

Construcción de una termo bio compactadora (Tebico), un dispositivo para la fabricación de productos a base de biopolímeros reforzados con fibras naturales.

Presentado por:

Karen Natalia Cárdenas Ospina

Asesores Académicos:

Juan Manuel España y Andrés Téllez

Proyecto de grado para optar por el título de Diseñadora Industrial

Grupo de estudio de fibras naturales del semillero de diseño, pensamiento y creación

Universidad Jorge Tadeo Lozano

Facultad de Artes y Diseño

Mayo 2019

Resumen

Gracias a las propiedades que tienen las fibras naturales y la búsqueda por emplearlas en la fabricación de materiales compuestos, como refuerzos de materiales poliméricos de origen petroquímico, (Amigó, Salvador, Sahuquillo, Llorens y Martí, 2008), disminuyendo los porcentajes del polímero y reemplazándolos por fibras naturales, aprovechando los bajos costos de dichas fibras y al tiempo disminuyendo la huella de carbono que generan los polímeros en el planeta, así mismo pensando en la alternativa de los bioplásticos y como las fibras naturales pueden servir de refuerzo en dichos materiales generando elementos 100% biodegradables.

La investigación del proyecto estaba relacionada a los procesos de transformación existentes para el manejo de materiales poliméricos, por otro lado identificar máquinas, herramientas que son utilizadas en los diferentes procesos del manejo de las fibras naturales, y por último explorar en los métodos de fabricación de biopolímeros, no dejando de lado la etapa experimental, en busca de determinar los procesos óptimos para la fabricación de biopolímeros reforzados con fibras.

Con el propósito de aplicar el conocimiento adquirido para el diseño de un dispositivo que fabrique materiales compuestos de matriz bio polimérica y refuerzo en fibras naturales, este dispositivo tiene como finalidad el aprovechamiento de las

fibras cortas de fique y palma de coco, generando así un valor agregado tanto al nuevo material, como al cultivo en sí mismo.

Este artefacto está pensado para ser trasladado a zonas rurales, debido a esto se deben considerar características particulares en el desarrollo de dicho dispositivo, por ejemplo, pensar en procesos de baja complejidad tecnológica es decir un manejo fácil o simple del artefacto, así mismo considerar bajos costos para adquirirlo.

Palabras claves: Materiales compuestos, fibras naturales, procesos de transformación, biopolímeros.

Tabla de contenido

Tabla de ilustraciones	5
Introducción	8
Planteamiento del problema.....	9
Justificación.....	12
Alcances.....	13
Objetivos	
Objetivo General.....	13
Objetivos específicos.....	14
Marco de referencia	
Marco teórico.....	14
Estado del arte.....	18
Materiales plásticos o polímeros.....	18
Fibras naturales.....	29
Materiales compuestos.....	39
Biopolímeros.....	46
Metodología	
Estrategia metodológica.....	50
Métodos.....	52
Resultados	
Desarrollo del producto.....	54
Conclusiones	
Conclusiones del proyecto.....	62
Aprendizajes.....	63
Direcciones futuras.....	64
Referencias	66
Referencias de páginas web.....	69
Anexos	

Tabla de ilustraciones

Tabla 1 Polímeros termoeestables. Escuela Colombiana de Ingeniería, edición 2008-1.	19
Figura 1 A) Trituradora, imagen de Catálogo de ASIAN MACHINERY USA, INC (B) Máquina trituradora imagen de Precious Plastic.	23
Figura 2 (A) Extrusora, imagen de Catálogo de ASIAN MACHINERY USA, INC. (B) Extrusora sencilla, imagen de Precious Plastic.	25
Figura 3 Máquina de compresión, imagen sacada del catálogo de Precious Plastic.	26
Figura 4 (A) Maquina inyectora, imagen del Catálogo de ASIAN MACHINERY USA, INC. (B) Inyectora, imagen del catálogo de Precious Plastic.	27
Figura 5 Máquina termoformadora manual, Imagen sacada del catálogo de tutorial de termo formado de fabrinco	28
Figura 6 Proceso de escarmentado del Fique, Fotografía sacada del catálogo de Ecofibras.	31
Figura 7 Huso, fotografía de Felipe Infante, Museo Nacional de Historia Natural, Santiago de Chile.	32
Figura 8 Carrumba con fique hilado, fotografía del catálogo de Claudia Helena González, Artesanías de Colombia- Cesar- agosto 2007	33
Figura 9 Fotografía de Artesanías de Colombia, registro fotográfico del proceso de hilado manual con rueca de lana, algodón y organización del material en madejas.	33
Figura 10 Hiladora, Fotografías tomada del catálogo de Constanza Arévalo, Curití-Santander, Mayo del 2008.	34
Figura 11 Fotografía de un telar tradicional, tomada por Constanza Arévalo, Curití-Santander, Mayo del 2008.	35
Figura 12 Telar vertical, fotografía de Artesanías de Colombia.	36
Figura 13 Cardadora manual, fotografía del catálogo de CLASSIC CARDER.	36

Figura 14 Molino- triturador de fibra de coco imagen del proyecto de grado Darwin Cajas.	38
Figura 15 Triturador pulverizador de fibra de coco seco, imagen de artículo “Máquina trituradora pulverizadora de fibra de coco seco”	38
Figura 16 Proceso de fabricación por procedimiento discontinuo, imagen del artículo “Comportamientos Recientes y Aplicaciones de Polímeros Rellenos de fibra natural”	41
Figura 17 fabricación por extrusoras, imagen del artículo “Comportamientos Recientes y Aplicaciones de Polímeros Rellenos de fibra natural”	42
Figura 18 Proceso de fabricación por inyección, imagen de La escuela superior de ingenieros, San Sebastián.	43
Figura 19 Técnica de Colocación manual, imagen de Hand Lay-up and Spray Lay-up, lectura 5.4	43
Figura 20 técnica de moldeo por proyección simultánea, imagen de Hand Lay-up and Spray Lay-up lectura 5.4	44
Figura 21 Técnica RTM, imagen de Departamento de trabajo de Estados unidos, manual OSHA sección III capítulo 1	44
Figura 22 Proceso de enrollamiento filamentario, Imagen del documento “Materiales y materias primas” capítulo 10 “materiales compuestos”	45
Figura 23 Moldeo por vacío, imagen de Nexus Projectes.	46
Figura 24 Doble diamante, Imagen del documento "Métodos de diseño para el desarrollo de servicios".	50
Figura 25 Doble diamante adaptado al proyecto. Elaboración propia	51
Figura 26 Bocetos. Elaboración propia.	56
Figura 27 Maquetas del dispositivo. Elaboración propia.	57
Figura 28 Diagrama de conexión del paquete tecnológico. Elaboración propia	58
Figura 29 Boceto. Elaboración propia	58
Figura 30 Proceso de construcción del dispositivo. Elaboración propia.	59

Figura 31 Moldes para la fabricación de las láminas de resina reforzada con fique. Elaboración propia.	60
Figura 32 Modelo final TEBICO. Elaboración propia	60
Figura 33 Puesto de trabajo. Adaptación (vectores de Freepik).	61
Figura 34 Secuencia de uso. Elaboración propia	62

Introducción

Este proyecto de grado está directamente vinculado al grupo de estudio de fibras naturales del Semillero de Diseño, Pensamiento y Creación, y es parte de un proceso investigativo mancomunado, que busca aportar y fortalecer a la generación de conocimiento en el campo de las fibras vegetales, posicionando a la Escuela de Diseño de Producto y al programa de Diseño Industrial de la Utadeo en la vanguardia de la investigación en este campo. El autor de este documento es miembro activo del semillero.

La presente investigación se llevó a cabo desde la lectura de referentes que han indagado en relación a los materiales compuestos¹ utilizando fibras naturales, pero también se abordó desde la parte experimental en donde se trabajara con fibras vegetales como refuerzo de bioplásticos², encontrando características prometedoras en las diferentes muestras y determinando el material conveniente para la aplicación en el diseño de productos, así mismo realizar las muestras manualmente que permitan el diseño del dispositivo que facilita los procesos de fabricación de los materiales obtenidos en la etapa de investigación.

El proyecto aplica los conocimientos adquiridos al diseño de un dispositivo que será utilizado en zonas rurales y tiene como finalidad el aprovechamiento de los

¹ “Aquel formado por dos o más componentes, de forma que las propiedades del material final sean superiores que las de los componentes por separado”. (Miravete y Castejón, 2002 p.123)

² Polímeros basados en recursos renovables o biodegradables (Valero y valdivieso, 2013)

desechos que se dan en los cultivos, como lo son las fibras cortas, utilizándolos para la fabricación de materiales compuestos con una matriz biodegradable, gracias a las características obtenidas del material posteriormente serán aplicados en el diseño de productos , con el propósito de disminuir el impacto ambiental que generan los plásticos y así mismo aprovechar los beneficios que nos brindan las fibras naturales.

Planteamiento del problema u oportunidad

Los cultivos agrícolas generan una cantidad de residuos que no son aprovechados adecuadamente, lo cual significa pérdidas económicas para los agricultores. Por ejemplo, en el caso del fique, donde por hoja solo se obtiene un 4% de fibra larga aprovechable, el 96% restante es desechado. La fibra larga es utilizada a nivel artesanal para la elaboración de producto como alpargatas, mochilas, decoraciones para el hogar, entre otros. A nivel industrial, es utilizada para la producción de lazos, geo mantos y costales o sacos para café. El 96% restante de la hoja de fique consiste en el jugo, el bagazo y la fibra corta que son desechados en la mayoría de los cultivos de fique (Cadena Productiva Nacional del Fique, 2006).

En el caso del cocotero, como lo afirman Granados y López (2002), uno de los principales problemas es la rentabilidad del cultivo debido a que “por cada 3,500 a

7,000 cocos se obtiene una tonelada de copra³, que a su vez suministra 540 kg de aceite de coco. Mil cocos proporcionan 75 kg de fibra (bonote)” (p. 45), fibra que es utilizada principalmente para cordeles, sogas, alfombras o rellenos de colchones y almohadas, igualmente productos de bajo valor agregado.

En ambos casos, las fibras de coco y fique han sido puestas a prueba como refuerzo de materiales compuestos con matriz polimérica, mostrando resultados prometedores con respecto a la elasticidad del material y generando un valor estético al nuevo compuesto, (Gómez, 2009) material que podría reemplazar la fibra de vidrio en la fabricación de algunos productos.

En el caso de la fibra de fique no solamente se ha utilizado para reforzar materiales con matriz polimérica sino también ha sido estudiado como refuerzo de almidones termoplásticos, que han demostrado buenos resultados donde se obtuvieron mejores propiedades mecánicas del material fibro-reforzado. (Mina, 2012)

Debido a esto, nace la idea del diseño de un dispositivo que permita la elaboración de productos fabricados con bio polímeros reforzados con fibras cortas de fique y coco, un artefacto sencillo para ser utilizado en zonas rurales y con esto

³ “Es la carne blanca del coco, se usa como materia prima para la extracción de aceite”.(Lizano, 2016, p.10)

ayudar a los productores que obtendrán un margen de ganancia más alto al utilizar los residuos que hasta el momento eran desperdiciados.

Como una alternativa de productos que fabricará el dispositivo, se planteó la idea de empaques de un solo uso, esta surgió debido a que muchos de estos empaques son a base de plásticos extraídos del petróleo, un recurso no renovable, que genera efectos negativos en los ecosistemas en el momento de su extracción, estos plásticos se demoran entre 100 a 1.000 años en degradarse, como lo afirma Téllez (2012).

“Entre el 2001 y el 2003 se encuentra que el 54% de los plásticos se consumía en empaques y envases, la mitad de la materia plástica tiene un corto uso de no más de un año, es decir, se desecha rápidamente” (Téllez, 2012).

Por este motivo se propuso la fabricación de empaques para elementos tecnológicos, que deben contar con características de protección específicas debido a la fragilidad del producto que será empacado, pero así mismo son empaques que son desechados y no se vuelven a utilizar.

Estos empaques serán elaborados a partir de biopolímeros reforzados con fibras naturales para general un material biodegradable, pero al tiempo fabricados con el dispositivo propuesto en el presente proyecto.

Justificación

Se propuso la idea de los biopolímeros reforzados con fibras naturales, aprovechando las propiedades de los dos componentes, como la biodegradación del polímero natural y la resistencia que generan las fibras, sacando provecho de este material para generar la posibilidad de disminuir la producción de plásticos, específicamente en el sector de los empaques de un solo uso y por lo tanto aportar a un beneficio ambiental.

El desarrollo y producción de estos compuestos son importantes debido a la creciente demanda de alternativas para sustituir el plástico, Por esta razón se propuso el actual proyecto, que comenzó con una etapa de investigación frente a los procesos y máquinas utilizadas para la fabricación de biopolímeros, no dejando de lado los procesos de transformación de los materiales que ya conocemos, para luego adaptarlos a el proceso de elaboración de los bio plásticos reforzados con fibras naturales.

Simultáneamente se realizaron pruebas del material hasta obtener la fórmula que mejor funcionó y por medio de este proceso de experimentación, encontrar el paso a paso de la fabricación de los materiales biopolímeros.

Con el fin de generar un dispositivo de sencilla usabilidad que fabrique empaques elaborados en materiales 100 % biodegradables.

Alcances

En el presente proyecto se busca aplicar los conocimientos adquiridos por medio de la investigación para desarrollar un prototipo funcional del dispositivo, con el fin de fabricar algún producto en bio polímeros reforzados con materiales naturales, realizando pruebas de usabilidad y funcionalidad del artefacto con el usuario. Así mismo empleando para su construcción los materiales de resina reforzada con fibras vegetales.

Por otro lado proponer un sistema de producción para la fabricación de dichos materiales, y en última instancia gracias al levantamiento de referentes aportar conocimiento al semillero de investigación en el cual está vinculado.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar un dispositivo de baja complejidad tecnológica, bajos costos y sencilla usabilidad para la fabricación de productos que empleen materiales reforzados con fibras vegetales de matriz bio polimérica.

Objetivos Específicos

- Identificar y adaptar procesos existentes de transformación de materiales, para aplicarlos al manejo de biopolímeros reforzados con fibras vegetales.
- Realizar comprobaciones al dispositivo con relación a su usabilidad y funcionalidad que aporten al diseño formal del artefacto.
- Generar un sistema de producción mediante el dispositivo, para la fabricación de los productos elaborados a partir de los materiales biopolímeros

Marco de referencia

Marco teórico

En la actualidad la combinación de materiales es una práctica muy común y difundida en la industria, esto permite que las virtudes de cada material se complementen. (Saiter, Dobircau y Leblanc, 2012). Con esto se propuso no solo la creación de materiales compuestos a base de resinas y fibras sintéticas como las fibras de vidrio o de carbono, sino que así mismo se plantea la idea de reemplazar estas fibras por materiales naturales con el propósito de disminuir el impacto ambiental que producen las fibras sintéticas, y al tiempo aprovechar las características que las fibras naturales nos proporcionan al incluirlas en los materiales compuestos y así aplicarlas al diseño de productos.

Se ha investigado en compuestos con matriz polimérica reforzados con materiales naturales como lo son la fibra de hoja de piña, abacá, fique, cáñamo, sisal entre otros y la literatura es abundante en características físicas y ventajas (resumido en Castro, Ruvolo-Filho y Frollini, 2012), obteniendo resultados favorables con respecto a las pruebas de resistencia y la disminución en el peso y densidad de estos compuestos en relación a los materiales de referencia. (Mohanty, Misra y Hinrichsen, 2000; Mohanty, Misra y Drzal, 2002).

Pero no solo se planteó el refuerzo en fibra natural para materiales con matriz polimérica, sino también para plásticos biodegradables⁴, como es el caso del almidón termoplástico de yuca que fue reforzado con fibra corta de fique en donde se concluye que con el refuerzo, el material es capaz de soportar una carga mayor que el bioplástico sin refuerzo. (Luna, Villada y Velasco, 2009), gracias a esto se pueden generar materiales completamente a base de elementos naturales.

Para la fabricación de los plásticos biodegradables es necesario tener como mínimo tres componentes: la materia prima, el plastificante y agua.

Para la materia prima, en nuestro caso se utilizaron tres materiales, el primero fue la carragenina, comercialmente tiene una presentación en polvo, se define como un

⁴ Plástico que se puede ser degradada por acción biológica. (Tomado del diccionario de la Real Academia Española RAE)

hidrocoloide⁵ extraído de las algas rojas, que es utilizada en los alimentos para espesar. (Curubeto, 2016).

Otro material utilizado como materia prima es el almidón, es un carbohidrato que se encuentran en algunas plantas y microorganismos, especialmente se obtienen de cereales como el maíz, el trigo, pero también se encuentran en tubérculos como la papa y la yuca, los almidones cuentan con características particulares que los hacen una buena opción para ser utilizados en este tipo de aplicaciones, como: su biodegradación, disponibilidad y bajo costo. (Ruiz, 2005).

Para la etapa de experimentación en la actual investigación se utilizó como materia prima en primera instancia la carragenina y posteriormente los almidones de yuca y maíz.

Como plastificante normalmente se utiliza la glicerina⁶ aunque también se utilizan otros elementos como xylitol, sorbitol y maltiol (Ruiz, 2005), esta es importante en el proceso debido a que es la que permite que el biopolímero tenga una mayor elasticidad y así logre adaptarse a las formas de los moldes. (Valarezo, 2012).

⁵ Sistema coloidal, en donde las partículas se dispersan en el agua y dependiendo la cantidad de agua el sistema es gelatinoso o líquido.(Curubeto, 2016)

⁶ “Alcohol espeso y dulce que se encuentra en todos los cuerpos grasos, usado en farmacia, en perfumería y en la preparación de la nitroglicerina, base de la dinamita.” (RAE)

Y por último es necesaria un porcentaje de agua para así generar el bio plástico; en el caso que se necesite reforzar el material, es indispensable un cuarto elemento en este caso la fibra natural.

Las algas rojas, fibra de palma de coco, fibra corta de fique y amero de maíz fueron las fibras naturales utilizadas a lo largo del proceso de experimentación del proyecto como refuerzo del biopolímero.

Se tomó la decisión de utilizar los dos refuerzos naturales que tienen mejor comportamiento con el biopolímero y así determinar el material final para el desarrollo del proyecto. Las fibras que mejor se adaptan a la matriz bio polimérica fueron la fibra de palma de coco y la fibra corta de fique.

Con base a esto surge la duda de cómo podemos fabricar estos materiales y escalar su producción para lograr aplicarlos en el diseño de productos, para esto se utilizaron como referentes las máquinas empleadas para los diferentes procesos de transformación del plástico y los procesos que hasta el momento se emplean para la fabricación de materiales compuesto con matriz polimérica.

Como en el caso del proceso de moldeo por compresión realizado por capas, utilizado en la fibra de hojas de piña que servían de refuerzo para polipropileno, acomodando de manera intercalada la fibra y las láminas del polímero para

después pre calentar y agregar presión por moldeo (Jaramillo, Hoyos y Santa, 2016) o el proceso de laminado manual asistido por vacío utilizado con fibra de coco y resina, en el que es necesario emplear un eyector⁷ de vacío con el propósito de retirar el aire en la zona y poder generar una mejor adhesión entre la fibra y la matriz de resina (Gómez, 2009).

Y por otro lado teniendo también de referente los procesos para la fabricación de biopolímeros y las diferentes herramientas utilizadas por los artesanos para la manipulación de las fibras de fique y coco, todo esto con el propósito de mediante la investigación y la fase de experimentación llegar al diseño del dispositivo que se plantea.

Estado del arte

Materiales plásticos o polímeros

Los materiales plásticos o polímeros pueden definirse como la unión o repetición de unidades pequeñas, son compuestos constituidos por moléculas que conforman estructuras muy resistentes, que permiten moldear mediante calor o presión (Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2008), estos son

⁷ Bomba que sirve para expulsar una pieza o extraer un fluido. (RAE)

utilizados en la fabricación de objetos en diferentes sectores, por ejemplo en juguetes, empaques, implemento de cocina y objetos para nuestro cuidado personal.

***Clasificación de los polímeros según la Escuela Colombiana de Ingeniería
Julio Garavito***

Termoestables: Estos polímeros son más resistentes pero al tiempo más frágiles que los termoplásticos, estos no tiene una temperatura de fusión fija y por estos son más difíciles de reciclar. Algunos ejemplos de polímeros termoestables son:

- Resinas fenólicas
- Resinas de poliéster
- Poliuretano

Termoplásticos: Se comportan de una manera dúctil y manejable, estos se ablandan y conforman un flujo viscoso al ser expuestos al calor a temperaturas muy elevadas, por esta razón se pueden reciclar más fácilmente.

Tabla 1. Polímeros termoestables. Escuela Colombiana de Ingeniería, edición 2008-1

Nombre	Generalidades	Propiedades
Polietileno Tereftalato (PET)	Es claro, lavable y no absorbe la humedad. La inmensa mayoría de este plástico termina en las botellas de bebida, formadas Por inyección soplado. Un volumen pequeño se usa ahora para la fabricación De guardabarros para bicicletas.	Claridad, fuerza/dureza, resistencia a la grasa y al calor.

Polietileno de alta densidad (PE-HD)	Este polímero tiene mejores propiedades mecánicas que el PE-BD, ya que posee mayor densidad. Presenta fácil procesamiento y buena resistencia al impacto y a la abrasión. No resiste a fuertes agentes oxidantes como ácido nítrico, ácido sulfúrico.	Es resistente a las bajas temperaturas, tiene alta resistencia a la tensión, compresión y tracción. Es Impermeable e Inerte (al contenido), baja reactividad. No tóxico
Cloruro de polivinilo (PVC)	Además de sus buenas propiedades físicas, el PVC tiene una transparencia excelente, alta resistencia química, resistencia a la humedad, y buenas propiedades eléctricas. Las aplicaciones rígidas, se concentran en tuberías, alfombras, ventanas, botellas y el empaque rígido de líquidos.	Versatilidad, facilidad de mezclar, fuerza y dureza, la resistencia a grasa y aceites, la resistencia a los químicos, claridad, bajo costo.
Polietileno de Baja Densidad (LDPE)	Es utilizado en películas flexibles y relativamente transparentes. Tiene un bajo punto de fusión. Típicamente el LHPE es usado en la manufactura de películas flexibles, tales como bolsas plásticas y publicitarias, también es usado en la manufactura de tapas flexibles, y además en alambres y cables por sus buenas propiedades de aislamiento eléctrico	Fácil de procesar, resistente a la humedad, flexible, fácil de sellar y bajo costo.

Polipropileno (PP)	Es el polímero termoplástico, parcialmente cristalino. Utilizado en una amplia variedad de aplicaciones que incluyen empaques para alimentos, tejidos, equipo de laboratorio, componentes automotrices y películas transparentes. Tiene gran resistencia contra diversos solventes químicos, así como contra álcalis y ácidos.	Tiene menos densidad que el PE-BD. Su temperatura de reblandecimiento es más alta, y es más resistente a altas y a bajas temperaturas.
Poliestireno (PS)	El PS es un plástico muy versátil que puede ser rígido o formado. Generalmente es claro, duro y quebradizo. Es muy poco resistente al vapor de agua, oxígeno y tiene relativamente bajo punto de fusión. Hay dos versiones el expansible o espumado (unicel) y el de cristal	Versatilidad, fácil procesamiento, claridad, aislamiento y bajo costo.
Otras resinas como ABS, PC, etc.	El uso de este código indica que el empaque en cuestión está hecho de una resina diferente a las seis listadas o de más de una de dichas resinas y que es usado en una combinación de varias capas.	Depende de la resina o combinación de resinas

Elastómeros: Tiene la capacidad de deformarse sin cambiar la forma permanente, entre estos polímeros encontramos:

- Poliisopreno o caucho natural
- Polibutadieno,

-Poliisobutileno

En conclusión se puede deducir que los elementos como el PET y el PP son materiales que con el tiempo se ha referenciado con un alto volumen de desperdicio, ya que las actuales botellas plásticas y diferentes empaques son fabricados con estos polímeros.

Máquinas y procesos para plástico

Triturar: Esta es una de las primeras herramientas utilizadas para el proceso de reciclaje de plásticos, los objetos a reciclar deben ser triturados o cortados hasta obtener trozos pequeños del material para facilitar el proceso de reciclado, debido que los pequeños trozos de plástico se derriten con mayor rapidez.

Para la reducción del tamaño existen diversos tipo de tecnologías según el tamaño al que se quiera llegar, para el PET pueden obtenerse hojuelas de media, un cuarto de pulgada o finalmente polvo, dependiendo del diseño y el dispositivo utilizado (Cobos, 2011).

Estas máquinas pueden llegar a ser lo suficientemente complejas, debido a que se utilizan para procesos industriales, pero también puede ser una máquina

sencilla, que podemos construir nosotros mismos como es el caso de las máquinas de *Precious Plastic*.⁸

La trituradora consta primeramente de una tolva que es el lugar en donde irán los residuos plásticos que serán triturados, estos residuos pasaran por unas cuchillas, con su movimiento trituran el plástico, estas se mueven gracias a un motor que ejerce fuerza en ellas, para obtener hojuelas de plástico de diferentes dimensiones dependiendo de la máquina que utilicemos.



A



B

Figura 1 A) Trituradora, imagen de Catálogo de ASIAN MACHINERY USA, INC (B) Máquina trituradora imagen de Precious Plastic.

⁸ Es una comunidad global de cientos de personas que trabajan para encontrar una solución a la contaminación plástica. El conocimiento, las herramientas y las técnicas se comparten en línea, de forma gratuita. (Definición tomada de la página web de Precious Plastic)

Extrusión: El proceso de extrusión hace referencia a una operación en la que se funde el material plástico y este es forzado a través de una boquilla para producir un producto de sección constante. (Cobos, 2011).

El plástico es colocado en una tolva, de allí es transportado a un cilindro de calefacción que pasa con la ayuda de un tornillo, el material al ser calentado se convierte en una pasta que posteriormente pasará por la punta del cilindro en donde se encuentra una boquilla que cuenta con la forma y dimensión necesaria dependiendo del producto que se requiera.

Así mismo existen diferentes tipos de extrusoras como la extrusora peletizadora, extrusora de pistón (inyectora), extrusora de fricción, entre otras. Pero también existen extrusoras sencillas, estas normalmente son utilizadas para reciclar filamentos plásticos de impresoras 3D.

Gracias a estas máquinas se ha facilitado el proceso de reciclar plástico termoplásticos, ya que este al ser derretido permite la creación de un nuevo producto y dar un ciclo de vida más largo a este tipo de materiales plásticos que generan un impacto ambiental negativo, y con esto viene la contaminación por gases u olores que surgen al momento de derretir el plástico los cuales son contaminantes y dañinos para las personas, gracias a las extrusoras este proceso se vuelve más seguro y no estamos expuestos a este tipo de olores.



A



B

Figura 2 (A) Extrusora, imagen de Catalogo de ASIAN MACHINERY USA, INC. (B) Extrusora sencilla, imagen de Precious Plastic.

Compresión: Para este proceso el material plástico se introduce en un molde abierto que tiene la forma que deseamos para nuestro producto final, al cual se le aplica presión y calor para que así el material adopte la forma del molde, este proceso requiere de temperatura, presión y tiempo para que la pieza tome la forma del molde.

Este procedimiento es utilizado especialmente para fabricar piezas pequeñas debido a que las presiones necesarias son altas, por ejemplo la fabricación de mangos aislantes de calor para recipientes de cocina.(Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2007).



Figura 3 Máquina de compresión, imagen sacada del catálogo de Precious Plastic.

Inyección: El proceso de inyección consiste en primeramente derretir el plástico para luego por medio de un tornillo sin fin inyectar a alta presión el plástico en un molde de acero para dar la forma deseada, posteriormente el producto en plástico es enfriado por unas canales interiores en los que circula agua. Este proceso de moldeo por inyección se utiliza especialmente para la fabricación de grandes series de piezas como por ejemplo carcasas, o partes de automóviles, entre otros. (Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2007).

Estas máquinas inyectoras también son utilizadas para la fabricación de piezas pequeñas con dimensiones muy exactas; por otro lado es una de las herramientas que como hemos venido viendo a lo largo del trabajo, son máquinas que ayudan al reciclaje de plásticos como es el caso de la inyectora precious plastic, lo que busca es ser una herramienta sencilla y fácil de construir para que cualquier persona tenga acceso a ella y pueda unirse al proyecto de reciclar plástico.



Figura 4 (A) Maquina inyectora, imagen del Catálogo de ASIAN MACHINERY USA, INC. (B) Inyectora, imagen del catálogo de Precious Plastic.

Termo formado: El proceso de termo formado consiste generalmente en dar forma a una lámina plástica por medio del calor ($120\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $180\text{ }^{\circ}\text{C}$) y el vacío utilizando un molde o matriz (Fabrincó, 2014).

Para este proceso primero es necesario colocar la lámina de plástico en un marco de la termo formadora para ser calentada, después de esto se acomoda un molde o matriz que servirá para dar forma a nuestro material plástico en este punto se agrega vacío, este succiona el aire entre la matriz y la lámina esto con el objetivo que el material copie perfectamente cada forma de la matriz, ya para terminar el termoformado se deja enfriar y se corta las partes restantes.

Este proceso se realiza para obtener objetos huecos o con cavidades como es el caso de los moldes para chocolates plásticos, los vasos desechables y aun las bandejas.



Figura 5 Máquina termoformadora manual, Imagen sacada del catálogo de tutorial de termo formado de Fabrinco

En conclusión se dedujo que las maquinas más interesantes para el proyecto son la extrusora y la compresora, diseñadas por precius plastic porque poseen un proceso de diseño diferente, de muy bajo costo resaltan por su variables sociales debido a que son posibles de usar en zonas rurales siendo de gran beneficio para el principal sector que es el productor.

Otra razón por la cual estas máquinas fueron interesantes para nosotros es que gracias a la etapa de experimentación del proyecto, se concluyó que la temperatura es un factor importante en la elaboración de los biopolímeros y estas dos máquinas así mismo utilizan temperatura para transformar el material.

Fibras naturales

En el actual trabajo solo se dio explicación de las dos fibras que se obtuvieron mejores resultados durante la parte experimental del proyecto.

Fique. Planta originaria de América tropical desde Costa Rica hasta Bolivia, conocida también por el nombre de *Furcraea cabuya*, en Colombia se cultiva principalmente en Antioquia, Santander, Boyacá, Cauca, Cundinamarca, Nariño y Santander. (Linares, Figueroa, Galeano y García, 2008).

Esta planta cuenta con diversas especies según la Guía ambiental del subsector fiquero (2002) entre las que se encuentran:

Tunosa común: Se caracteriza por sus hojas verdes y sus espinas cafés ubicadas en los bordes de las hojas.

Uña de Águila: Sus hojas son color verde claro por encima (haz) y cenizo por debajo (envés), sus espinas son encorvadas y cuenta con un agujón pequeño en la punta.

Ceniza: Las hojas por el haz son verdes y por el envés son grisáceas, carecen de espinas, es una de las fibras que más se utiliza para artesanías debido a que la fibra es liviana pero fuerte.

Bordo de oro: Sus hojas son color verde brillante, cuenta con una franja o margen color amarillo y esta armada con algunas espinas rudimentarias.

Rabo de chucha: Sus hojas son abiertas, casi aplanadas color verde con espinas encorvadas.

La cabuya es una fibra vegetal que se extrae de las hojas de la planta de fique, esta fibra ha sido utilizada durante años para la fabricación de productos artesanales como mochilas, lazos, alpargatas y principalmente costales para empacar el café que posteriormente será exportado. Esta fibra es principalmente manejada por campesinos de bajos recursos y su única fuente de ingresos viene de las ventas de estos productos.

La planta de fique no solo cuenta con un uso artesanal, sino que tiene aplicaciones medicinales, como es el caso del jugo y las hojas maceradas de fique que son utilizados para las inflamaciones y eliminar piojos en las bestias y en otros casos se utiliza el jugo para blanquear la ropa. (Linares et al, 2008).

Máquinas y procesos utilizados para la manipulación de fique

Escarmentado: Este es el primero paso para la preparación de la fibra natural, este proceso se realiza para fibras como el fique y la lana. El propósito de este es peinar y desenredar la fibra para con esto retirar las impurezas y hacer la selección

y limpieza de la fibra de primera calidad, las cuales se utilizarán para la fabricación de productos. De este proceso sale un sub producto que es la mota⁹, la cual en ocasiones es vendida para la fabricación de colchones o tomada como desecho. (Eco fibras, 2011).

Este proceso se realiza con un cepillo de clavos, primeramente se toma un manojo de fibra la cual se lanza hacia el cepillo y se hala, se realizan varias repeticiones de este proceso hasta obtener una fibra desenredada, en ocasiones para facilitar el trabajo se agrega margarina vegetal en la fibra, debido a que es un procedimiento que requiere de fuerza en los brazos.



Figura 6 Proceso de escarmentado del Fique, Fotografía sacada del catálogo de Eco fibras.

Hilado: Llamado también torcido, es un proceso que consiste específicamente en transformar las fibras en un hilo o cordel que se enrolla en madejas para posteriormente poder tejer. (Linares et al., 2008). Para este proceso se utilizan herramientas como:

⁹ Residuo de la escarmentada

Huso: El hilado con huso es un proceso manual, en donde solo se necesitan de un huso, este es una herramienta sencilla que consta de una varita en madera puntiaguda en ambos extremos, con un disco llamada tortera la cual tiene la función de dar impulso a la rotación del huso, está ubicada en una de sus puntas, este se hace girar y se deja caer, mientras las fibras se van estirando y torciendo. (Museo natural de historia natural, 2017)



Figura 7 Huso, fotografía de Felipe Infante, Museo Nacional de Historia Natural, Santiago de Chile.

Carrumba: Herramienta que sirve para hilar las fibras, Alicia Dussán de Reichel¹⁰ la describe de la siguiente manera:

“Instrumento en forma de berbiquí con una rueda giratoria de madera, que está atravesada por un largo y delgado eje de madera dura que gira en su parte inferior dentro de un pequeño marco de madera constituido por dos listones

¹⁰ Antropóloga colombiana e investigadora en temas sobre diversidad cultural y étnica en Colombia.

laterales y dos cortos pedazos de madera que unen sus extremos. Las fibras se amarran al extremo del eje saliente de la rueda, y este eje se pone luego en rápida revolución, haciéndolo girar por medio de una varita a cuyos extremos se ha atado una cuerda floja.”(Dussan, 1987).



Figura 8 Carrumba con fique hilado, fotografía del catálogo de Claudia Helena González, Artesanías de Colombia- Cesar- agosto 2007

Rueca: Esta es una máquina que hace la tarea de hilar fibras un poco más sencilla, se basa en el mismo principio del huso que al girar se va torciendo las fibras, pero la rueca cuenta con una polea, la cual es impulsada por el artesano desde un pedal y con las manos libres se va desenrollando las fibras para hacer el hilo.



Figura 9 Fotografía de Artesanías de Colombia, registro fotográfico del proceso de hilado manual con rueca de lana, algodón y organización del material en madejas.

Hiladora: Esta es una máquina que genera torsión y forma un cono de hilo y con las dos manos el artesano va halando las fibras, gracias a la tensión ejercida en las manos se le va dando el grosor necesario para el hilo, (Artesanías de Colombia, 2008).

Se necesita de una motricidad fina para que el hilo quede parejo, (Eco fibras, 2011). Esta máquina ya es una herramienta un poco más compleja debido a que cuenta con un motor.



Figura 10 Hiladora, Fotografías tomada del catálogo de Constanza Arévalo, Curití-Santander, Mayo del 2008.

Telar: Es un instrumento necesario en el proceso de tejer con telar, mediante este se obtienen telas o tejidos, las cuales se forman por cruzamientos de dos series de hilos, uno longitudinal (urdiembre) y otro transversal (trama). (Artesanías de Colombia, 2008).

Telar horizontal: Formado por dos vigas que se unen por travesaños o listones, este armazón es el soporte donde se sostienen dos maderos en forma de cilindros, que sirven para recoger la tela ya tejida y sostener los hilos, en la parte inferior se encuentran los pedales, debido a que estos telares funcionan con polea, es decir al pisar sube un marco. La urdimbre se va pasando por arriba y debajo de la trama, cruzándose. (Artesanías de Colombia, 2008).



Figura 11 Fotografía de un telar tradicional, tomada por Constanza Arévalo, Curití- Santander, Mayo del 2008.

Telar vertical: Consiste en un marco apoyado en el piso, su forma básica está compuesto por cuatro listones y una madera transversal que funciona como urdimbre, existen unos más complejos que cuentan con dos palos, en el segundo se enrolla la tela. (Artesanías de Colombia, 2008).



Figura 12 Telar vertical, fotografía de Artesanías de Colombia.

Cardado: El proceso de cardado es un conjunto de operaciones constantes, en donde el propósito es separando, estirando, limpiando y paralelizando las fibras. (Portilla, 2017). La cardadora manual es utilizada para cardar la lana y consta de dos rodillos con peines, que giran en sentido contrario, esto genera que las fibras queden sin nudos o enredos y gracias a esto se pueden generar mantas no tejidas.



Figura 13 Cardadora manual, fotografía del catálogo de CLASSIC CARDER.

Palma de coco. Su nombre científico es *Cocos nucifera*, pertenece a la familia Palmae¹¹, también conocida como cocotero es considerada la joya de los trópicos. (Granados y López, 2002)

¹¹ Palmeras

Es una planta que cuenta con variadas aplicaciones, que depende también de que parte de la planta se utilice, por ejemplo la madera de la palmera es utilizada en construcción o también para la fabricación de muebles, sus palmas son utilizadas para los techos de casas o para la fabricación de canastas, sombreros y alfombras.(Lizano, 2016)

Del fruto se extrae el aceite de coco, es cual es utilizado en cosmetología, lubricantes y combustibles, la concha¹² del coco es utilizada como materia prima para producir carbón o combustible, de la estopa¹³ se elaboran sacos y alfombras, al volver polvo esta estopa se utiliza para enmendar suelos arenosos. (Lizano, 2016)

Máquinas para la manipulación de la fibra de palma de coco, extraídas del proyecto de grado de Darwin Cajas

Molino-triturador: Maquina especial para obtener polvo de coco, el material inicial es estopa de fibra de coco, y el funcionamiento de la maquina se basa en un

¹² Parte dura que cubre la pulpa del coco

¹³ Fibras que recubren el coco

molino de martillo, el cual tritura y pulveriza las fibras hasta obtener el polvo utilizado para mezclarlo con tierra empleado en viveros.



Figura 14 Molino- triturador de fibra de coco imagen del proyecto de grado Darwin Cajas.

Triturador pulverizado de fibra de coco seco: Máquina para pulverizar¹⁴ la fibra de coco, el triturado se realiza por medio de cuchillas fijas y móviles y la pulverización se realiza mediante un sistema de martillos fijos y móviles, estos se regulan por medio de mecanismos de tornillos y resortes que permite una buena pulverización en cada revolución de la máquina.



Figura 15 Triturador pulverizador de fibra de coco seco, imagen de artículo “Máquina trituradora pulverizadora de fibra de coco seco”

¹⁴ Reducir a polvo. (RAE)

Cortadoras rotatorias: Estas máquinas son especialmente para el corte de fibras húmedas, consta de cuchillas ubicadas perpendicularmente al eje, este eje gira a altas revoluciones. (Cajas, 2011).

Las máquinas expuestas anteriormente, son dispositivos utilizados para la manipulación y transformación de fibras naturales después de su extracción, se describieron en el actual trabajo con el propósito de conocer las herramientas simples que los artesanos utilizan al manejar las fibras, por este motivo solo se encontraran dispositivos sencillos.

Materiales compuestos según Franco Stupenengo

Los materiales compuestos son combinaciones de dos o más materiales, con la finalidad aprovechar las características de cada uno. Estos materiales surgen de la necesidad de obtener combinación de propiedades de los diferentes materiales. Por ejemplo en ocasiones para diseñar productos es necesario de un material ligero y que sea resistente al impacto, propiedades que rara vez se dan juntas, para esto se fabrica un material en el cual contemos con ambas características, desarrollado a partir de un material ligero, que fue reforzado con otro que aporta resistencia.

Para la fabricación de estos materiales se deben tener en cuenta los componentes que los conforman

Matriz (Fase continua): Es el material en el que el refuerzo quedará incorporado, por ello soporta las fibras y las mantiene en la posición adecuada, este material generalmente no es tan rígido, ni tan resistente.

Refuerzo (Fase discontinua o dispersa): Material que es incorporado a la matriz para aprovechar alguna característica que la matriz no posee, este puede ser en forma de partículas o fibras, pero entre menor tamaño mejores resultados se obtienen.

Generalmente son utilizadas fibras sintéticas¹⁵ como refuerzo, pero gracias a la problemática ambiental actual se ha ido investigando en la aplicación de fibras naturales como refuerzo de materiales compuestos.

Interface (Región de contacto): Para generar una buena adhesión entre la matriz y el refuerzo, se puede recurrir a aditivos para recubrir las fibras para que resulten más compatibles con la matriz, debido a que estamos combinando de dos materiales de diferentes familias, si no se genera una región de contacto óptima, el material es propenso a quebrarse o romperse. (Stupenengo, 2011)

Máquinas y procesos para la fabricación de materiales compuesto con fibras sintéticas. Para la fabricación de materiales compuestos con una matriz

¹⁵ Fibra de vidrio, fibra de carbono, entre otras.

termoplástica, se procesa primeramente la matriz individual mediante procesos como inyección, extrusión y moldeo por compresión. (Stupenengo, 2011).

Fabricación por procedimiento discontinuo: Este procedimiento se utiliza para materiales difíciles de dosificar¹⁶, se aglomeran las fibras, matrices y aditivos, estas se homogenizan en un mezclado con calefacción. (Andrzej y Volker, 2007)

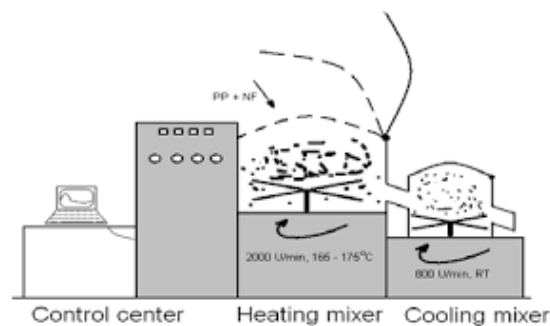


Figura 16 Proceso de fabricación por procedimiento discontinuo, imagen del artículo “Comportamientos Recientes y Aplicaciones de Polímeros Rellenos de fibra natural”

Fabricación por extrusoras: El plástico es fundido y posteriormente este envuelve las fibras, la siguiente imagen muestra el principio de revestimiento de las fibras naturales con polipropileno. (Andrzej y Volker, 2007)

¹⁶ Graduar la cantidad o porción de algunas cosas.(RAE)

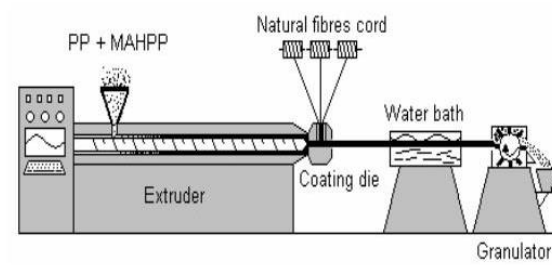


Figura 17 fabricación por extrusoras, imagen del artículo “Comportamientos Recientes y Aplicaciones de Polímeros Rellenos de fibra natural”

Fabricación por inyección: En este proceso se introducen pelets de la matriz polimérica, junto con fibras de 1 a 5 mm, el tornillo hidráulico lleva el material hacia el molde, mientras la mezcla es transportada este se homogeniza, la orientación de las fibras se control mediante el flujo que se produce mientras el molde se llena. (Escuela superior de ingenieros, 2004).

Por otro lado, para matrices de plásticos termorrígidos¹⁷ se han diseñado diferentes procesos de fabricación, los siguientes son definiciones de Franco Stupenengo en “Materiales y materias primas”, del capítulo 10 “Materiales compuestos”.

¹⁷ Termoestables

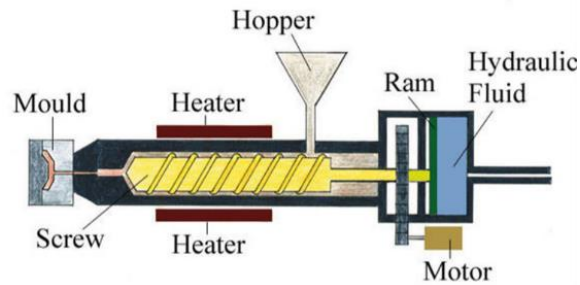


Figura 18 Proceso de fabricación por inyección, imagen de La escuela superior de ingenieros, San Sebastián.

Hand lay up o Moldeo por colocación manual: Es la primera técnica que se utilizó para el laminado de los plásticos con fibras de vidrio, es un método de fabricación sencillo, (Stupenengo, 2011) debido a que se necesita de un molde en donde se localizan las fibras y la mezcla de resina es vertida, con ayuda de una brocha se dispersa la resina, este método presenta desventajas en comparación con otros procesos puesto que las características mecánicas y físicas son inferiores.

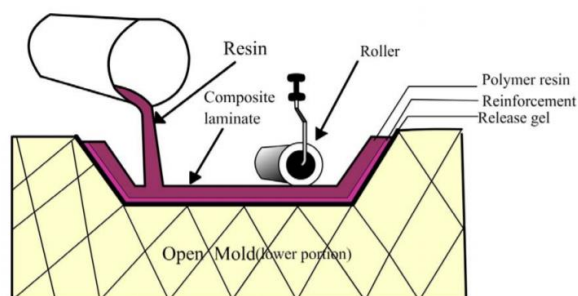


Figura 19 Técnica de Colocación manual, imagen de Hand Lay-up and Spray Lay-up, lectura 5.4

Spray lay up o Moldeo por proyección simultánea: El proceso consiste en colocar de manera simultánea las fibras y la resina sobre el molde.

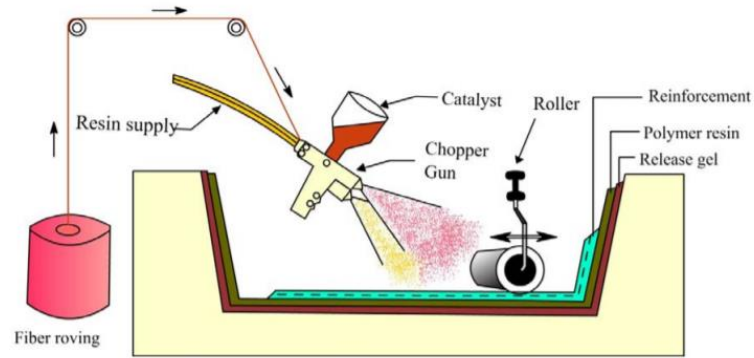


Figura 20 técnica de moldeo por proyección simultánea, imagen de *Hand Lay-up and Spray Lay-up* lectura 5.4

RTM: Resin transfer molding: Primero el molde es lleno del material de refuerzo, se agrega presión para que el material copie la forma deseada, este molde está sujeto por amarras para posteriormente inyectar la matriz polimérica, en este punto empieza el proceso de curado¹⁸, este método de fabricación es utilizado para realizar formas complejas.

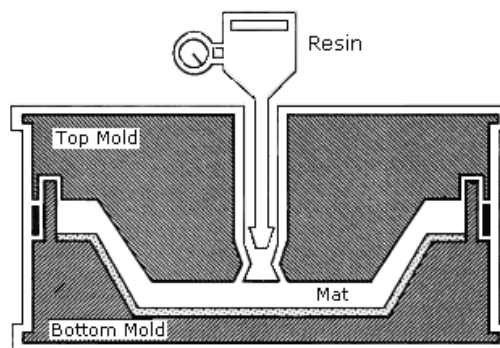


Figura 21 Técnica RTM, imagen de *Departamento de trabajo de Estados Unidos, manual OSHA sección III capítulo 1*

¹⁸ Proceso en el que se aplica calor al molde

Filament Winding ó enrollamiento filamentario: En este proceso es necesario primero impregnar las fibras de resina en una batea de impregnación que está cerca de un mandril, esta cuenta con la forma que se desea y durante todo el proceso estará girando, mientras la fibra se enrolla hasta generar diferentes capas. (Stupenengo, 2011)



Figura 22 Proceso de enrollamiento filamentario, Imagen del documento “Materiales y materias primas” capítulo 10 “materiales compuestos”

Moldeo asistido por vacío: Consiste en agregar presión sobre un laminado, primeramente se acomoda la fibra, que comúnmente viene en mantas la cual es orientándola generalmente intercalada y mediante una bomba de anillo líquido o generadores de vacío, la resina se introduce en el laminado. Este método ayuda a sacar el aire atrapado entre las capas, compacta las capas de refuerzo, lo que hace laminados uniformes y por último evita que la orientación de la fibra se modifique. (Besednjak, 2005)

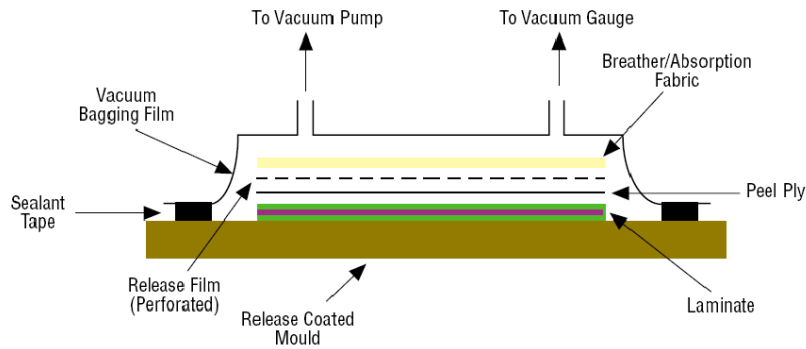


Figura 23 Moldeo por vacío, imagen de Nexus Projectes.

Biopolímeros

Están elaborados a base de materias primas renovables como los aceites naturales, almidones, azúcares entre otros, estos plásticos biodegradables se mantienen en un excelente estado mientras son transportados, exhibidos y usados por el consumidor, para al final de su vida útil ser desechado y gracias a los agentes del ambiente como bacterias y hongos, el material es degradado sin causar efectos negativos al medio ambiente. (Valarezo, 2012)

Como ya se había mencionado anteriormente para la fabricación de un biopolímero es necesario de tres elementos principales, el almidón, el plastificante (glicerina) y el agua, ya conociendo esto se puede mencionar que el almidón pasa por tres fases hasta convertirse en un bioplástico, según Abigail Rosales, ingeniera química de Managua, Nicaragua.

Fase de gelatinización: Este proceso se da cuando el almidón está en presencia del calor, se produce la disminución de la cristalinidad¹⁹, aumenta la viscosidad esto debido a que el agua penetra en las moléculas del almidón, generando así una especie de gel.

Proceso de retrogradación: En el momento en que el gel deja de ser expuesta al calor empieza el proceso de enfriamiento donde la mezcla aún sigue viscosa.

Proceso de desestructuración: En esta fase el almidón se empieza a convertir en una matriz homogénea de polímero, tiene una mayor fusión con el plastificante agregado y esta estructura aumenta en el momento de añadir energía como la temperatura.

Procesos y maquinas utilizadas para la fabricación de biopolímeros. Con base a diferentes lecturas relacionadas a los procesos utilizados para la fabricación de biopolímeros, se encontraron artículos donde se mencionan que para este tipo de materiales se utilizan los mismos procesos que se emplean para el manejo de los plásticos con origen petroquímico.

Como en el caso del artículo “Biopolímeros naturales usados en empaques biodegradables” donde sus autores mencionaron que las películas biodegradables

¹⁹ Cualidad de ser cristalino (RAE), transparente.

pueden ser fabricadas por procesos de extrusión, compresión y otros procesos térmicos. (Villada, Acosta, Velasco, 2007).

Estos mismos autores escribieron otro artículo llamado “Investigación de Almidones Termoplásticos, Precursores de Productos Biodegradables” donde verificaron la información acerca de los procesos de elaboración de los bioplástico, Villada, Acosta y Velasco escribieron:

“El TPS (biopolímero) presenta varios atributos, además de su biodegradabilidad, es un material renovable, flexible y se puede acondicionar muy fácilmente a diferentes procesos de termo plastificación usando equipos estándar utilizados en la fabricación de polímeros sintéticos, tales como inyección por moldeo, extrusión por soplado, moldeo por inyección, moldeo por compresión, extrusión de película plana y radiación por moldeo”

Otro caso se encuentra en el artículo de Mario Enrique, Reinaldo Velasco y Vicente Ortiz llamado “Composición y procesamiento de películas biodegradables basadas en almidón” donde nos mencionan que estos materiales biodegradables de almidón soportan procesos como el moldeo, la extrusión y el prensado.

Estos artículos nos ayudaron a informarnos con relación a los procesos de fabricación de los diferentes productos a base de biopolímeros que se encuentran actualmente en el mercado.

Empresas con productos fabricados a partir de biopolímeros. Las empresas mencionadas a continuación se obtuvieron de una tabla de los mayores productores de biopolímeros de almidón de la tesis de María Valarezo, página 29.

Vegeplast: Esta es una empresa francesa que fabrica diferentes productos como cubiertos desechables, macetas, bandejas, entre otros con bioplástico hecho a base de trigo y almidón de maíz.

Plantic Technologies Limited: Empresa ubicada en Australia conocida por su nombre comercial Plantic, fabrica empaques para alimentos en donde su materia prima principal es el almidón de amilosa, derivado del maíz.

Solany biopolymers Inc: Fabrican un plástico biodegradable llamado Solany elaborado a partir de almidón de papa, este bioplástico ha sido utilizado para diferentes aplicaciones como macetas, tubos de cultivo, juguetes, bandejas de CD y DVD, portavasos, entre otros.

Novamont: Empresa italiana que entre sus productos cuenta con un material llamado mater-bi y hace parte de los plásticos biodegradables y compostables, obtenido a partir de almidones, celulosas y vegetales, este material ha sido utilizado en la agricultura con objetos como las películas acolchadas para cultivos y clips

compostables, pero también tiene aplicaciones en el sector de la alimentación con productos como platos, vasos, cubiertos, tazas, tapas para vasos, entre otros.

Metodología

Estrategia metodológica

Durante el desarrollo del proyecto se tenía en cuenta la metodología del doble diamante desarrollada por El Consejo de Diseño, el cual cuenta con cuatro fases: descubrir, definir, desarrollar y entregar.

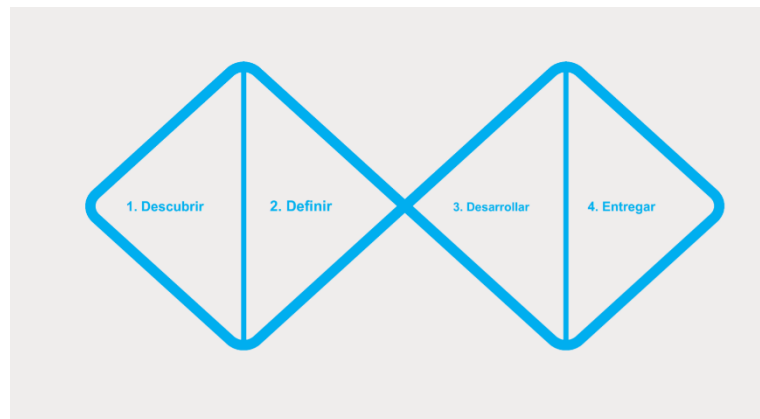


Figura 24 Doble diamante, Imagen del documento "Métodos de diseño para el desarrollo de servicios".

La siguiente información fue extraída del documento Métodos de diseño para el desarrollo de servicios, documento realizado en colaboración de *Technology Strategy Board* y *Design Council*.

Descubrir: Es una etapa de recopilación de información, conocimientos e inspiración, para empezar a decidir qué es lo interesante para abarcar en el proyecto.

Definir: Se da sentido a las cosas encontradas en la fase anterior, aclarando el desafío de diseño en el del proyecto.

Desarrollar: Desarrollo del producto, es una fase de prueba y error esto con el fin de depurar la idea.

Entregar: Fase donde el producto es finalizado y aprobado, listo para que salga a lanzamiento.

Para este proyecto se tomó la metodología del doble diamante pero fue adaptada a las características que el proyecto requería, puesto que es un proyecto interdisciplinar y está vinculado a un semillero de investigación.

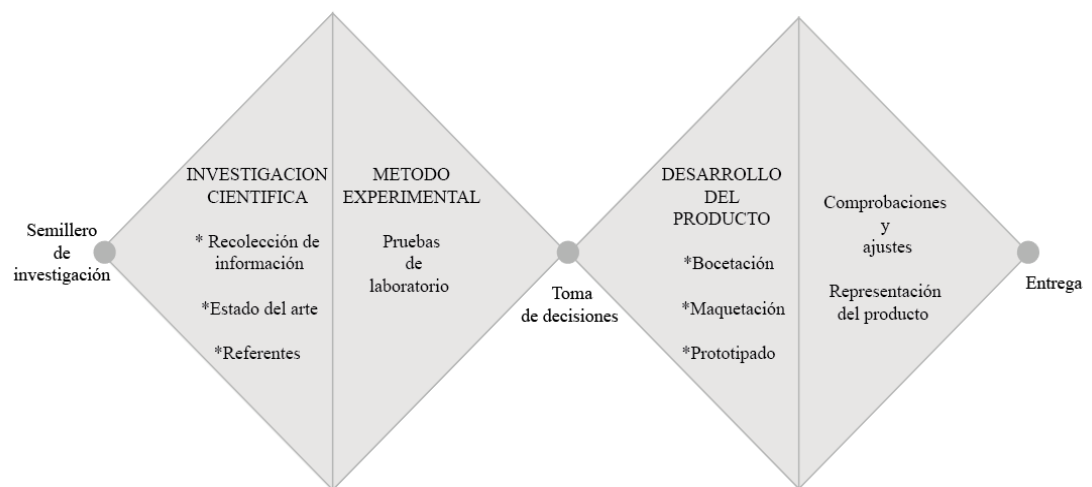


Figura 25 Doble diamante adaptado al proyecto. Elaboración propia

Métodos

El proyecto comenzó con la vinculación al semillero de investigación en fibras naturales, “Semillero de Diseño, Pensamiento y Creación” a cargo del Profesor Juan Manuel España, en este punto se indaga en los temas de atención del grupo de investigación como los intereses personales del autor del proyecto.

Ya aclarados los intereses generales comenzó la fase de investigación científica donde se realizaba exploración teórica, recolección de datos, rastreo de referentes y se buscó actualizarnos en los artículos e investigaciones realizadas por ajenos en el tema de sistemas de transformación en materiales y lo relacionado a materiales compuestos con matriz polimérica y bio polimérica

Simultáneamente se desarrollaba el método experimental que en nuestro caso se realizó con pruebas de laboratorio de los materiales, realizadas en el laboratorio de bioprospección, un espacio que nos facilitó el programa de ingeniería química de la Universidad Jorge Tadeo Lozano.

Estas pruebas nos ayudaron a comprobar lo adquirido en la investigación científica, analizando los resultados de las pruebas y tomando decisiones no solamente del material en sí, sino de los procesos sencillos de fabricación utilizados en esta etapa.

Posteriormente se llega a una toma de decisiones junto con los profesores, donde gracias a los resultados obtenidos se realiza una lluvia de ideas junto a los participantes del semillero para de allí concluir en el producto final y las características o especificaciones que este debe cumplir.

Para así entrar en la etapa de desarrollo del producto por medio de la experiencia de bocetación, maquetación y prototipado, maquetas rápidas no refinadas pero si útiles para ser comprobadas, fue una etapa de prueba y error hasta conseguir el diseño final que cumpliera con los requisitos propuestos, en mi caso fue una complicada labor el encontrar el paquete tecnológico sencillo y a bajo costo para integrar en el dispositivo.

Por otro lado, también se realizaron esquemas como flujogramas y diagramas de red, para finalizar el sistema de producción, realizado mediante del dispositivo propuesto.

Llegando así a la etapa de conclusión con la construcción del prototipo final, el cual fue sometido a pruebas de funcionalidad y usabilidad con el usuario, para realizarle modificaciones y culminar el producto, a la par de esto se realizaba toda la parte de representación del producto, planos técnicos, identidad gráfica, posters y preparación del discurso final, para la entrega.

Resultados del proyecto

Desarrollo del producto

Mediante el conocimiento obtenido del proceso de investigación científica y la etapa de experimentación se empiezan a tomar decisiones en relación al producto, al principio se planeaba un dispositivo que permitiera fabricar materiales compuestos de matriz polimérica y biopolimérica, pero a pesar que los procesos de fabricación de ambos materiales son similares, se sabe que el comportamiento de estos es completamente diferente.

Por esta razón se tomó la decisión de avanzar solo en el proceso de fabricación de los biopolímeros reforzados. Al investigar en los referentes de la maquinaria que se tenían para el manejo de dicho material se encuentra que son las mismas que se utilizan para el reciclado y manipulación del plástico, maquinaria que puede llegar a ser compleja tecnológicamente y costosa.

Otro factor determinante para el proyecto fue el aprovechamiento de los residuos que generan los cultivos de fibras pensando en un beneficio para el productor y como ellos mismos pueden llegar a generar un ingreso extra de dichos desperdicios.

Por esto se llegó a la conclusión de diseñar un dispositivo de baja complejidad tecnológica, bajos costos y asequible para comunidades rurales que aprovechará los residuos de fibras vegetales como refuerzo de materiales biopoliméricos.

En nuestro caso, las pruebas se realizaron con diferentes materiales hasta obtener los de mejores resultado, para la matriz biodegradable se utilizó carragenina y almidón de maíz, en el caso del refuerzo se utilizaron amero de maíz, algas, fique y fibra de palma de coco.

Para el material final se determinó utilizar el almidón de maíz como matriz y para el refuerzo se manejó el fique y fibra de palma de coco debido a que el material con estos elementos presentaba un mejor aspecto y mayor resistencia.

Ya con estos elementos determinados se empezó el desarrollo del dispositivo, teniendo en cuenta los procesos caseros que hasta el momento estábamos utilizando para la fabricación de las pruebas, de todo el sistema de elaboración se concluyó en dos procesos fundamentales para la producción del material los cuales son la temperatura y la presión, a partir de ellos se comenzó el proceso de diseño, primeramente en una etapa de bocetación.

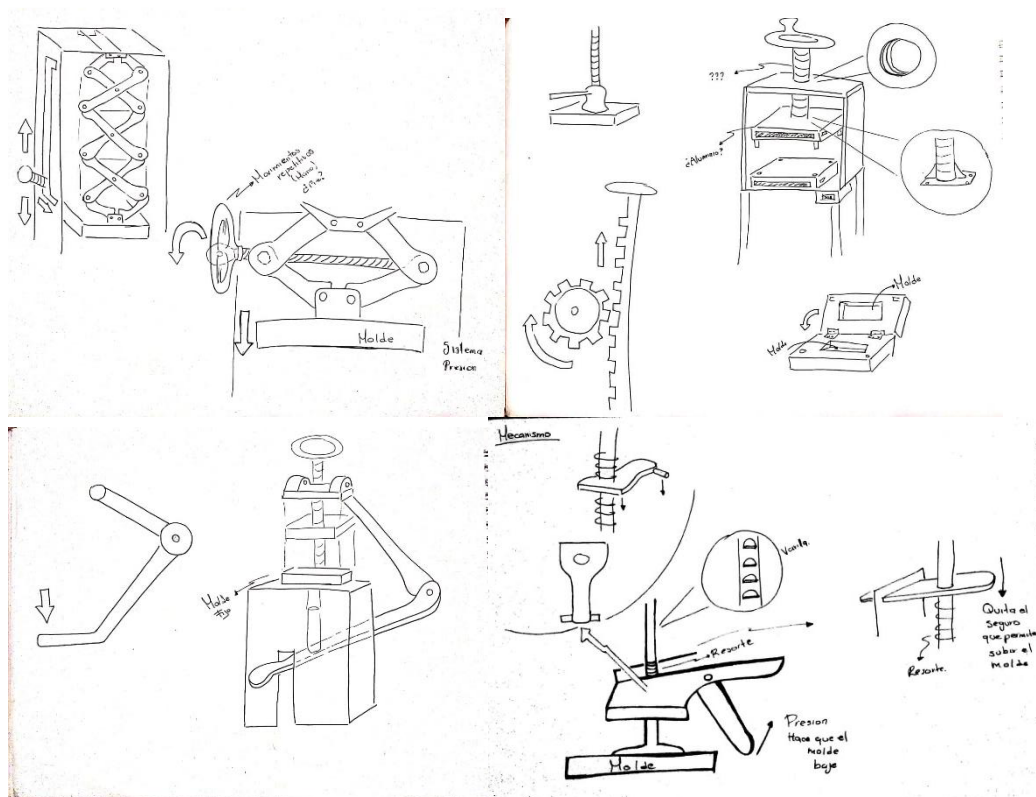


Figura 26 Bocetos. Elaboración propia.

Primeramente se indagaba en mecanismos sencillos y los elementos necesarios para lograr generar presión y calor, basada en la observación se comenzaba el proceso de maquetaación.

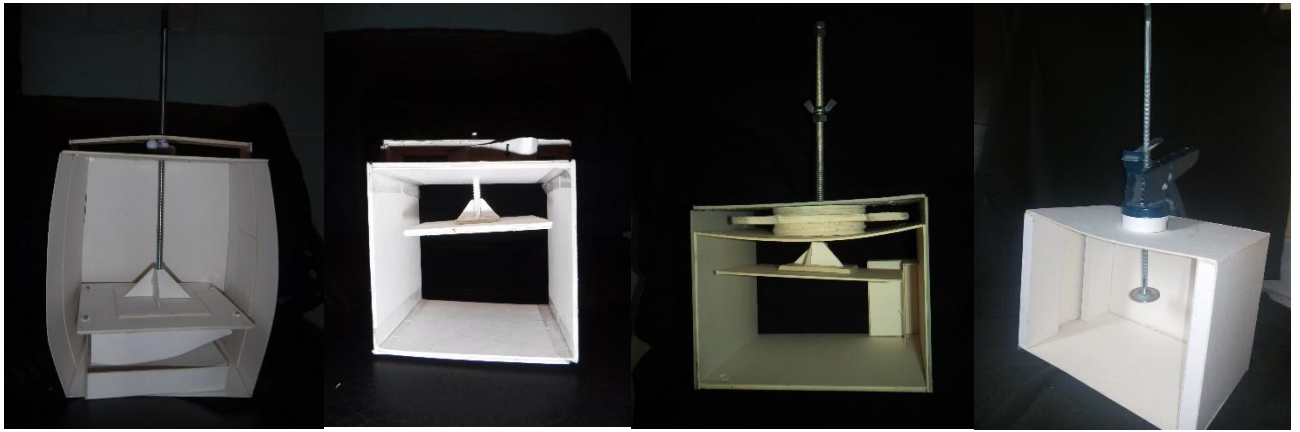


Figura 27 Maquetas del dispositivo. Elaboración propia

Posteriormente se decidió separar los dos procesos, debido a que en el caso de una falla en alguno de los procesos no afectara el funcionamiento del otro, también se pensó en la comodidad del usuario, en el momento de alistar la mezcla y verterla en el molde, es más fácil realizar este proceso en el exterior del dispositivo.

Por otro lado el dispositivo debía contar con un rango de dimensiones amplia, esto para no estar sujeto a un molde en específico, sino que el mismo dispositivo logre fabricar diferentes productos.

Para la búsqueda del paquete tecnológico que genera calor, después de mucha observación y trabajo de campo se encontró un lugar donde las resistencias eran

económicas y empezó el proceso de aprendizaje en relación a la conexión de estas con los elementos necesarios para su funcionamiento.

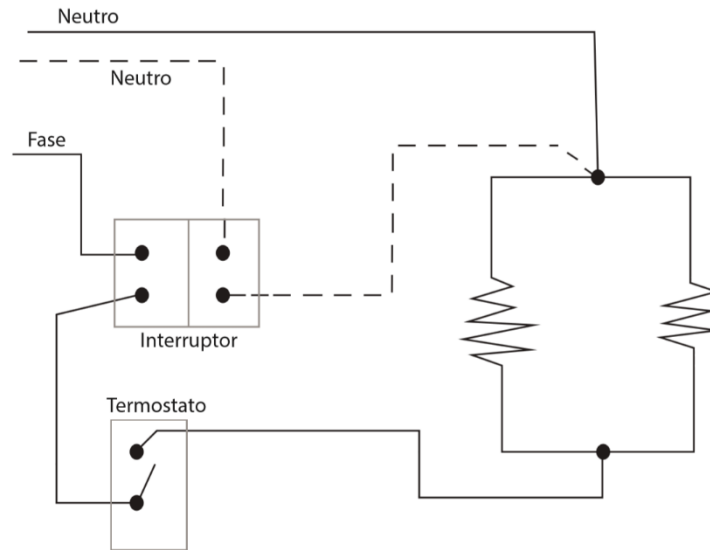


Figura 28 Diagrama de conexión del paquete tecnológico. Elaboración propia

Debido a las consideraciones anteriores se determinó la forma final del dispositivo, forma que está sustentada primeramente en la organización del paquete tecnológico.

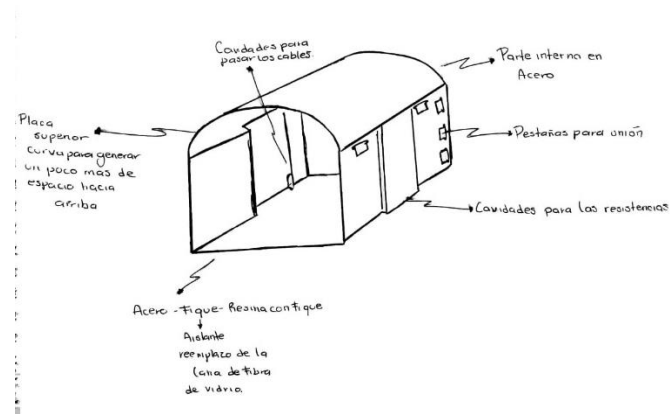


Figura 29 Boceto. Elaboración propia.

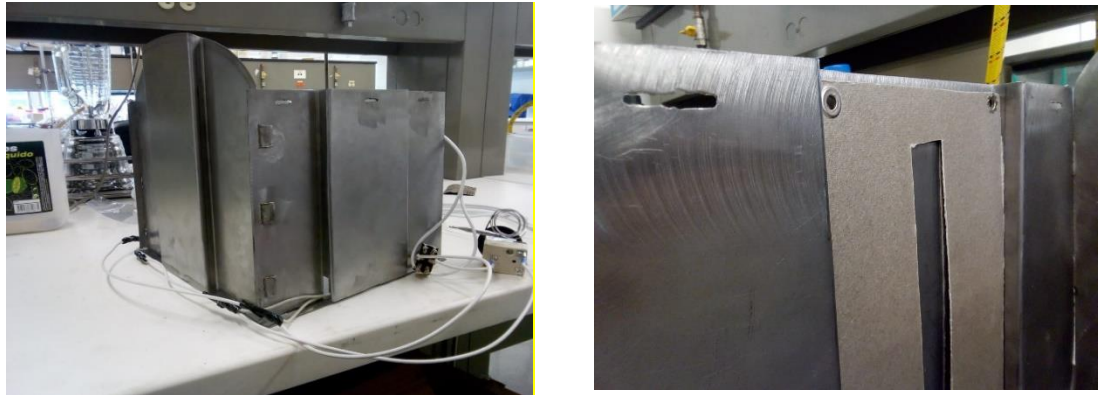


Figura 30 Proceso de construcción del dispositivo. Elaboración propia.

Un aspecto a consideración que surgió en medio del proceso de construcción del dispositivo, fue la posibilidad de fabricar la carcasa con resina reforzada con fibras de fique, debido a que uno de los usos de los materiales compuesto es el recubrimiento para máquinas y aparte de esto el fique cuenta con propiedades de aislamiento térmico. (Muñoz y Cifuentes, 2006).

Dicha carcasa se fabricó por caras, para así conseguir recubrir el dispositivo, esto con ayuda de moldes que se construían termo formando acetato, para así en ellos verter la mezcla de resina reforzado con fique, teniendo en cuenta la fórmula que ya mi compañera Angie Gallego había concluido para el material. (Gallego, 2019).

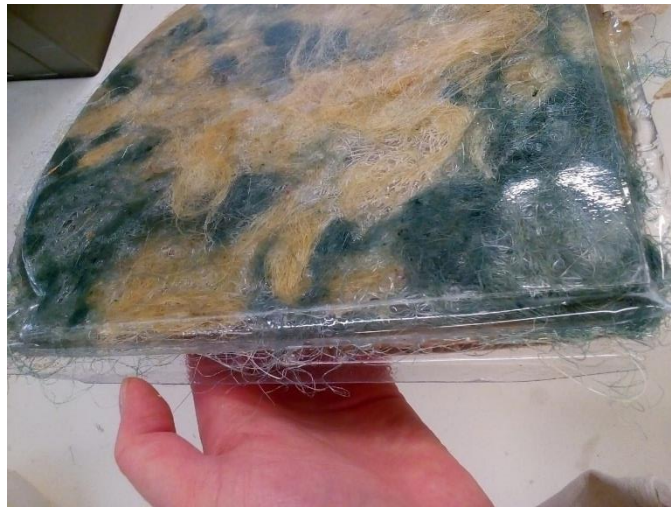


Figura 31 Moldes para la fabricación de las láminas de resina reforzada con fique. Elaboración propia.

Ya para finalizar el proceso de elaboración del dispositivo se tomó la decisión de a la carcasa añadirle también madera de pino como recubrimiento, esto con el fin de demostrar que podría así mismo fabricarse con un material más fácil de conseguir en el mercado, debido a que este dispositivo es fabricado para ser distribuido abiertamente es decir, que cualquier persona que necesite el dispositivo podrá adquirir fácilmente los planos y un manual diseñado para tener una mejor claridad del proceso de construcción de todo el dispositivo.



Figura 32 Modelo final TEBICO. Elaboración propia

El dispositivo se comprobó al fabricar un empaque de biopolímero reforzado con mota de fique. (Cuellar, 2019)

Durante todo el proceso no se podía dejar de largo los aspectos de diseño de puesto de trabajo en el que se ubicaría el dispositivo y de representación del proyecto, elementos que se trabajaban a la par con la construcción del producto final.

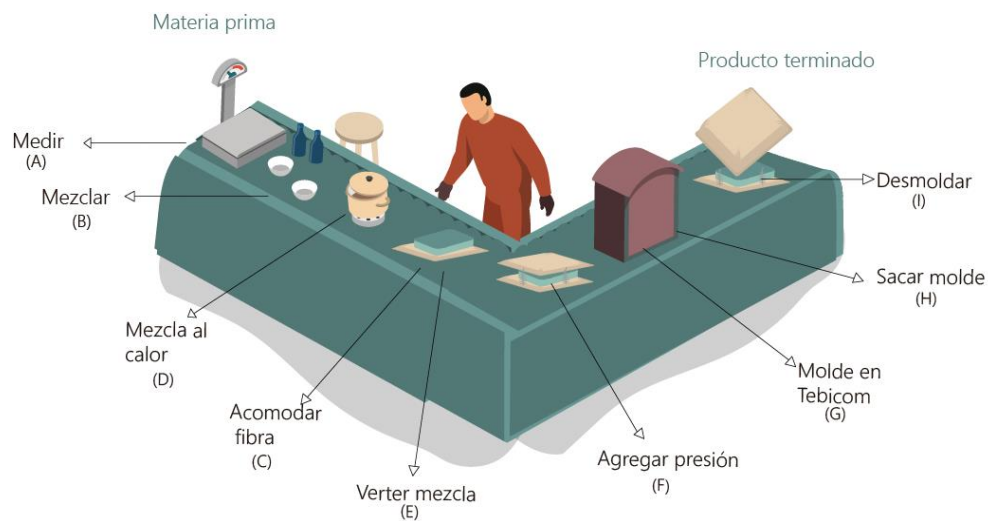


Figura 33 Puesto de trabajo. Adaptación (vectores de Freepik).

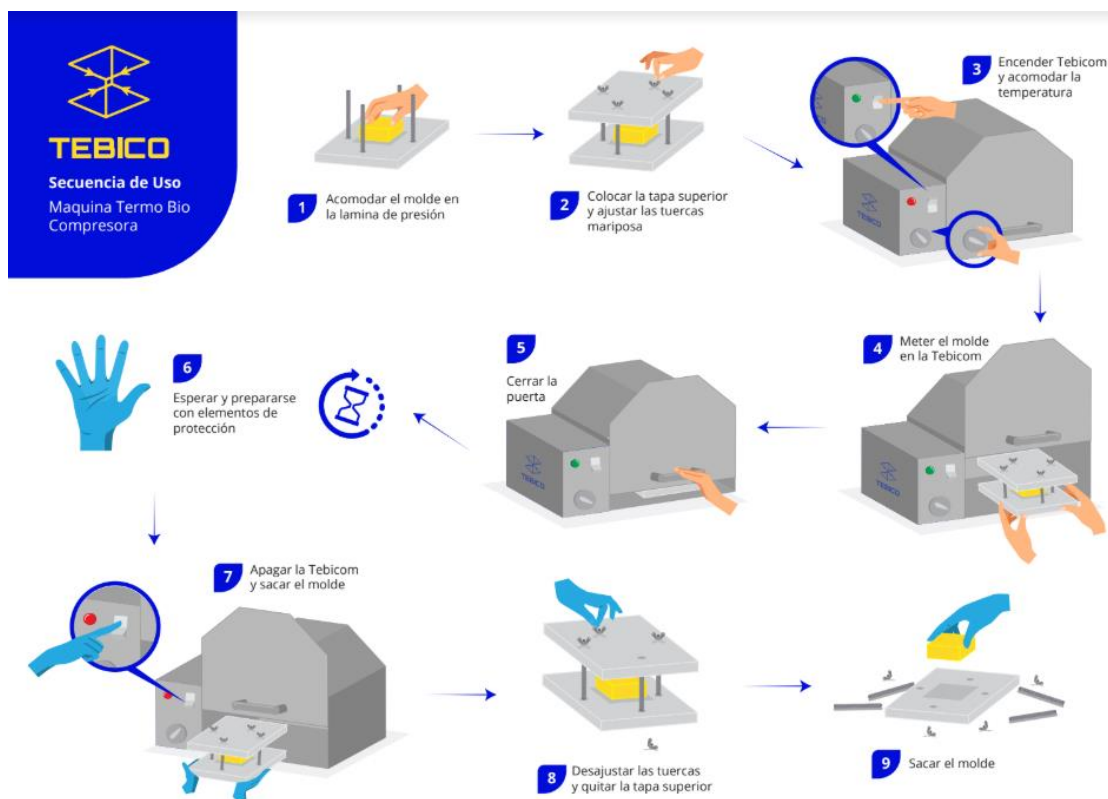


Figura 34 Secuencia de uso. Elaboración propia

Conclusiones

Proyecto

- Para la fabricación de materiales biopoliméricos reforzados con fibras, los dos procesos más importantes son el generar presión y calor.
- De acuerdo a la etapa de experimentación para la aplicación del biopolímeros en el diseño de productos funciona mejor la base de almidón que la de carragenina.

- La temperatura ideal para aplicar al biopolímero y la fibra reforzada es de 70 a 90 grados centígrados.
- El nivel de presión que se le agrega al molde es mínimo, solo es importante para que la mezcla calque correctamente la forma del molde.
- Las mejores fibras que sirvieron como refuerzo en nuestro caso fueron la fibra de fique, mota de fique y la fibra de palma de coco.

Aprendizajes

Gracias al proyecto adquirí no solo conocimientos científicos, como lo relacionado a los procesos para realizar materiales compuestos a base de matrices tanto poliméricas como biopoliméricas.

Aprendiendo de un campo diferente al diseño que es la química, una disciplina exacta que se sale un poco del ámbito creativo, donde debíamos seguir fórmulas, analizar las pruebas y aun modificar las formulas hasta obtener el resultado esperado, ser más cuidadosos en los procesos de elaboración de la muestras, debido a que aun un descuido de nosotros podía alterar el resultado final, sin

embargo fue una excelente experiencia de formación el realizar un proyecto de manera interdisciplinaria.

Aprendiendo y desarrollando no solamente mi proyecto en particular, sino de manera indirecta aportando al proyecto de mis compañeras, pensando en cómo se podría realizar una vinculación entre los diferentes proyectos, fortaleciendo así la práctica del trabajo en equipo.

También aprendí a diseñar para gente sencilla, buscando siempre la economía, y los bajos recursos tecnológicos, cosa que en el proceso del proyecto se me complico un poco, por lo cual tenía que utilizar la recursividad para a lograr lo que se quería pero siempre teniendo en la mente al artesano o el productor.

Direcciones futuras

- Avanzar en el desarrollo del dispositivo hasta que este logre realizar todo el proceso de fabricación para obtener el biopolímero reforzado con fibras vegetales.
- Seguir experimentando con diferentes fibras naturales como refuerzo del biopolímero y no solo esto sino también realizar pruebas con otros almidones como por ejemplo el almidón de papa y arroz.

- Seguir con la búsqueda de otro tipo de productos que se puedan fabricar con el biopolímero, mediante el dispositivo.
- Ampliar más la investigación hacia dispositivos sencillos para generar materiales reforzados con matriz polimérica.

Referencias

- Amigó, V., Salvador, M. D., Sahuquillo, O., Llorens, R., & Martí, F. (2009). Aprovechamiento de residuos de fibras naturales como elementos de refuerzo de materiales poliméricos. Instituto de Tecnología de Materiales Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Andrzej, K ., Volker E. (2007). Comportamientos Recientes y aplicaciones de Polímeros Rellenos de Fibra Natural. Universität Kassel, Alemania.
- Artesanías de Colombia, (2008). Diagnóstico de Calidad Oficio Artesanal, Tejeduría en fique. Proyecto de mejoramiento en la calidad y certificación de productos de artesanos en 13 comunidades, ubicadas en los departamentos del Atlántico, Antioquia, Boyacá, Caldas, Cauca, Chocó, Santander, Sucre y Valle del Cauca. MN048-7.
- Besednjak, A. (2005). Materiales compuestos, moldeo por vacío.
- Cadena Productiva Nacional del Fique (2006). Guía ambiental del subsector fiquero. Segunda edición
- Cajas, D. (2011).Diseño de un triturador pulverizador de estopa de coco para la producción de sustrato granulado, Escuela politécnico Nacional. Ecuador, Quito.
- Castro D, Ruvolo-Filho A & Frollini E (2012). Materials prepared from biopolyethylene and curaua fibers: Composites from biomass. Polymer Testing, 31(7), 880-888.
- Cobos C, (2011). Diseño de un sistema de extrusión- peletizado para el procesamiento de los residuos plásticos para la empresa municipal de la ciudad de cuenca EMAC.
- Curubeto N, (2016). DESARROLLO DE UN FILM BIOPLÁSTICO COMESTIBLE PARA REDUCIR EL PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO EN FRUTAS DESHIDRATADAS. Universidad Argentina de la Empresa, Facultad de ingeniería y ciencias exactas.
- Cuellar G, (2019). Verpak: desarrollo de un empaque biodegradable reforzado con fique para productos tecnológicos. Universidad Jorge Tadeo lozano (Tesis no publicada).

- Desing Council (2015) Design methods for developing services.
- Dussan A, (1987). La Mochila de Fique. En: Introducción a la Colombia Amerindia, Instituto Colombiano de Antropología, Bogotá, marzo de 1987.
- Eco fibras, (2011). Ecofibras una experiencia para compartir, Curití, Santander. 88 pp
- Enrique M, Velasco R, Ortiz V, (2011). Composición y procesamiento de películas biodegradables basadas en almidón.
- Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, (2007). Plásticos, Protocolo, Cursos de procesos de manufactura. Edición 2007-2. Facultad de Ingeniería Industrial, Laboratorio de producción.
- Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, (2008). Identificación de procesos plásticos, protocolo, cursos de materiales. Edición 2008-1. Facultad de Ingeniería Industrial, Laboratorio de producción.
- Escuela superior de ingenieros San Sebastián, (2004). Materiales compuestos, capitulo 11, fabricación.
- Fabrinco, (2014). Tutorial de termoformado. Vol 1
- Gallego A, (2019). DecoCalma: desarrollo de un producto para revestimiento de interiores a partir de compuestos naturales de fibra natural. Universidad Jorge Tadeo Lozano. (Tesis no publicada).
- Gómez J, (2009). Diseño de un material compuesto con fibra natural para sustituir la utilización de la fibra de vidrio (Bachelor's thesis, Ingeniería de Diseño de Producto).
- Granados D, & López G, (2002). Manejo de la palma de coco (*Cocos nucifera* L.) en México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 8(1), 39–48.
- Jaramillo N, Hoyos D, Santa J (2016). Composites with pineapple-leaf fibers manufactured by layered compression molding. *Ingeniería y Competitividad*, 18(2): 151-162.
- Linares L, Figueroa Y, Galeano G, García N. 2008. Fibras vegetales empleadas en artesanías en Colombia. Artesanías de Colombia S.A.Ministerio de Comercio, Industria y Turismo; Instituto de Ciencias Naturales Facultad de Ciencias- Universidad Nacional de Colombia.

- Lizano, M. (2016). Guía Técnica del cultivo de Guayusa. *Instituto Interamericano*.
- Luna G, Villada H, Velasco R (2009). ALMIDÓN TERMOPLÁSTICO DE YUCA REFORZADO CON FIBRA DE FIQUE: PRELIMINARES.
- Mina J, (2012). CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA DE UN ALMIDÓN TERMOPLÁSTICO (TPS) DE YUCA Y ANÁLISIS INTERFACIAL CON FIBRAS DE FIQUE.
- Miravete, A., & Castejón, L. (2002). Materiales compuestos. *Temas de Disseny*, (20), 123–139.
- Mohanty A, Misra M. and Hinrichsen G (2000). Biofibres, biodegradable polymer and composites: an overview. *Macromol Mater Eng*, 276/277, 124.
- Mohanty A, Misra M, Drzal L (2002). Sustainable bio-composites from renewable resources: opportunities and challenges in the green materials world. *Journal of Polymers and the Environment*, 10(1-2), 19-26.
- Muñoz D, Cifuentes G (2006). Fique como aislante térmico.
- Museo Nacional de Historia Natural, (2017). Noticia, El uso del huso en el arte textil.
- Portilla E, (2017). Construcción de una maquina artesanal cardadora de fibra de alpaca, Proyecto de grado de la universidad técnica del norte, Ibarra Ecuador. 110 pp.
- Rosales A, (2016). Obtención de biopolímero plástico a partir del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*), por el método de polimerización por condensación en el laboratorio 110 de la UNAN-Managua.
- Ruiz G, (2005). POLÍMEROS BIODEGRADABLES A PARTIR DEL ALMIDÓN DE YUCA. UNIVERSIDAD EAFIT ICIPC MEDELLÍN.
- Saiter, J, Dobircau L, & Leblanc N. (2012). Are 100% green composites and green thermoplastics the new materials for the future? *International*
- Stupenengo F, (2011). Materiales y materias primas. Capítulo 10, materiales compuestos.
- Téllez A, (2012). La complejidad de la problemática ambiental de los residuos plásticos: una aproximación al análisis narrativo de política pública en Bogotá.

Valarezo M, (2012). Desarrollo de biolímeros a partir de almidón de corteza de yuca (Manihot esculenta). UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA.

Valero M, Ortégón Y, Uscategui Y, (2013). Biopolímeros: Avances y Perspectivas, 171-180

Villada H, Acosta H, Velasco R, (2007). BIOPOLÍMEROS NATURALES USADOS EN EMPAQUES BIODEGRADABLES, Universidad del Cauca, facultad de ciencias Agropecuarias.

Villada H, Acosta H, Velasco R, (2008). Investigación de Almidones Termoplásticos, Precursores de Productos Biodegradables, Universidad del Cauca, facultad de ciencias Agropecuarias.

Referencias de páginas web

Mater- bi. Recuperado de <http://materbi.com/>

Novamont, (1990). Recuperado de <https://www.novamont.com/>

Plantic, (2001). Recuperado de <http://www.plantic.com.au/product/plantic-e>

Precius plastic, (2013). Recuperado de <https://preciousplastic.com/>

Diccionario de la Real Académica Española. Recuperado de <https://dle.rae.es/?w=diccionario>

Solany biopolymers Inc, (2005). Recuperado de <https://solanybiopolymers.com/index.html>

Vegeplast, (2008). Recuperado de http://www.vegeplast.com/index_fr.html