.2. Presentación de la propuesta: Tabique a base de desechos textiles.

El tabique ecológico de tela es un producto que incursiona en la industria de los materiales para la construcción ofreciendo una alternativa más barata, eficiente y al alcance de todos, así como más limpia en comparación con los productos tradicionales. Además de ser un producto basado en la reutilización y reciclaje de residuos textiles.

Este tipo de tabiques han sido producidos a pequeña y mediana escala en otros países, principalmente Francia, donde han demostrado ser parcialmente resistentes al fuego y a la humedad, constituyendo un excelente aislante térmico y acústico. Por otro lado, este tipo de tabique ha adquirido gran popularidad al ser empleados para la construcción tanto de paredes divisorias como de muebles decorativos.

Las telas al ser básicamente fibras, como cualquier otro material, tienen una serie de características y propiedades que las definen. Entre las propiedades que las vuelven una materia prima potencial se encuentran: Baja densidad, Estabilidad al calor, Elasticidad, Resistencia variable a agentes químicos, Resistencia a la luz y a la oxidación por el aire, Conductividad térmica y eléctrica variable, y Comportamiento frente a la humedad.

2.4. Panorama actual.

Para poder establecer bases de factibilidad con respecto al proyecto se debe analizar la situación general del país, su imagen ante el mundo y como es que esta industria influye directamente en el país tanto en el aspecto económico como social.

2.4.1. México en el mundo.

De acuerdo con datos del INEGI obtenidos por el Centro Mexicano de Derecho Ambiental, A.C. (Velázquez Mancilla et al., 2019). El sector de la moda y textil de México consiste de aproximadamente 20,000 empresas, de las cuales 90% son pequeñas y medianas (PYMES), mismas que generan alrededor de un millón de

empleos directos e indirectos. El sector moda y textil en 2014 produjo el 10% del Producto Interno Bruto (PIB) en el sector manufacturero; es decir, el 10% de aquellas actividades económicas que transforman materias primas en artículos para el consumo.

Por su ubicación geográfica, México es el vínculo entre América del Norte, Centroamérica y el Caribe. La firma de acuerdos y tratados comerciales con los países de ambas regiones ha favorecido el establecimiento y desarrollo de empresas maquiladoras de textiles, ropa y calzado. Considerando también que el sector moda y textil guarda relación con diversas industrias productivas, como la automotriz, aeronáutica y muebles, entre otras.

También resulta relevante que México cuenta con una población de casi 120 millones de habitantes, de los cuales las y los jóvenes entre 12 y 29 años conforman el 31.4% del total. Prácticamente la mitad son mujeres y la mitad hombres (50.6% y 49.4% respectivamente). Esto resulta relevante dado que las personas jóvenes son el público consumidor más importante para el sector moda y textil en México como en el resto del mundo.

2.4.2. Contexto local.

Por otra parte, se estableció al municipio de Moroleón para ejemplificar la compatibilidad del proyecto con la comunidad, mientras se evalúa su contexto local y la generación de residuos de interés para determinar su potencial de éxito.

Moroleón como complejo textil es un municipio que se distingue por la actividad productiva y comercial en el ramo textil. Donde poco más del 90% de la actividad económica corresponde al ramo de la industria textil, en el que se destacan las actividades de manufactura, comercio y proveeduría (Gobierno Moroleón, 2021).

De tal manera que a continuación, se presenta la siguiente información que responde a lo expuesto en el "Programa municipal para la gestión integral de

residuos sólidos urbanos del municipio de Moroleón, Gto" (Gobierno Moroleón, 2018), y que servirá para contextualizar la situación del municipio en materia de residuos.

○ **Generación de residuos.**

El municipio cuenta con el servicio de depósito de RSU en el Sitio de Disposición final, en el cual se almacenan, clasifican y cuantifican los residuos generados en el municipio. A continuación, se muestra el promedio de kilogramos semanales generados en el año 2017.

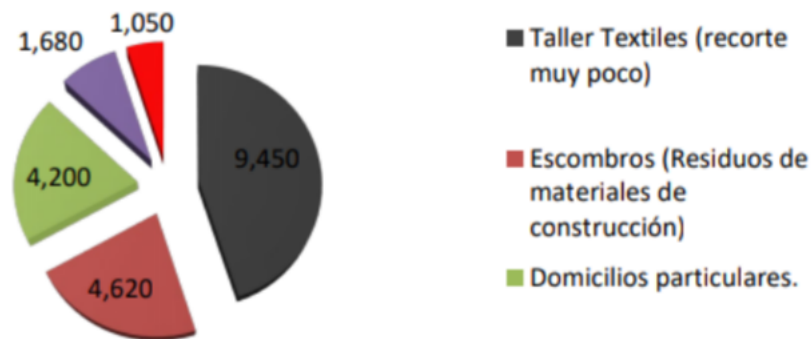


Figura 1. Kilogramos semanales promedio de RSU depositados en el SDF (Gobierno Moroleón, 2018).

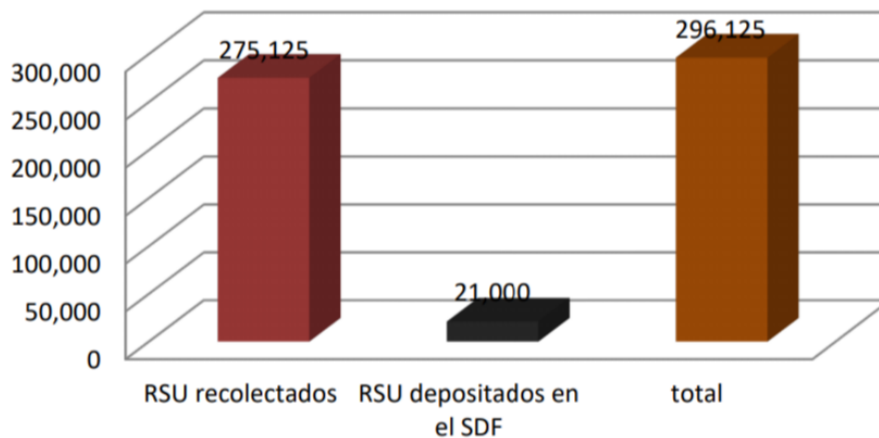


Figura 2. RSU dispuestos en el SDF de Moroleón (Gobierno Moroleón, 2018).

Total, de RSU tratados en el SDF En el Municipio de Moroleón, Gto. Son 296,125 X 52 SEMANAS = 15, 398, 500 KG DE RSU EN EL AÑO 2017

○ **Aprovechamiento y reciclaje de residuos.**

El Sitio de Disposición Final del municipio cuenta con grupos de personas que se dedican a la recolección y reciclaje de diversos materiales que posteriormente comercializan. Estos grupos laboran de manera independiente al municipio y cuentan con su propio reglamento interno y que a través de sus propios registros han permitido concluir la siguiente información con respecto a sus actividades:

- Por semana aproximadamente se reciclan de 8,000 a 13,500 kg., por lo que anualmente se reciclan aproximadamente 559,000 kilogramos de los diferentes materiales enunciados.
- Esta actividad es el sustento de las familias de las personas que allí reciclan los materiales día con día.

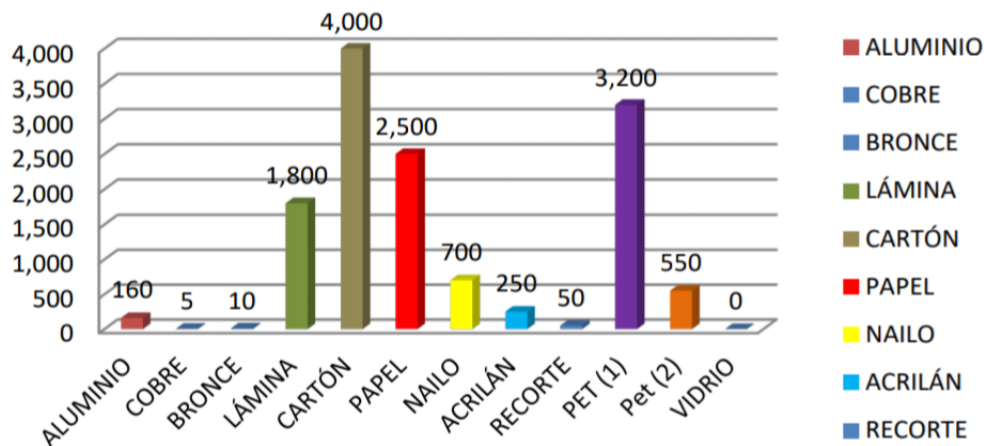


Figura 3. Materiales reciclados por semana (agosto de 2016) (Gobierno Moroleón, 2018).

Asimismo, existen registros sobre los ingresos aproximados que estas actividades generan cada año.

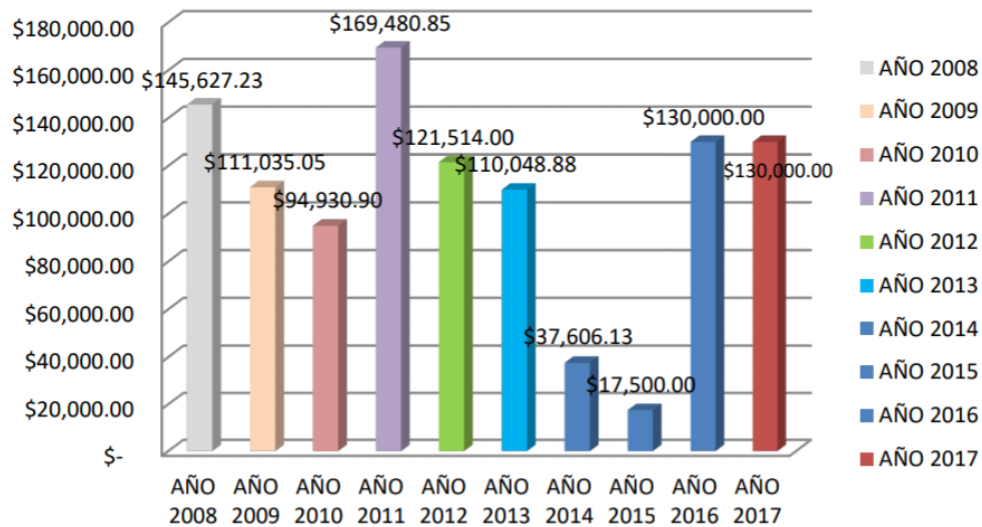


Figura 4. Ingresos aproximados generados por actividades ligadas al reciclaje (Gobierno Moroleón, 2018).

Beneficio y aceptación.

Con base en la información mostrada anteriormente y considerando tanto el contexto local del municipio, así como la predominancia de sus actividades económicas dirigidas a la industria textil y sus antecedentes con respecto al reciclaje, es correcto afirmar la existencia de un beneficio derivado de la aceptación de un proyecto a mayor escala basado en este trabajo.

Hasta el momento no se tienen registros de actividades dirigidas al reciclaje de residuos textiles y dado que el municipio es uno de los principales generadores a nivel estatal, esta sería una gran oportunidad para generar empleos e incursionar formalmente en el área de la economía del reciclaje. Del mismo modo, se ha visto en años recientes un creciente interés por parte de la población en colaborar en proyectos ambientales así que ya existen antecedentes positivos de aceptación.

Capítulo 3

Planteamiento del problema

- 3.1. Identificación.** En las últimas décadas y con el incremento poblacional la industria textil se ha posicionado como uno de los mayores contaminantes a nivel global, siendo así que es uno de los principales generadores de residuos sólidos. Actualmente diversas investigaciones han vinculado los residuos textiles con diversas problemáticas ambientales lo cual ha hecho inminente la creación de programas, leyes y proyectos que busquen mitigar la generación y acumulación de estos residuos.
- 3.2. Justificación.** A raíz de la problemática actual que representa la generación de residuos textiles y la acumulación de los mismos en vertederos se ha optado por la reutilización y aprovechamiento de estos para la fabricación de tabiques ecológicos; los cuales no representan una fuente de contaminación considerable en su proceso de elaboración y han mostrado resultados favorables como alternativa.
- 3.3. Alcance.** El eje principal de este trabajo es la elaboración de un prototipo de tabique ecológico de tela que tenga las características suficientes para ser empleados en pequeños trabajos de construcción mientras se analiza la rentabilidad del proyecto aplicado al contexto local.

Capítulo 4

Objetivos

4.1. Objetivos generales.

- Elaborar un tabique a base de desechos textiles.

4.2. Objetivos específicos.

- Recolectar muestras de los residuos textiles generados en la localidad e identificar aquellos que son adecuados para elaborar el tabique.
- Fabricar varios prototipos de tabiques que repliquen características de los tabiques cerámicos actuales.
- Realizar pruebas de calidad que permitan la caracterización de los tabiques.
- Determinar aquel prototipo de tabique cuya mezcla haya sido el mejor acorde las pruebas.

Capítulo 5

Metodología

5.1. FASE 1: Experimentación y materiales.

1.- Extracción de mucílago.

Dado que uno de los principales componentes para la elaboración del tabique es el mucílago de nopal, se seleccionó el método que brindó los mejores resultados en términos de eficiencia y rendimiento. A continuación, se presenta este método y cómo se desarrolló para las necesidades de este proyecto.

Antes de proceder con el método, se realizaron los siguientes pasos:

- Se lavaron los nopales.
- Se retiraron las espinas manualmente con cuchillo.
- Se cortaron en pequeños trozos.

Método en Remojo.

1. Los trozos de nopal se depositaron en un recipiente plástico con tapa el cual se rellenó con agua en proporción nopal/agua de 1:3 y que posteriormente fue tapado.
2. El recipiente se colocó en un lugar seco y se dejó reposar durante 24 horas.
3. El contenido se filtró y colocó en otro recipiente para poder medir un rendimiento aproximado.

2.- Selección de telas.

Debido a que los tabiques serán elaborados a partir de desechos textiles fue necesario tomar muestras de aquellos residuos textiles y telas comunes mayormente empleadas y desechadas en la comunidad. Se consiguieron muestras de telas de diversos locales, tiendas y fábricas que suelen ser quienes mayormente generan estos residuos. Posteriormente fueron esparcidos sobre una mesa y clasificados según el tipo de tela para así poder caracterizar cuales serían los desechos textiles más predominantes en la composición del tabique.

Las telas fueron limpiadas y separadas de objetos plásticos y metálicos, para que sean trituradas varias veces hasta obtener un confitillo o serpentina que nos permita manipular mayores cantidades sin problemas o que generen obstrucciones.

3.- Primera tanda de muestras con materiales variados.

Considerando los resultados de la actividad anterior, se procedió a experimentar con materiales variados a través de pequeñas muestras que nos permitan observar cómo se comportan y su compatibilidad con las telas.

A continuación, se muestra un cuadro control de estas muestras realizadas y la composición de las mismas.

Tabla 1. Cuadro control de la primera tanda de muestras.

Símbolo de identificación	Composición de la muestra
Δ	Tela + Cemento
□	Tela + Resistol para madera
O	Tela + Pega piso
#	Tela + Pegamento para madera + Cemento
*	Tela + Pegamento para madera + Pega piso
X	Tela + Pegamento para madera + Cemento + Pega piso

4.- Segunda tanda de muestras con materiales variados.

Para la realización de esta segunda tanda de muestras se consideraron otros materiales los cuales fueron agregados para formar una mezcla la cual fue añadida a una cantidad determinada de tela para formar muestras de las mismas dimensiones que las realizadas en la actividad anterior.

A continuación, se muestra un cuadro control de sobre la composición de las mezclas empleadas para estas nuevas muestras.

Tabla 2. Cuadro control de las composiciones de las mezclas.

Número de identificación	Composición de la mezcla
1	100% Pegamento para madera
2	60% Pegamento para madera + 40% Agua
3	60% Pegamento para madera + 40% Mucílago de nopal
4	100% Maicena preparada
5	60% Pegamento para madera + 40% Preparado de maicena
6	100% Maicena/Mucílago
7	60% Pegamento para madera + 40% Maicena/Mucílago

5.- Muestras preliminares de mayor tamaño.

Posteriormente, se realizaron muestras más grandes con los materiales para poder observar si los resultados obtenidos anteriormente cambian o se mantienen en una escala mayor.

Para ello se elaboraron mezclas al triple de tamaño en comparación a las realizadas en actividades anteriores, se vertieron en recipientes cerámicos y se colocaron dentro de un secador con control de temperatura para así descartar el factor ambiental.

5.2. FASE 2: Elaboración del producto.

1.- Fabricación del molde.

Para el diseño del molde se delimitaron primeramente las dimensiones deseadas del tabique, las cuales fueron: 10 cm X 20 cm X 5 cm. Se seleccionó la madera como material principal y cinta adhesiva canela para empaque como recubrimiento de las paredes internas del molde. Fueron elaborados dos prototipos de moldes y se sometieron a una prueba de presión para poder determinar que molde posee mayor calidad.

Prototipo 1. Este prototipo fue fabricado enteramente de madera, unido con pijas negras para madera y fijado a una base desmontable a través de escuadras, cuenta con un sistema de abrazaderas y tubos que funcionan como un seguro para mantener la presión en el molde una vez que se retire de la prensa. Su particularidad radica en que las paredes del molde están unidas formando un marco y se puede desmontar de la base para así sacar los tabiques del molde.

Prototipo 2. Este prototipo cuenta con sus paredes, base y tapa fabricadas en madera, pero posee un armazón elaborado con perfil metálico (Ángulo de: 1" X 1/8") el cual fue fijado a la base y unido a través de tornillos, tuercas y rondanas. Se diferencia en que es una base con una estructura metálica fija y las paredes del molde están sueltas, permitiendo que puedan ser colocadas o extraídas individualmente, cuenta con el mismo sistema de tubos y abrazaderas que el primer prototipo.

Prueba de presión.

Se rellenó el molde con 500 gramos de tela triturada, superando la cantidad estimada que requerirán los tabiques (300 gramos), para posteriormente tapar el molde a presión y colocarlo en la prensa. Una vez colocado el molde con tela en la prensa y centrado con respecto al émbolo de la prensa, se procedió a ejercer presión sobre el mismo para poder evaluar su resistencia.

Para poder medir su resistencia se tomaron como referencia dos consideraciones:

- Hasta qué punto la prensa es capaz de hacer descender la tapa del molde y la resistencia que presente el molde a que esta descienda.
- La resistencia estructural y de las paredes del molde al someterse a la presión.

2.- Elaboración de tabiques de muestra.

Una vez que se determinaron aquellos materiales que obtuvieron los mejores resultados aparentes y se fabricaron los moldes con las medidas requeridas, se elaboraron muestras de tabiques a una escala de producto real y de composiciones variadas para observar cómo sería un producto final y sus características. A continuación, se muestra una tabla control de la composición de las muestras elaboradas.

Tabla 3. Cuadro control mayor de la composición de los tabiques de muestra.

Tiempo de remojo de la tela en mucílago de nopal	Composición de la mezcla base: Pegamento para Madera	Composición de la mezcla base: Preparado de Maicena	Número de identificación con base en su orden de producción.
5 minutos	100%	0%	V
5 minutos	90%	10%	VI
5 minutos	80%	20%	III
20 minutos	100%	0%	IV
20 minutos	90%	10%	VII
20 minutos	80%	20%	II
---	100%	0%	I
---	90%	10%	VIII
---	80%	20%	IX

Enseguida, se estableció una metodología estándar a seguir para poder elaborar las muestras.

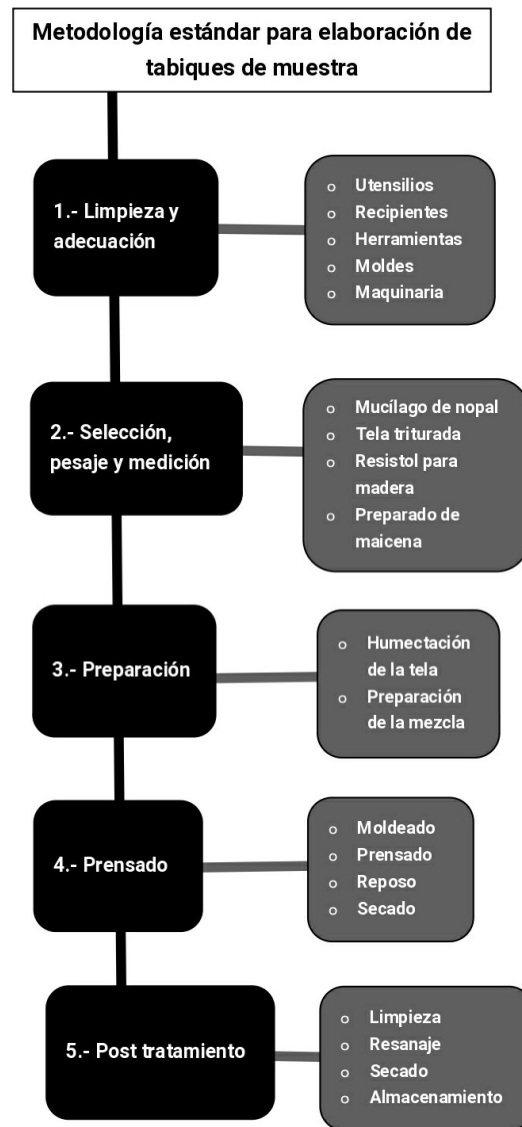


Figura 5. Diagrama: metodología estándar para muestras (Válido solo para este punto).

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.

Para poder efectuar las pruebas se replicaron los tabiques de muestra V y IV en tres para cada prueba específica y se agruparon para la toma de mediciones que ayuden a establecer valores promedios. Asimismo, los tabiques V y IV fueron renombrados a "A" y "B" respectivamente para facilitar su manejo e identificación.

Los resultados de las pruebas fueron analizados empleando el software Minitab en su modalidad ANOVA, para un solo factor y utilizando el método de comparaciones en parejas de Tukey con una confianza de 95% para determinar la similitud estadística entre los valores con respecto al tipo de muestra (A y B).

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.

Objetivo: Determinar el grado de reproducibilidad y eficacia que ofrecen los moldes al hacer muestras individuales.	Consideraciones: <ul style="list-style-type: none">• Uniformidad.• Franjas y huecos.
--	--

2.- Absorción por inmersión en agua.

Las muestras son colocadas en recipientes llenos de agua y sumergidas hasta quedar completamente inmersas. Al cabo de 30 minutos, 1 hora, 2 horas y 24 horas de inmersión se toman las medidas correspondientes; para lo cual la muestra es extraída con cuidado y colocada sobre una reja con fondo donde esta pueda escurrir

el exceso de líquido, pasados un par de minutos y que la muestra haya dejado de escurrir, se mide el peso másico nuevo y se regresa con cuidado la muestra.

Objetivo: Calcular el porcentaje de absorción de las diferentes muestras y observar los efectos de la exposición directa al agua.

Consideraciones:

- Inmersión total.
- Tiempo de escurrimiento por observación.
- Grado de deformación.

El principal factor numérico a calcular es el porcentaje de absorción, el cual se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$\% Abs = \frac{Ph - Ps}{Ps} X 100$$

Dónde:

% Abs = Porcentaje de absorción

Ph = Peso húmedo

Ps = Peso seco

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 temporiza el tiempo de exposición directa deseado y la muestra se retira del fuego, se apaga el fuego sofocando las llamas y se toma como referencia medible el radio de quemado en centímetros, así como las observaciones con respecto a los parámetros cualitativos de interés.

Objetivo: Observar la facilidad con la que las muestras se encienden y desprenden llamas.

Consideraciones:

- Propagación y fuerza de las llamas.

- Degradación y consumo de la muestra.

4.- Resistencia a la compresión.

Empleando una prensa electrónica de grado industrial, y cortando las muestras por la mitad con respecto a su largo, la muestra es colocada sobre la zona correspondiente y posicionada en el centro con respecto al émbolo. Posteriormente la maquina es encendida y una vez que se haga contacto con la muestra se dejará trabajar hasta que se observen signos de fractura y deformación considerables. Por último, se toman las medidas de presión máxima soportada que registre la máquina.

Objetivo: Establecer la presión **Consideraciones:**

máxima a la que se puede someter una muestra antes de que ceda y se fracture.

- Especificaciones y limitaciones técnicas del equipo.

Capítulo 6

Resultados

6.1. FASE 1: Experimentación y materiales.

1.- Extracción de mucílago.

El Método en Remojo (Figuras 6 y 7) obtuvo mejores resultados en términos de rendimiento y pese a que su pureza es menor, el mucílago obtenido poseyó una consistencia similar a otros métodos consultados, aunque esté diluido en una mayor cantidad de agua. Se optó por seleccionar este método dado que tiene mejor rendimiento y requiere de menor coste tecnológico y energético para desarrollarlo.



Figura 6. Preparación de los nopales para extracción de mucílago.



Figura 7. Extracción de mucílago por el método en remojo.

2.- Selección de telas.

Entre las telas recolectadas (Figuras 8 y 9) se encontraron diversas muestras y en cantidades distintas, la predominancia se inclinó hacia el algodón y el poliéster, pero se encontraron igualmente pequeñas cantidades de otras telas sintéticas.



Figura 8. Muestras de tela clasificadas con respecto a su tipo.

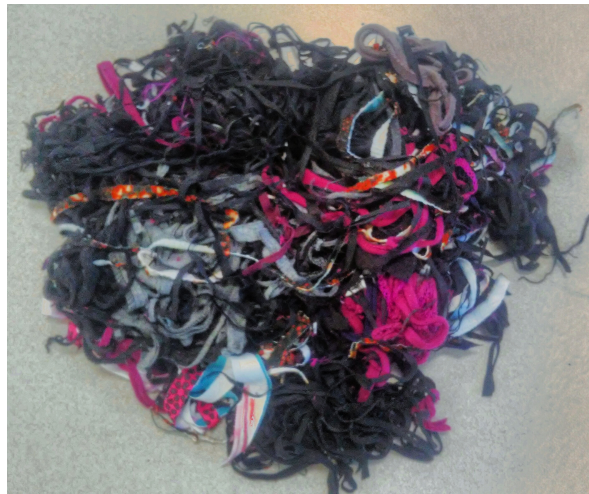


Figura 9. Tela triturada empleada para pruebas y elaboración de muestras.

3.- Primera tanda de muestras con materiales variados.

A continuación, se presenta una tabla con las observaciones obtenidas de cada muestra.

Tabla 4. Observaciones individuales de la primera tanda de muestras.

Símbolo de identificación	Observaciones
Δ	Dureza aparente, pero alta presencia de huecos por burbujas de aire.
□	Dureza media, pero presenta signos de resequedad.
O	Dureza media, pero se desmorona al contacto y con el roce.
#	Dureza aparente y acabado exterior más fino, pero alta presencia de huecos por burbujas de aire.
*	Dureza aparente y porosidad en su acabado, pero alta presencia de huecos por burbujas de aire.
X	Alta dureza, poca porosidad, pero alta presencia de huecos por burbujas de aire.

Todas las muestras presentaron resultados similares por lo cual no era conveniente hacer una predicción de cómo serán en muestras a mayor escala. Siendo así que se realizó otra tanda de muestras, pero ahora variando más en los materiales para una selección más adecuada con base en los resultados que presenten.



Figura 10. Primera tanda de muestras.

4.- Segunda tanda de muestras con materiales variados.

A continuación, se presenta una tabla con las observaciones obtenidas de cada muestra.

Tabla 5. Observaciones individuales de la segunda tanda de muestras.

Número de identificación	Composición de la mezcla
1	Consiguió una dureza media, pero se hace presente un grado considerable de sequedad.
2	Tiene una dureza media, pero un acabado áspero.
3	Mostró dureza en su exterior, pero bastante blando en su centro.
4	Tras el secado comenzó a manifestar grietas que poco a poco se extendieron hasta deshacer la muestra.
5	Tiene una dureza alta, pero un acabado arenoso.
6	Mantiene su forma, pero posee muy poca dureza y una notable sensibilidad a la presión.
7	Mostró una dureza bastante superior en comparación a las otras muestras, aunque también posee un acabado áspero.

El pegamento para madera mostró una buena eficacia como agente adhesivo, pero muestra dificultad para integrarse a una mezcla por lo cual se trabajará con el mucílago de nopal y el preparado de maicena para aligerar la carga. Posteriormente se elaborarán muestras de mayor tamaño para poder observar los cambios.



Figura 11. Segunda tanda de muestras.

5.- Muestras preliminares de mayor tamaño.

Dado que ninguna de las muestras presentó algún signo en particular que permitiese la diferenciación entre las mismas, no se obtuvo algún resultado de utilidad práctica y se decidió proceder con la fabricación de un molde con dimensiones reales para así realizar posteriormente pruebas bajo la simulación de un producto real.



Figura 12. Muestras preliminares de mayor tamaño.

6.2. FASE 2: Elaboración del producto.

1.- Fabricación del molde.

Prototipo 1: (Figura 13) Este prototipo presentaba una capacidad aparente mucho mayor que la necesaria y mostraba una mayor facilidad de llenado al tener todas sus paredes fijas evitando movimientos inesperados durante su manipulación. Sin embargo, al ser sometido a la presión se deformó fácilmente y las uniones entre el marco y la base se rompieron.

Prototipo 2: (Figura 14) Este prototipo representa mayor dificultad en su manejo al tratarse de varias piezas que se ensamblan de manera específica en una estructura fija, lo cual puede retrasar la producción, pero al ser sometido a la prueba de presión presentó una resistencia absoluta a esta. Siendo así que este prototipo es capaz de soportar presiones superiores a las esperadas con respecto al contenido de materia contenida.

Dado que se esperaba producir varias muestras de diferente proporción entre sus componentes y que se desconoce cómo estas variaciones afectarán al molde, se optó por seleccionar el *Prototipo 2*, priorizando así la resistencia del molde sobre la rapidez de producción con respecto a su manejo y la metodología establecida para fabricar los tabiques. De este modo, se fabricarán dos moldes con base al prototipo seleccionado para agilizar la producción.



Figura 13. Molde: Prototipo 1.

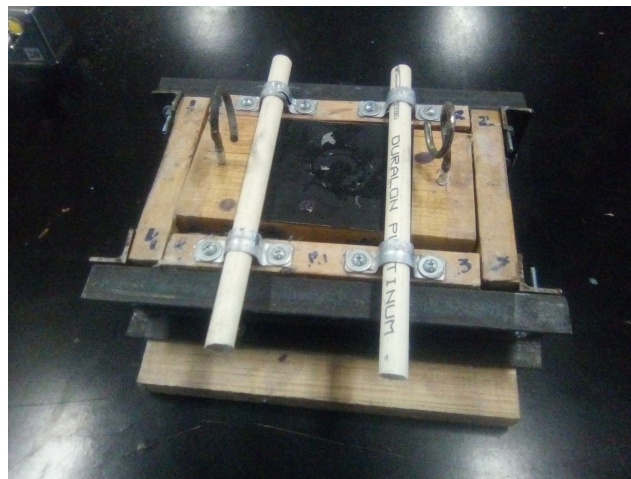


Figura 14. Molde: Prototipo 2.

2.- Elaboración de tabiques de muestra.

A continuación, se presenta una tabla donde se agrupan las muestras con base en las características que presentaron en común, así como su aceptación o rechazo como propuesta.

Tabla 6. Observaciones grupales de las muestras con base en sus características y veredicto de aceptación.

Número de identificación	Observaciones grupales	Veredicto
<ul style="list-style-type: none">○ I○ XIII○ IX	La falta de humedad en las telas propició gran resequedad en las muestras, los materiales no se mezclaron del todo y una vez terminado el proceso de elaboración presentaron agrietamientos y desprendimientos.	Rechazado
<ul style="list-style-type: none">○ II○ III○ VI○ VII	Tienen buena firmeza y dureza, pero algunas muestras generaron grumos que no se pudieron disolver y que al endurecer daban mal aspecto mientras que otros presentaron crecimiento de hongos en esos grumos.	Rechazado
<ul style="list-style-type: none">○ IV○ V	Tras el primer secado obtuvo un buen acabado, una escasa manifestación de grietas y una dureza media. Sin embargo, después del proceso de resanado su resistencia en general aumento considerablemente.	Aceptado

Se seleccionaron las muestras IV y V como las más idóneas para ser replicadas y pasar a la fase de pruebas de calidad.



Figura 15. Tabiques de muestra.

6.3. FASE 3: Pruebas de calidad.

Las muestras fueron elaboradas siguiendo el diagrama metodológico presentado en el *Capítulo V: Metodología*, excluyendo solamente la actividad relacionada a la elaboración del "preparado de maicena" el cual ya no fue considerado dentro de las muestras actuales. De tal manera que ahora se presta un diagrama metodológico simplificado (Figura 16) que marcará un estándar para las pruebas.

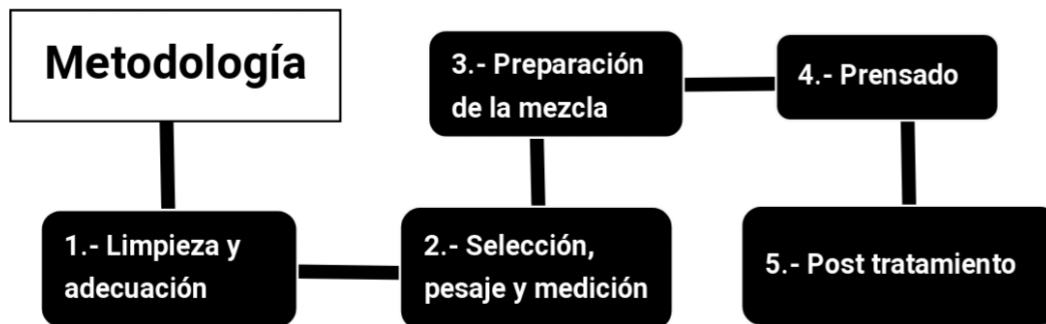


Figura 16. Diagrama simplificado: metodología de elaboración de tabiques de tela.

Capítulo 6. Resultados.

1.- Dimensiones y densidad.

Para esta prueba se tomaron como referencia las primeras 10 muestras elaboradas de cada tipo, se tomaron medidas individuales (Tabla 7) y se promediaron de acuerdo con el tipo al que pertenecían (Tabla 8).

Tabla 7. Valores individuales de las muestras.

Muestra	Masa (g)	Volumen Teórico (cm^3)	Densidad Teórica ($\frac{g}{cm^3}$)
A1	395.1	1501.5	0.2631
A2	404.7	1386	0.2919
A3	386.3	1200	0.3219
A4	407	1394.125	0.2908
A5	397.9	1399.125	0.2843
A6	392.1	1365	0.2872
A7	379.2	1394.123	0.271
A8	385.5	1465.75	0.263
A9	382.3	1399.125	0.2732
A10	375	1365	0.2747
B1	381.8	1399.125	0.2728
B2	388.5	1465.75	0.265
B3	366.1	1532.375	0.3289
B4	390.9	1399.125	0.2793
B5	398.3	1465.75	0.2717
B6	394.1	1353	0.2912
B7	398.3	1353	0.2943
B8	404.8	1353	0.2991
B9	375.3	1353	0.2773
B10	375.6	1365	0.2751

Tabla 8. Valores promedio por tipo de muestra.

Tipo de muestra	Masa (g)	Volumen Teórica (cm^3)	Densidad Teórica ($\frac{g}{cm^3}$)
A	390.51	1387.97	0.2821
B	387.37	1403.91	0.2764



Figura 17. Tabiques de muestra tipo A.



Figura 18. Tabiques de muestra tipo B.

2.- Absorción por inmersión en agua.

La siguiente tabla (Tabla 9) engloba un registro de los pesos de cada muestra en diferentes tiempos durante el desarrollo de la prueba. Seguidamente de otra tabla (Tabla 10) donde se calcularon los porcentajes de absorción de cada muestra correspondientes al tiempo en que estas fueron pesadas.

Tabla 9. Valores de peso seco (Ps) y peso húmedo (Ph).

Muestra	Ps	Ph (30 min)	Ph (1 h)	Ph (2 h)	Ph (24 h)
A4	407	1301.1	1313.7	1326.2	1225.1
A6	392.1	1328.4	1337	1355.3	1332
A10	375	1395.2	1407.9	1422.5	1417.1
B4	390.9	1396.6	1405.3	1418.2	1408.3
B5	398.3	1292.8	1313.2	1318.2	1306.6
B7	398.3	1353.8	1378.5	1392.4	1357.6

Tabla 10. Valores de porcentaje de absorción con respecto al tiempo.

Muestra	% Abs (30 min)	% Abs (1 h)	% Abs (2 h)	% Abs (24 h)
A4	219.68	222.78	225.85	201

A6	238.79	240.98	245.65	238.71
A10	272.05	275.44	279.33	277.89
B4	257.28	259.5	262.8	260.27
B5	224.58	229.7	230.96	228.04
B7	239.89	246.09	249.58	240.84

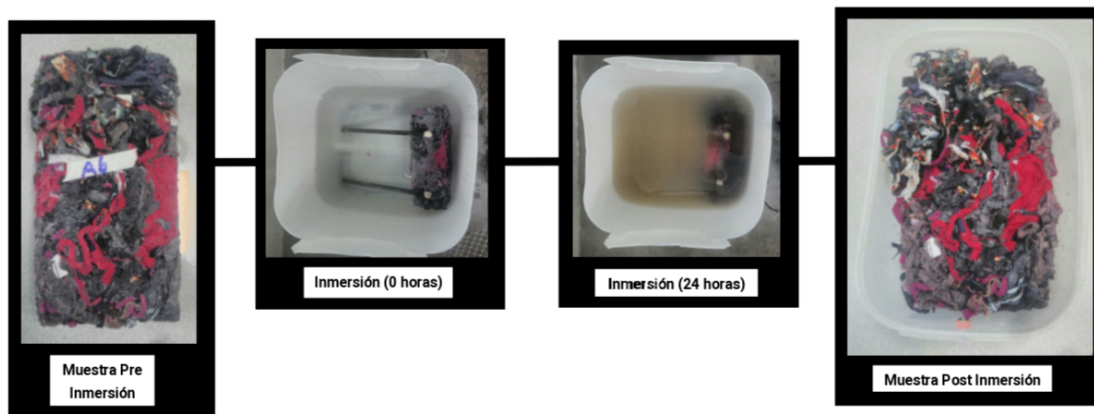


Figura 19. Prueba de absorción por inmersión en agua.

3.- Prueba de inflamabilidad.

En esta prueba los resultados medibles son los radios de quemado (Tabla 11) y los cuales se obtienen posteriormente a la ejecución de la prueba (Figura 20) una vez que las muestras se hayan apagado y secado tras su exposición al fuego y sea posible la medición (Figura 21).

Tabla 11. Prueba de inflamabilidad: Radio de quemado.

Muestra	A1	A2	A8	B2	B8	B10
Radio de quemado (cm)	10	11	11	11	10	11

No obstante, se consideraron otros aspectos de índole cualitativa medibles mediante observación que se presentan en las siguientes tablas (Tablas 12 y 13) y consideran la exposición de las muestras por tipo al fuego en dos tiempos diferentes.

Capítulo 6. Resultados.

Tabla 12. Prototipo tipo A: comportamiento durante la exposición al fuego.

Aspectos	Tiempo (0 Minutos)	Tiempo (1 Minuto)
Inflamabilidad o facilidad de ignición	Media	Alta
Propagación de la flama	Mínima	Alta
Desprendimiento de gotas o partículas	Nula	Mínima
Emisión de calor	Media	Alta
Producción de humo	Nula	Mínima

Tabla 13. Prototipo tipo B: comportamiento durante la exposición al fuego.

Aspectos	Tiempo (0 Minutos)	Tiempo (1 Minuto)
Inflamabilidad o facilidad de ignición	Media	Alta
Propagación de la flama	Mínima	Media
Desprendimiento de gotas o partículas	Nula	Mínima
Emisión de calor	Media	Media
Producción de humo	Nula	Mínima

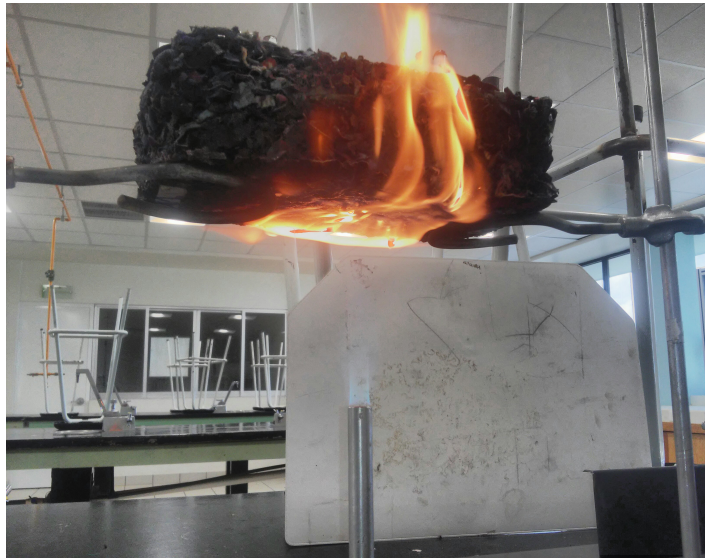


Figura 20. Prueba de inflamabilidad.



Figura 21. Prueba de inflamabilidad: Radio de quemado.

4.- Resistencia a la compresión.

La obtención de los datos se concretó a través de la configuración del software incorporado a la prensa electrónica en dos modalidades: la primera modalidad permitió obtener los valores de Punto de No Retorno (Tabla 14), estos puntos al ser más precisos fueron considerados para la realización del análisis estadístico; la segunda modalidad permitió obtener los valores de Punto de Inflexión y Punto de Carga Máxima (Tabla 15), estos valores al ser más representativos de acuerdo al objetivo de la prueba serán los referentes para la realización de la comparativa con respecto a las normas de calidad de construcción vigentes.

Tabla 14. Puntos de carga (KN) soportada (PNR).

Muestra	Punto de No Retorno (kN)
A11	3.79
A12	3.39
A13	4.53
B11	6.36
B12	6.48
B13	7.33

Tabla 15. Puntos de carga (kN) soportada (PI y PCM).

Muestra	Punto de Inflexión (kN)	Punto de Carga Máxima (kN)
A5	56.105	102.706
A7	87.664	102.688
A9	93.676	102.506
B3	97.505	102.45
B6	95.921	102.286
B9	90.616	102.262

Tomando como referencia la ecuación ($Pa = \frac{F}{A}$) que sirve para la determinación de la presión en Pascales (Pa) y considerando un área de contacto de 100 cm^2 (0.01 m^2) para todas las muestras, fue posible determinar los valores de presión soportada correspondientes (Tablas 16 y 17). Así como los valores promedios por tipo de muestra (Tabla 18).

Tabla 16. Presión (MPa) soportada (PNR).

Muestra	Presión (MPa) – Punto de No Retorno
A11	0.379
A12	0.339
A13	0.453
B11	0.636
B12	0.648
B13	0.733

Tabla 17. Presión (MPa) soportada.

Muestra	Presión (MPa) – Punto de Inflexión	Presión (MPa) – Punto de Carga Máxima
A5	5.6105	10.2706
A7	8.7664	10.2688
A9	9.3676	10.2506
B3	9.7505	10.245
B6	9.5921	10.2286
B9	9.0616	10.2262

Tabla 18. Valores promedios de presión (MPa) soportada por tipo de muestra.

Tipo de Muestra	Presión (MPa) – Punto de No Retorno	Presión (MPa) – Punto de Inflexión	Presión (MPa) – Punto de Carga Máxima
A	0.390	7.9148	10.2633
B	0.672	9.4680	10.2332

La siguiente imagen (Figura 22) representa un gráfico generado por el software incorporado a la prensa electrónica donde se representa el aumento en la carga ejercida sobre la muestra con respecto al tiempo.

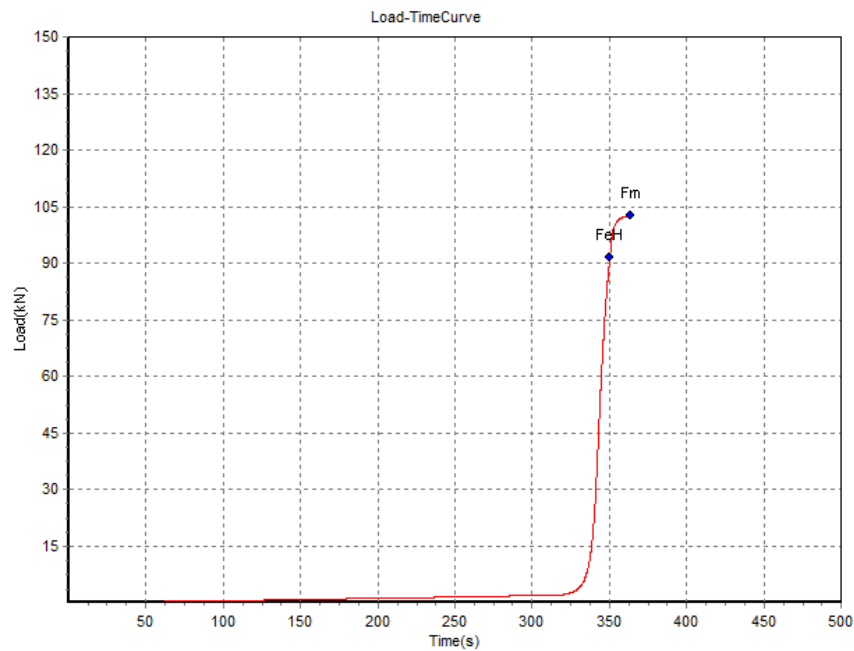


Figura 22. Curva Carga/Tiempo (Muestra A9).

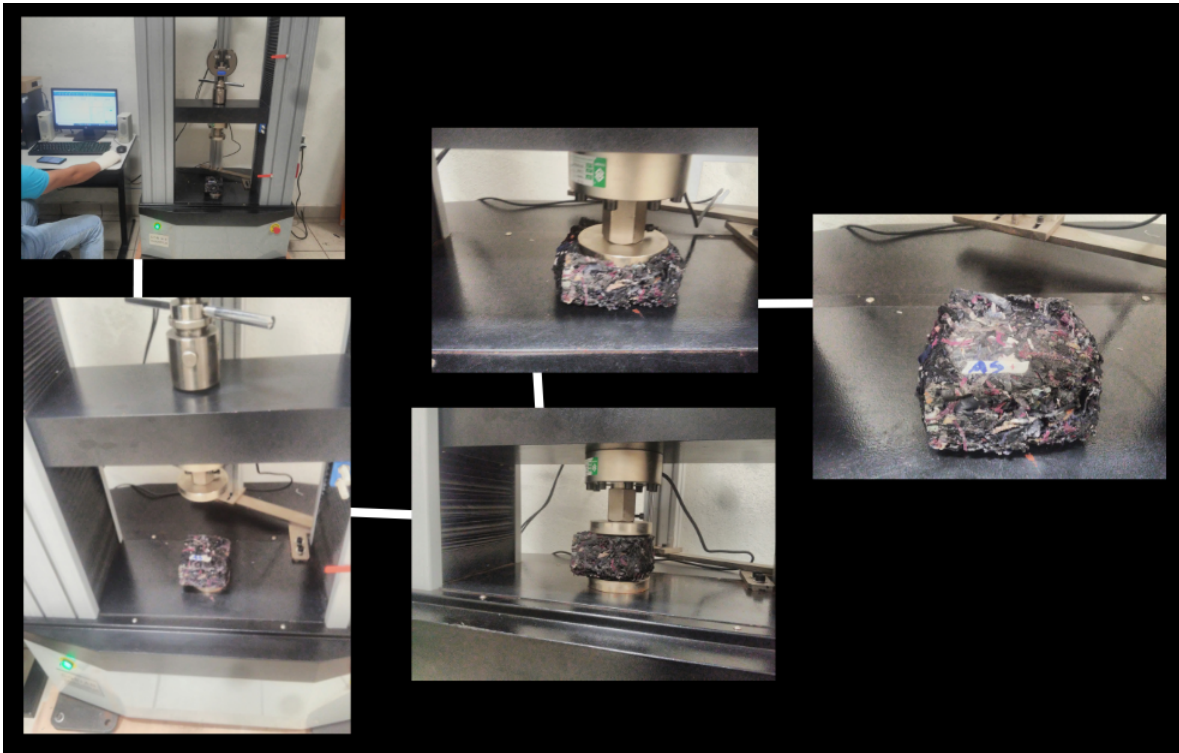


Figura 23. Prueba de resistencia a la compresión.

Capítulo 7

Análisis de Resultados

7.1. Interpretación de las pruebas.

1.- Dimensiones y densidad.

Las medidas de las muestras no presentaron variaciones considerables entre sí, pero si con respecto a las medidas esperadas, de tal manera que se manifestó un incremento en los laterales de la mayoría de estas y por consiguiente en su volumen. Estos incrementos podrían deberse a la exposición solar durante el secado que pudo provocar la expansión de las fibras textiles por el calor, sin embargo, no representan un problema considerable y se puede arreglar aplicando una capa de resanado más gruesa.

Igualmente se observaron variaciones en los acabados de algunas muestras, como bordes irregulares y bultos, los cuales se deben posiblemente a la presión irregular aplicada por la prensa hidráulica durante la fase de prensado de las muestras. Estas irregularidades solo afectaron el tiempo de duración de otras pruebas y se pueden corregir cambiando las piezas del embolo y base de la prensa por otros más grandes.

En términos generales, las muestras obtuvieron medidas similares a las que presenta un tabique cerámico comercial, pero con un peso másico menor que se ve reflejado en su baja densidad. Esta característica permite una mayor facilidad al manipular las piezas, lo cual es raro de obtener en materiales dentro del área de la construcción.

El análisis estadístico ANOVA mediante el método de Tukey (Figura 24) no mostro alguna diferencia estadística significativa entre los valores. Por lo cual, la selección del mejor tipo de tabique se basó en aspectos visuales como la calidad del acabado e irregularidades en la superficie.

ANOVA de un solo factor: Densidad vs. Tipo

Comparaciones en parejas de Tukey: Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tipo	N	Media	Agrupación
2	10	0,28547	A
1	10	0,28211	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Figura 24. Análisis estadístico ANOVA con el método de Tukey para valores de Densidad.

2.- Absorción por inmersión en agua.

La humedad y la exposición directa al agua representan la mayor debilidad en ambos tipos de muestras. Una muestra de cualquier tipo es capaz de absorber más de dos veces su peso en agua y a partir de la absorción de más de medio litro de líquido estas comenzaran a deformarse hasta desbaratarse por completo si la absorción de agua continua. Mientras que, la norma NMX-C-441-ONNCCE-2013 presenta los valores aceptables para tabiques no estructurales (Tabla 19).

Tabla 19. Valores máximos de absorción inicial y absorción total de agua en 24 h (NMX-C-441-ONNCCE-2013).

Tipo de material	Absorción inicial para muros expuestos al exterior ($\text{g min}^{-\frac{1}{2}}/\text{cm}^2$)	Absorción inicial para muros interiores o con recubrimiento ($\text{g min}^{-\frac{1}{2}}/\text{cm}^2$)	Absorción total en 24 h en porcentaje
Concreto	5	7.5	25
Arcilla artesanal	-	-	25
Arcilla extruida o prensada	5	7.5	20

Por lo tanto, dadas las condiciones bajo las cuales se efectuó la prueba y las observaciones realizadas, se afirma la inexistencia de resultados positivos con

respecto al comportamiento de todas las muestras ante la exposición directa y continua de grandes cantidades de humedad y agua.

El análisis estadístico ANOVA mediante el método de Tukey (Figura 25) no mostro alguna diferencia estadística significativa entre los valores. Sumado a lo dicho anteriormente, no existe la necesidad de seleccionar algún tipo de tabique como el mejor según esta prueba.

ANOVA de un solo factor: % Abs vs. Tipo

Comparaciones en parejas de Tukey: Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tipo	N	Media	Agrupación
2	3	243,05	A
1	3	239,2	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Figura 25. Análisis estadístico ANOVA con el método de Tukey para valores de Porcentaje de Absorción de agua (%Abs).

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 numéricamente 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. Estos parámetros fueron considerados y

Capítulo 7. Análisis de Resultados.

presentados anteriormente en su respectivo apartado en el *Capítulo VI: Resultados*, y fueron posteriormente considerados para la selección del prototipo final.

Además, tomando en consideración el siguiente cuadro comparativo (Figura 26) que representa el comportamiento de diferentes fibras textiles ante el fuego se pudo analizar si lo visto durante la prueba corresponde a las telas que componían a las muestras. Siendo así, que lo observado durante la prueba corresponde en gran medida con el comportamiento esperado con base en las telas que mayormente componen a las muestras.

Fibra	Cerca	Expuesta	Al Sacar	Residuo	Olor
Algodón, lino, viscosa	No funde, ni encoge	Arde	Continúa ardiendo	Pocas cenizas con bordes lisos	Papel quemado
Lana, seda	Funde y se risa	Arde lentamente y chispea	Tiende a apagarse sola	Residuo negro, hinchado, pulverizado	Pelo quemado
Acetato	Funde	Arde y se derrite	Continúa ardiendo y se funde	Deja gota negra, dura y frágil	No se percibe
Poliéster	Funde y encoge	Arde lentamente, derrite y da humo	Se apaga sola	Deja gota negra, dura y frágil	Aromático
Poliamida	Funde y encoge	Arde lentamente y se derrite	Se apaga sola	No queda	Apio
Poliuretano	Funde y no encoge	Arde y se derrite	Continúa ardiendo y se derrite	Deja ceniza blanda y negra	No se percibe
Acrílica	Funde	Arde y se derrite	Continúa ardiendo y se funde	Deja gota negra, dura y frágil	No se percibe
Clorofibra	Funde y encoge	Arde lentamente y se derrite	Se apaga sola	Deja gota dura y frágil	No se percibe
Polioléfina	Funde y encoge	Arde y se derrite	Sigue ardiendo y se apaga sola	Deja gota negra	No se percibe

Figura 26. Tabla: Comportamiento de algunas fibras textiles al someterlas a la llama (Marín Bernabé, 2009).

Los radios de quemado obtenidos nos muestras como las llamas presentan un grado de propagación uniforme con respecto al punto de contacto y es posible visualizar las marcas que el fuego deja sobre las muestras. Por otra parte, se observa un fenómeno bastante particular en el cual las llamas se propagan con rapidez, pero tardan un tiempo considerable en comenzar a consumir a la muestra.

4.- 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 continua 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 y por ende el ritmo de presión ira en decaimiento constante lo que significa que tan solo se estará comprimiendo la muestra sin que está presente resistencia.

Por otro lado, los tabiques cerámicos solo poseen un punto de interés, equivalente al PCM, este valor es absoluto y representa la presión máxima soportable por el tabique. De acuerdo con la norma NMX-C-441-ONNCCE-2013, estos valores son los siguientes (Tabla 20).

Tabla 20. 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

	Cara no rectangular	2.5	2.0
--	---------------------	-----	-----

Los valores mostrados por ambos tipos de muestras, tomando como referencia al PI, superaron a los determinados por la norma para tabiques no estructurales en todas las versiones presentadas. Por lo tanto, se demuestra una superioridad en términos de resistencia a la compresión y solo resta el análisis entre ambos tipos de prototipos para seleccionar el mejor. Sin embargo, considerando que las muestras utilizadas exclusivamente para esta prueba poseían la mitad de su tamaño ya que la prensa electrónica no está adaptada para manipular muestras de mayor tamaño, se espera una resistencia aún mayor en las muestras que poseerán el tamaño original.

El análisis estadístico ANOVA mediante el método de Tukey (Figura 27) sí mostro diferencia estadística significativa entre los valores. Entonces es posible la diferenciación y selección del mejor tipo de tabique.

ANOVA de un solo factor: PNR vs. Tipo

Comparaciones en parejas de Tukey: Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

<u>Tipo</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
2	3	0,6723	A
1	3	0,3903	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Figura 27. Análisis estadístico ANOVA con el método de Tukey para valores de presión con respecto al Punto de No Retorno (PNR)

7.2. Selección de prototipo final

Para la selección del prototipo final se consideraron tanto los valores numéricos obtenidos de las pruebas bajo sus propios términos, así como la comparativa de los mismos con respecto a las referencias presentadas anteriormente, igualmente se consideraron las observaciones realizadas sobre el comportamiento de las muestras durante la ejecución de las pruebas. Todo esto se presenta a continuación mediante una tabla (Tabla 21) que engloba las pruebas, el prototipo seleccionado y las observaciones con respecto a la decisión tomada.

Tabla 21. Veredicto de selección del prototipo final.

Pruebas	Prototipo seleccionado	Observaciones
Dimensiones y densidad	Tabique tipo B	Poseyó un mejor acabado y uniformidad en sus laterales, con menor cantidad de deformaciones y bordes irregulares.
Absorción por inmersión en agua	Tabique tipo A	Pese a la falla en general que represento la prueba, este tipo de tabique obtuvo porcentajes de absorción de agua menores al igual que una leve resistencia a la deformación que esta provocaba.
Prueba de inflamabilidad	Tabique tipo B	Presento el mismo comportamiento que su opuesto, pero se manifiesto en menor medida y duración.
Resistencia a la compresión	Tabique tipo B	Mostro valores superiores de resistencia a la compresión a los de su contraparte, así como con respecto a los establecidos por la norma consultada.

Por consiguiente, el prototipo seleccionado es el tabique tipo B, cuya diferencia con el tabique tipo A es que el tiempo de remojo de la tela en el mucilago de nopal es mayor.

Capítulo 8

Conclusiones y trabajo a futuro

Conclusiones

Este trabajo tuvo como objetivo la elaboración de un tabique a base de desechos textiles. A partir del diseño y ejecución de una metodología que permitiese la elaboración de varias muestras que 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 que facilita su manipulación al igual que manifiesta un menor grado de rigidez; la alta exposición tanto a la humedad así como el contacto directo y continuo con agua representan un problema que compromete la integridad del tabique, por lo tanto no es recomendable su uso en exteriores; el comportamiento ante el fuego presentó un efecto retardante en comparación a las fibras textiles que le componen, esto se puede mejorar utilizando aditivos derivados de materiales ignífugos; la resistencia a la compresión mostró varios puntos de interés en comparación a los tabiques cerámicos, siendo el más relevante de ellos el Punto de Inflexión que superó los valores establecidos en la norma para tabiques no estructurales, es decir, posee mayor resistencia a la compresión. Por lo tanto, se puede concluir que es posible la elaboración de un tabique de tela que replique varias características de los tabiques cerámicos actuales como alternativa a la generación de residuos textiles.

Trabajo a futuro

1. Experimentar con otra variedad de adhesivos, aditivos y materiales para formar una mejor mezcla.
2. Optimizar la metodología establecida para poder incrementar la producción de piezas.
3. Realizar un análisis de mercado que investigue la rentabilidad del tabique como producto comercial.

Referencias bibliográficas

- Agencia Informativa Conacyt. (s.f.). La oferta y demanda de los ladrillos artesanales en México. Extraído de: <https://centroconacyt.mx>
- 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.
- Alarcón. (2013). Empleo de bloques con basura en la construcción como una alternativa de reciclaje [Tesis de maestría]. México, D. F., México: Universidad Nacional Autónoma de México. Extraído de: <http://www.ptolomeo.unam.mx>
- Aranda-Jiménez & Suarez-Domínguez. (2014). Efecto de la impermeabilidad del Mucílago de Nopal en bloques de tierra comprimidos. Nova Scientia, (2014) 6: 311-323
- Cabrera Valencia. (2018). Diseño y construcción de un banco de pruebas para ensayos de inflamabilidad vertical de materiales utilizados en el interior de las carrocerías (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Mecánica).
- Camhi. (2021). FabBRICK, un ladrillo hecho a base de ropa reciclada (2 de julio, 2021). Eco-Nnect. Extraído de: <https://eco-nnect.com>
- Cerem Business School. (2019). Los residuos textiles necesitan ser reciclados de manera adecuada (24 de abril, 2019). cerem.mx. Extraído de: <https://www.cerem.mx>
- Cherif. (2016). Textile Materials for Lightweight Constructions. Editorial Springer (2016)
- Chumbi Rivera. (2016). Guía de procesos para la fabricación de objetos textiles para generar fuentes de trabajo desde una conciencia social y medioambiental. Universidad del Azuay: Escuela de Diseño. Ecuador.
- Comisión Europea. (2015). Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de

- las Regiones. Cerrar el círculo: un plan de acción de la UE para la economía circular. Bruselas, Bélgica. Extraído de: <https://eur-lex.europa.eu>
- Ditty. (2020). Why we still need a fashion revolution.
 - Ellen MacArthur Foundation. (2017). A NEW TEXTILES ECONOMY: REDESIGNING FASHION'S FUTURE.
 - Eroski Consumer. (2008). Ladrillos ecológicos | EROSKI Consumer (7 de agosto, 2008). Eroski Consumer. Extraído de: <https://www.consumer.es>
 - FabBRICK. (2021a). FabBRICK, cómo convertir ropa vieja en ladrillos excelentes aislantes térmicos y acústicos (13 de mayo, 2021). EcoInventos. Extraído de: <https://ecoinventos.com>
 - FabBRICK. (2021b). FabBRICK, la empresa que realiza ladrillos de desechos textiles (15 de mayo, 2021). Cadena Política. Extraído de: <https://cadenapolitica.com>
 - Gallego. (2021). La moda rápida está llenando los contenedores de residuos textiles (5 de abril, 2021). elconfidencial.com. Extraído de: <https://www.elconfidencial.com>
 - Gareca, et al. (2020). Nuevo material sustentable: Ladrillos ecológicos a base de residuos inorgánicos. Universidad de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Facultad de Arquitectura y Ciencias del Hábitat –Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera de Diseño de Interiores – Carrera de Recursos Naturales.
 - Generación Vitnik. (2018). La industria textil y la problemática ambiental (6 de agosto, 2018). Generación Vitnik. Extraído de: <http://www.generacionvitnik.com>
 - Gilibets Parés. (2020). The true cost of Fast Fashion model.
 - Gobierno Moroleón. (2018). Programa municipal para la gestión integral de residuos sólidos urbanos del municipio de Moroleón, Gto.
 - Gobierno Moroleón. (2021). industria textil. Moroleón (30 de agosto, 2021). Extraído de: <http://moroleon.gob.mx>

- Guardiola de León. (2018). Extracción y caracterización de mucilago de nopal (*Opuntia ficus indica* (L.) Miller) de cinco cultivares, entres estados de maduración. Universidad Autónoma de Nuevo León: Facultad de Agronomía.
- Hernández Korner. (2017). Diseño y prueba experimental de bloques ecológicos a base de materiales orgánicos e inorgánicos. Universidad Tecnológica de Panamá.
- Lett. (2014). Las amenazas globales, el reciclaje de residuos y el concepto de economía circular. Revista argentina de microbiología, 46(1), 1-2.
- Luxiders. (2018). Nuevo informe de la Fundación Ellen MacArthur - Luxiders Magazine. (2018, 31 enero). Luxiders Magazine - Sustainable Fashion - Eco Design - Healthy Lifestyle. Extraído de: <https://luxiders.com>
- Marín Bernabé. (2009). Carbohydrate-based polyurethanes and polyamides: synthesis, characterization and stereocomplex formation.
- 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.
- Noticias Parlamento Europeo. (2020). El impacto de la producción textil y de los residuos en el medio ambiente | Noticias | Parlamento Europeo (29 de diciembre, 2020). Noticias Parlamento Europeo. Extraído de: <https://www.europarl.europa.eu>
- Pérez, A. (2021). Proyectos ecológicos, ¿en qué consisten? (23 de junio, 2021). OBS Business School. Extraído de: <https://www.obsbusiness.school>
- Pérez, F. (2021). Entorno financiero para el desarrollo sostenible de un adhesivo a través de la bio utilización. Revista de Desarrollo Sustentable, Negocios, Emprendimiento y Educación RILCO DS, n. 18 (p.p. 24-28, abril 2021). Extraído de: <https://www.eumed.net>
- Sánchez Solano, et al. (2017). Pegamento a base de mucilago de nopal. Universidad del Valle de México, SC CAMPUS HISP: Ciencias biológicas, químicas y de la salud, Medio ambiente química. Coacalco, Estado de México.

Referencias bibliográficas.

- Sierra. (2020). Tiramos a la basura un 811% más de ropa que en 1960. Y eso también se está cargando el planeta (15 de julio, 2020). Magnet Xataka. Extraído de: <https://magnet.xataka.com>
- Urruty. (2008). Mistonga: Reciclaje textil local. Tesis de grado. Montevideo: Escuela Universitaria Centro de Diseño.
- Velázquez Mancilla, et al. (2019). Promoción de la economía circular en el sector moda y textil en México. Centro Mexicano de Derecho Ambiental, A.C. (CEMDA).
- Villalobos Ruiz. (2014). Morteros de cal con mucilago de nopal (*Opuntia Ficus-Indica*) como aditivo: Evaluación de las propiedades mecánicas en base al método de extracción empleado. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Zúñiga, et al. (2017). Development of improved bricks (LM) and use of new technologies for ecological bricks (LE) elaboration. International Congress on Sustainable Construction and Eco-Efficient Solutions. (2017) 1194-1205