

**Investigación de proyecto de grado: Aplicación de materiales compuestos por fibras
naturales en la industria del transporte**

Ayleen Nayibe Tafur Leal

Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano

Semillero de investigación: Pensamiento en diseño

Grupo de estudio en fibras naturales

Bogotá

2020

**Investigación de proyecto de grado: Aplicación de materiales compuestos por fibras
naturales en la industria del transporte**

Ayleen Nayibe Tafur Leal

Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano

Semillero de investigación: Pensamiento en diseño

Grupo de estudio en fibras naturales

Docentes: Juan Manuel España, Andrés Téllez.

Bogotá

2020

Resumen

Durante años la industria del transporte ha implementado en sus vehículos materiales como la fibra de vidrio, fibra de carbono y plástico para algunas de sus piezas, pero el problema con el uso de estos materiales es que para su producción se emplean procesos químicos y físicos que dañan el ambiente y pueden ser nocivos para la salud de sus productores. Además, al finalizar su vida útil estas piezas no suelen ser recicladas, ya sea porque para hacerlo los procesos son costosos y complejos, o porque no es posible. De esta manera, este proyecto busca investigar y producir un material compuesto por fibra vegetal y una baja porción de polímero, que se pueda usar para este sector y que permita reducir los daños en la salud y los daños ambientales.

Tabla de contenido

Resumen.....	Pág. 01
Tabla de contenido.....	Pág. 02
Lista de figuras.....	Pág. 03
1. Introducción.....	Pág. 04
1.1. Definición del problema.....	Pág. 04
1.2. Justificación.....	Pág. 05
2. Objetivos.....	Pág. 06
2.1. Objetivo General.....	Pág. 06
2.2. Objetivos Específicos.....	Pág. 06
3. Marco teórico.....	Pág. 07
4. Metodología.....	Pág. 21
5. Resultados.....	Pág. 21
6. Conclusiones.....	Pág. 23
7. Direcciones futuras.....	Pág. 23
8. Referencias.....	Pág. 24
9. Anexos.....	Pág. 25

Lista de figuras

Figura 1. Distribución modal Bogotá.

Figura 2. Tiempos de viaje promedio para viajes unimodales.

Figura 3. Distribución modal según estrato.

Figura 4. Logo AKT.

Figura 5. Logo Auteco.

Figura 6. Motocicleta pulsar.

Figura 7. Cadena de producción AUTEKO.

Figura 8. Resultados encuesta usuarios (1).

Figura 9. Resultados encuesta usuarios (2).

Figura 10. Resultados entrevistas.

Figura 12. Piezas de moto ABS (1).

Figura 12. Piezas de moto ABS (2).

Figura 13. Propiedades ABS.

Figura 14. Evidencia residuos plásticos.

Figura 15. Materiales compuestos en autos.

Figura 16. Tabla de propiedades de las fibras naturales.

Figura 17. Tabla de comparación de propiedades de las fibras naturales y ABS.

Figura 18. Diagrama metodología doble diamante.

1. Introducción

El programa de Diseño Industrial de la Universidad Jorge Tadeo Lozano, a través de su Proyecto de Investigación de Grado (IPG) en la modalidad de Semillero: Pensamiento en diseño y grupo Fibras Naturales, busca generar proyectos que tengan un impacto favorable al medio ambiente haciendo uso de materiales naturales para la composición de los objetos propuestos. En este semillero los estudiantes buscan responder a situaciones específicas en las que vean una oportunidad de intervención a través del desarrollo y procesos de producción de materiales y objetos compuestos por fibras o elementos naturales. Esto se debe a que, con el paso de los años ha aumentado la preocupación por el impacto ambiental que generan la producción de plásticos y los gases que genera la obtención/fabricación de los mismos. En este caso, este proyecto se enfocará en identificar una problemática del sector transporte y darle solución a través de un material compuesto por una fibra natural, reemplazando así materiales usados actualmente en esta industria como la fibra de carbono, la fibra de vidrio y elementos plásticos o metálicos.

1.1 Definición del problema

¿Cómo reducir problemáticas socioambientales en la industria del transporte?

Los plásticos, la fibra de carbono y la fibra de vidrio son materiales que se han implementado en medios de transporte durante los últimos años. Esto se debe a sus propiedades, pues son materiales resistentes, flexibles y de baja densidad. La desventaja de estos materiales es su impacto ambiental, pues su producción presenta un alto consumo de energía además de generar gases de efecto invernadero. Para la producción de estos materiales se deben realizar procesos productivos químicos y físicos que tienen un alto gasto energético. En el caso de la fibra de carbono, procesos como la carbonización, estabilización, hilado, oxidación utilizan algunos gases y químicos para las mejoras del material (Verma, 2018). En el caso de la fibra de vidrio, está compuesto básicamente por hilos de vidrio aglomerados con resina y aunque es un material menos resistente, tiene características de aislamiento, ligereza y resistencia química. Para su producción se utilizan procesos de fusión y conformación y puede ser usado en fibras largas, cortas, telas, polvo (Mariano, 2011). Para la producción de productos plásticos se llevan a cabo procesos de horneado y destilación de petróleo para la obtención de monómeros que al ser tratados con catalizadores o con otros monómeros se transformarán en plásticos de diferentes tipos que serán la materia prima de muchos de los productos que vemos comúnmente en el mercado (Plastic Collectors, 2020).

Estos materiales y sus procesos pueden tener efectos negativos en la salud humana, puesto que los químicos y filamentos pueden generar alergias y problemas en la piel, ojos y garganta, así como problemas como la fibrosis pulmonar, entre otros (Instituto Sindical de Trabajo, 2001). Además de los riesgos en la salud, otro de los grandes problemas de estos materiales es que su producción tiene altos costos energéticos y no tienen procesos establecidos de recolección y reciclado o no se pueden separar fácilmente, pues en casos como la fibra de vidrio y de carbono contienen resinas que unifican los filamentos y los hacen más difíciles de procesar (Universidad de Alicante, 2015).

1.2 Justificación

La investigación y producción de un material compuesto que tenga como refuerzo fibras de origen natural y que por sus características pueda ser implementado en un medio de transporte, sería una gran ventaja para los sectores productivos colombianos como el sector agrícola, los ensambladores o los productores de piezas del sector de movilidad y transporte. Esto se debe a que, además de contribuir a la disminución del impacto ambiental generado por esta industria, al reemplazar materiales sintéticos por fibras de origen natural se emplean menos procesos para tratar la fibra, disminuyendo así costos energéticos y productivos en la fabricación de los mismos y un menor consumo de combustible, pues un material más ligero y de alta resistencia necesita menos energía y cuidados para ser transportado. Así mismo, al reemplazar estos materiales se disminuirán también los problemas de salud de los trabajadores de las plantas de producción, pues tendrán un contacto menor con químicos y filamentos que puedan generar alergias o afecciones del sistema respiratorio (Instituto Sindical de Trabajo, 2001).

Los materiales compuestos ya han sido utilizados en industrias como el calzado, la construcción y la industria automotriz, teniendo buena acogida en ellas (Velásquez, Pelaéz, & Giraldo, 2016). Fibras como el sisal, el cáñamo y el yute han sido utilizados en la industria automotriz para paneles de aislamiento por su capacidad de absorción, además de tener buena capacidad de autoextinción, es decir, que no mantienen vivas las llamas (Fatima & Mohanty, 2011). Este último es un punto importante en caso de accidente. Se han usado también para paneles de puertas, asientos, apoyacabezas y otras piezas (Pickering & Efendy, 2016). Esto quiere decir que podemos intentar encontrar un material que demuestre tener capacidades de resistencia a impactos, condiciones climáticas, que sea ligero, que se pueda producir en Colombia y pueda ser aplicado en alguno de los sistemas de transporte o adaptado a varios de

ellos, que sea eficiente ambientalmente, que no cause daños a la salud y, sobre todo, que tenga la oportunidad de separar sus materiales o sea biodegradable.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

- Contribuir a la disminución de problemas ambientales y de salud en Colombia causados por la industria del sector transporte, a través de la investigación y el desarrollo de componentes para vehículos hechos con materiales compuestos por fibras naturales.

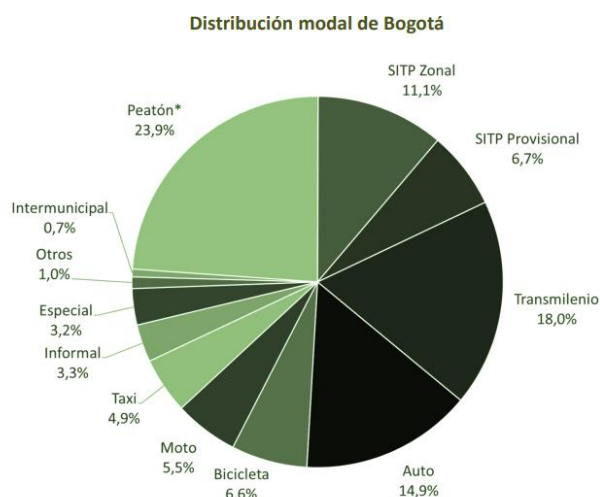
2.2 Objetivos específicos

- Conocer los procesos productivos y las propiedades de polímeros, fibras sintéticas y fibras naturales para identificar sus ventajas y desventajas, obteniendo también la posibilidad de reconocer el compuesto con mejores características para la industria del transporte.
- Recolectar información de usuarios, trabajadores del sector transporte y gubernamental para identificar una problemática específica y un punto de intervención para plantear una propuesta de solución.
- Identificar una ruta específica del sector transporte para así, poder realizar una recolección de datos e información más precisa.
- Realizar pruebas de materiales y forma.

3. Marco de teórico

Para iniciar con este proyecto debemos centrarnos en un solo medio de transporte, pues eso facilitará la recolección de información y permitirá detectar una problemática específica. Para ello, se decidió tener en cuenta factores como los porcentajes de medios de transporte más usados, más amigables con el ambiente, que tuvieran producción y comercialización en Colombia, que sean económicos y viables para la implementación del nuevo material en ellos. Iniciamos entonces una investigación de los porcentajes vehiculares desde la encuesta de movilidad de Bogotá del año 2019, centrándonos así en esta ciudad.

A partir de esta encuesta vemos que en Bogotá se realizan 881.742 viajes diarios en bicicleta, 4'782.782 viajes diarios en transporte público, 1'990.599 de viajes en vehículos particulares, 734.785 viajes diarios en motocicletas y 12.975 viajes diarios en patinetas eléctricas.



* Viajes peatonales mayores o iguales a 15 minutos

13. 359.728

Viajes al día de habitantes de Bogotá

(Viajes según modo predominante)

En términos comparativos es como si en un día la población de la cabecera* de:

- **Medellín** se moviera en **TPC - SITP**
- **Cali** se moviera en **TransMilenio**
- **Cartagena** se moviera en **bicicleta**
- **Soacha** se moviera en **taxi**
- **Valledupar** se moviera en **transporte ilegal**



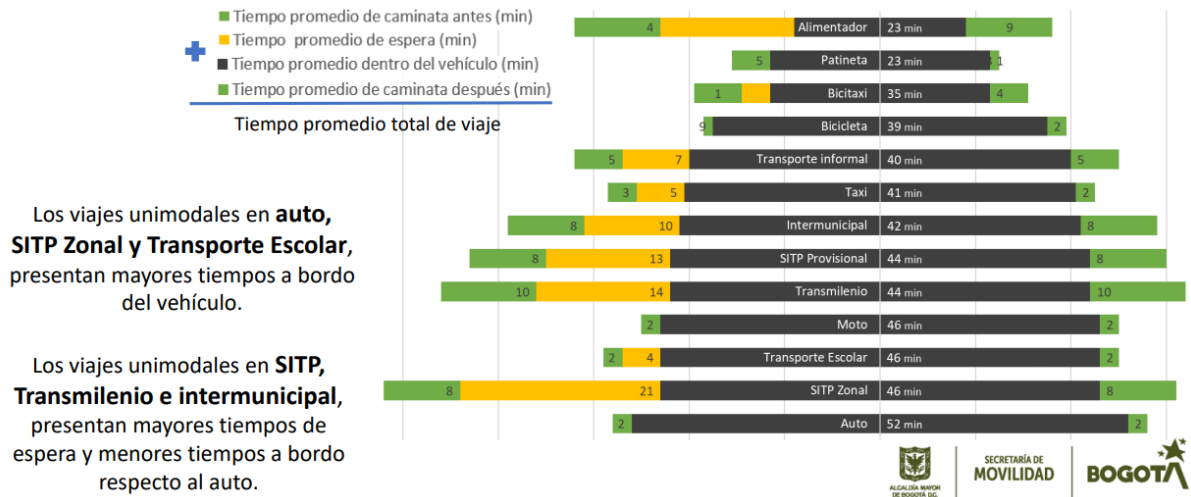
SECRETARÍA DE
MOVILIDAD



Figura 1. Distribución modal de Bogotá. Tomado de https://www.movilidadbogota.gov.co/web/encuesta_de_movilidad_2019

De estos, los más eficientes son las motos, las patinetas eléctricas y las bicicletas, pues presentan menores rangos de tiempo de espera y caminata antes y después de los trayectos, así como menos tiempo durante el desplazamiento.

Tiempos de viaje promedio para viajes unimodales



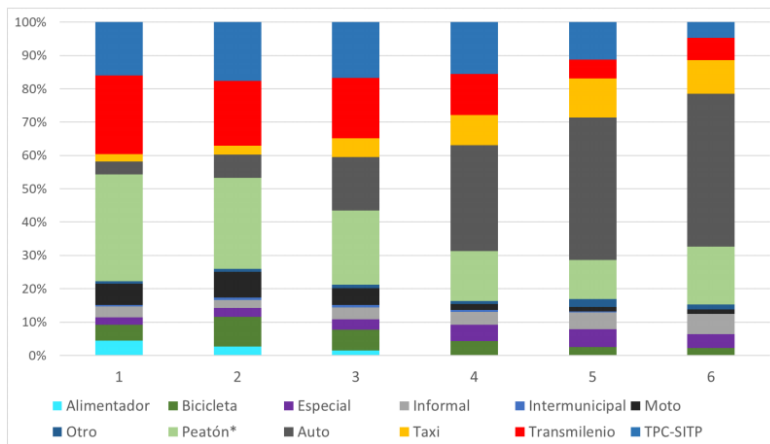
Los viajes unimodales en **auto, SITP Zonal y Transporte Escolar**, presentan mayores tiempos a bordo del vehículo.

Los viajes unimodales en **SITP, Transmilenio e intermunicipal**, presentan mayores tiempos de espera y menores tiempos a bordo respecto al auto.

Figura 2. Tiempos de viaje promedio para viajes unimodales. Tomado de https://www.movilidadbogota.gov.co/web/encuesta_de_movilidad_2019

Además, los medios de mayor uso por su precio o posibilidad de ser adquiridos (es decir, más económicos a corto y largo plazo) son las bicicletas y las motos.

Distribución modal según el estrato de la vivienda (Bogotá)



En estratos bajos predominan los viajes:
 A pie (del 22% al 32%)
 Transmilenio (del 18% al 24%)
 Moto (del 5% al 8%)
 Bici (del 6% al 9%)

Figura 3. Distribución modal según estrato. Tomado de https://www.movilidadbogota.gov.co/web/encuesta_de_movilidad_2019

Teniendo en cuenta la información anterior, podemos hacer un pequeño sondeo de medios más utilizados para así, poder analizar su eficiencia ambiental y de producción en la zona y así intervenir en uno solo y esperando que, a largo plazo, el material generado con el proyecto pueda ser aplicado a más medios de transporte. Siendo así, analizaré las industrias de venta y producción de estos medios de transporte, pues al ser vehículos de menor tamaño favorecerán la realización de pruebas del material por el tamaño de sus piezas, además de pertenecer a los medios más usados en la ciudad por habitantes de estratos bajos por ser más accesibles económicamente.

Producción y venta de motos y bicicletas en Colombia.



Figura 4. Logo AKT. Tomado de <https://www.aktmotos.com/>



Figura 5. Logo Auteco. Tomado de <https://www.freepng.es/png-sauu21/>

En Colombia solo hay dos grandes fábricas de motocicletas: AKT (con 20 modelos) y AUTEKO (más de 50 modelos de 11 marcas diferentes). Además de estas empresas hay muchas otras pequeñas ensambladoras de partes de autos y motos, en las que se venden repuestos y se realizan ajustes y mantenimientos. Estas motos pueden ir desde los 90 hasta los 180 kilos y de los 150 hasta 400 cc.

En el caso de las bicicletas, estas tienen ensambladoras y puntos de distribución que abundan en sectores como la alquería y la calle 13. En ellos podemos encontrar bicicletas de acero, aluminio y fibra de carbono. En cuanto a su peso, estas bicicletas pueden ir desde los 5 hasta los 15 kilos, siendo el acero el material más pesado y la fibra de carbono el más ligero. Usualmente las bicicletas de menos peso son las de competición, estas tienen unas medidas y un peso reglamentado por la UCI (Union Cycliste Internationale), pero así mismo son más costosas pues suelen estar fabricadas en fibra de carbono por sus capacidades y su ligereza.

Medio de transporte en el que se realizará el enfoque

Teniendo en cuenta que las partes de las bicicletas soportan manipulación, torsión y fricción en mayor cantidad, decidí enfocar el proyecto hacia las motocicletas, teniendo también presente que se comercializa de forma más amplia y la posibilidad de intervención en los materiales en los que están fabricadas sus piezas, pues posee una gran cantidad de elementos como cuerpos externos y recubrimientos, piezas que no se encuentren bajo desgaste constante o fricción y accesorios en los que se podría implementar un material de refuerzo con fibras naturales. Se pueden fortalecer también los procesos de innovación en marcas colombianas, la posibilidad de adquirir una moto más ligera de precio un poco menor y quizá también se ayudaría a la disminución del hurto de piezas y del consumo combustible necesario para desplazar estos vehículos.



Figura 6. Motocicleta Pulsar. Tomado de <https://www.freepng.es/png-zmrq61/>

Para centrarnos más en las motocicletas, primero debemos conocer un poco más sobre ellas. Lo primero que debemos decir es que aunque en las páginas principales de AKT y AUTEKO dice que son fabricantes, en realidad lo dicen porque traen desde lugares como Japón, China, Taiwán, etc. todas las piezas por separado y realizan el armado de las motocicletas aquí, lo que supone que traer las piezas por separado ahorra espacio y costos de traslado que no hará traer las motos ensambladas, además da la posibilidad de pedir algunas piezas muy específicas en mayor cantidad para realizar restauraciones y usarlas como repuestos. Lo siguiente es que, a pesar de ser marcas colombianas, ninguna de las dos empresas se encuentra localizada en Bogotá que es el lugar del que sacamos la información sobre movilidad, sino que son de Antioquia. Esto quiere decir que, en Bogotá no hay realmente una “fábrica” de motocicletas, sino solo distribuidoras y sitios de repuestos y mantenimiento.

Al ingresar a la página web de cada una de estas empresas podemos buscar las medidas que han tomado para ayudar al medio ambiente. En el caso de AKT su intervención estuvo en poner un alto a la producción de motocicletas a 2 tiempos y dejar únicamente las de 4 tiempos, pues estas poseen una válvula EAR (exhaust air recirculation) que a través de paso de aire diluye el volumen de gases emitidos, reduciendo el porcentaje de partículas contaminantes generadas por la combustión. En el caso de AUTEKO para mitigar su impacto empezaron a distribuir motos, bicicletas y patinetas eléctricas y se vincularon a algunos de los

Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU, esta información podemos verla detalladamente en la pestaña “Nosotros” en la sección “Informes de sostenibilidad” que se encuentra en la página oficial (<https://www.auteco.com.co/motos-auteco/>).

En el último informe de sostenibilidad de AUTEKO del año 2018, se puede ver que hay un ligero abastecimiento de material a nivel nacional. Las piezas centrales que dan vida a la moto, como el motor y los sistemas de cambios, frenos, etc. son piezas importadas. Al ser las partes externas (carcasa, sillín y recubrimientos plásticos) parte del producto nacional, creo que hay una posibilidad de intervención e implementación del nuevo material en una de las mismas.

Así es nuestra cadena



Materiales directos

Todas las piezas y componentes que ensamblamos en nuestros productos.

Nacionales

Cerca de **50 proveedores**

» **Metalmecánicos.**

» **Material adhesivo, sillines y espumas.**

» **Plástico, caucho y ramales eléctricos.**

» **Pinturas, solventes y químicos.**

Internacionales

Kawasaki, Bajaj, Kymco, KTM y Husqvarna.

+ Reconocidos fabricantes para nuestras marcas propias de vehículos eléctricos y de combustión.

Figura 7. Cadena de producción Auteco. Tomado de <https://www.auteco.com.co/nosotros/quienes-somos/>

Usuarios y productores

Haré uso de la opinión de usuarios de motocicletas para saber qué problemas los afectan al hacer uso de este medio de transporte. Así mismo, realizaré algunas preguntas a ensambladores y vendedores de repuestos para saber qué piezas son las que cambian más a menudo durante los mantenimientos que realizan.

En el caso de los usuarios realicé una encuesta, con el fin de conocer qué pieza de su vehículo era la que más inconvenientes causaba y cuál han tenido que cambiar más veces. Así mismo, para los ensambladores y vendedores de motopartes, realicé una encuesta para saber cuál era la pieza que cambiaban de forma más habitual y qué hacían con las piezas que

cambiaban y ya no servían. Estas encuestas fueron realizadas por medio de formularios en línea, pero las preguntas y sus respectivos resultados se encuentran a continuación:

- Usuarios

- Nombre: _____ Género: M_ F_
- Edad: 18-25 años ___ 25-40 años ___ Más de 40 años ___
- Ciudad: _____
- Ocupación: _____
- ¿Qué tipo de moto conduce? Automática ___ Cambios ___
- Marca, modelo y kilometraje (por favor incluir el año): _____
- Cilindraje: _____ cc
- ¿Por qué eligió/prefirió tener una moto de ese cilindraje? _____
- ¿Qué uso le da a su motocicleta?
Solo para transportarse ___ Para cuando tiene pico y placa ___ Para trabajar ___
Otro___ ¿Cuál? _____
- ¿Qué tipo de problemas ha tenido con su moto? _____
- ¿Qué pieza de su moto le causa más inconvenientes? _____
¿Por qué?

- ¿Cuál pieza de su moto ha cambiado más veces? (Excepto las llantas) _____
¿Por qué?

- **Ensambladores/vendedores**

- Nombre del entrevistado y nombre del negocio.
- ¿Cuál es la pieza que más cambia o más vende?
- ¿Qué hace con los residuos?
- ¿Alguna de las piezas que usted vende es fabricada en Colombia?
- ¿Trabajaría con piezas de menor impacto ambiental y fabricación colombiana?

● **Resultados de las encuestas y entrevistas**

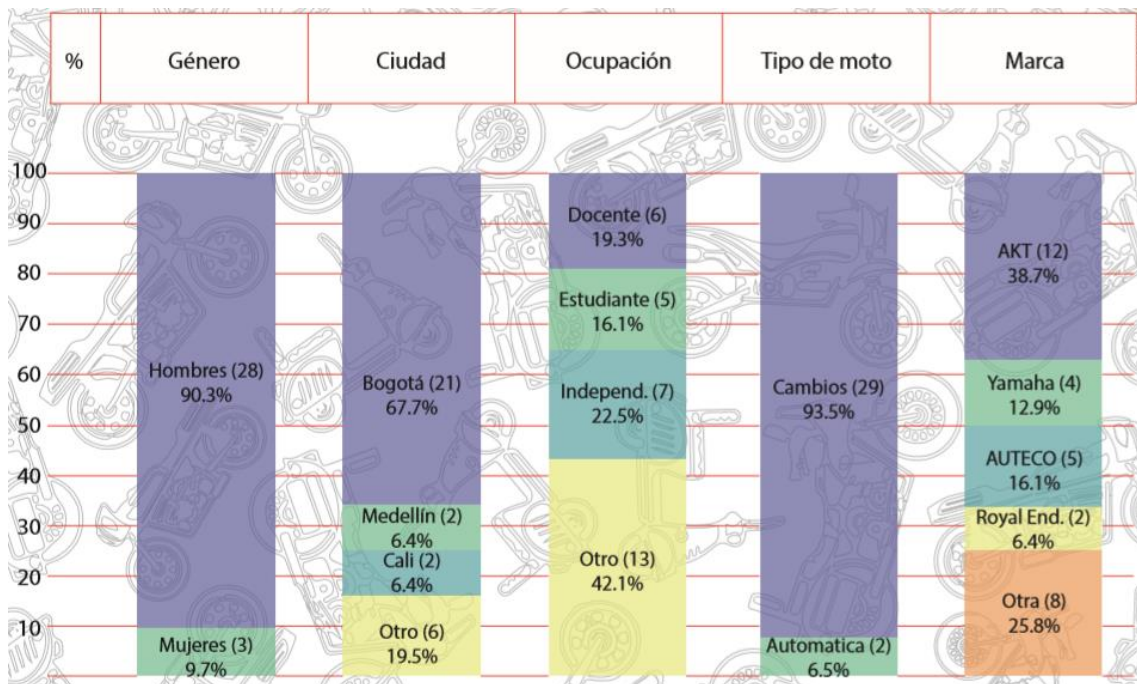


Figura 8. Resultado encuesta usuarios (1)

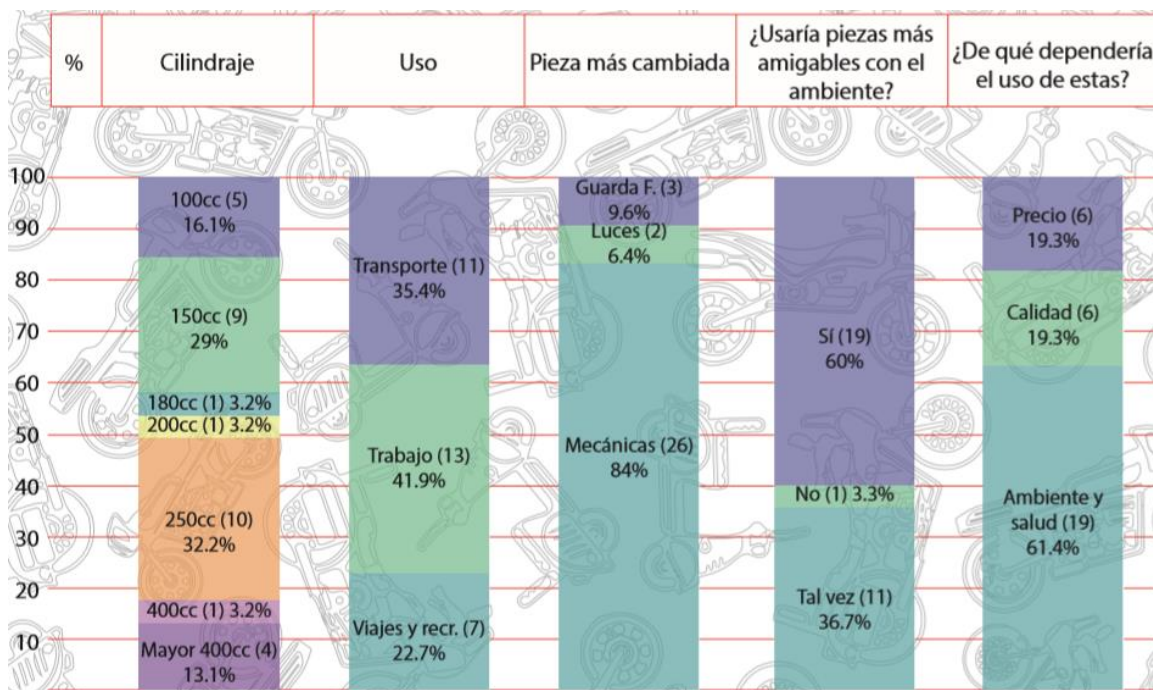


Figura 9. Resultado encuesta usuarios (2)

Nombre	Negocio	Marcas que más vende	Pieza más vendida	¿Vende productos colombianos?	¿Qué hace con las piezas que cambia?	¿Usaría piezas ecoamigables?
Edwin Vega	Moto Vega	AKT, Yamaha, AUTECO, Kawasaki	Direccionales, luces	No	Chatarra y basura	Sí
Nelson Sabogal	Moto Race	Cualquier marca	Tapas, bombillos, espejos	No	Chatarra y basura	Sí
Paola Giraldo	Moto GP	Cualquier marca	Guardabarros, carenajes	Sí	-	Sí
Giovanni Rojas	Moto Racing Bogotá	Cualquier marca	Guardabarros	Sí	Basura	Sí
Diego Zárate	Bi Motos	AKT, Auteco	Tapas, guardabarros	Sí	Basura	Sí (características y especificaciones)
Esteban Aguilar	BJ Accesorios	Bajaj, Honda	Tapas, carenaje	No sabe	-	Sí

Figura 10. Resultado entrevista vendedores, ensambladores, etc.

Materiales actuales de la industria



Figura 11. Piezas de moto ABS (1).



Figura 12. Piezas de moto ABS (2)

En este momento las piezas como tapas, guardafangos, carenajes y los soportes de las luces y los espejos, así como muchas otras piezas, se encuentran compuestos por un polímero termoplástico del grupo 7 llamado ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno). El uso de este material se debe a que es resistente tanto a la tensión como al impacto. Es liviano, de fácil pigmentación y de multiplicidad de procesos de producción, pues permite ser moldeado por inyección, soplado, prensado y extruido (Mariano, 2011).

Este polímero es producto de la mezcla de sus tres grandes componentes y una base de caucho y puede llevarse a cabo a través de tres procesos diferentes:

- Emulsión: El estireno y el acrilonitrilo se polimerizan (es decir que se unen por adición para obtener moléculas de mayor peso) en presencia de caucho para obtener

un látex de ABS que posteriormente es filtrado o centrifugado para que pierda liquidez y así obtener el ABS como resina. Este proceso tiene altos consumos energéticos y de agua por el proceso final usado para la obtención de la resina. (Vega, Explicación de los procesos de obtención ABS, 2020)

- Polimerización en masa: A diferencia del proceso de emulsión, el proceso de polimerización en masa no utiliza agua sino un monómero. Este proceso empieza mezclando el polibutano o el látex de caucho con el estireno, posteriormente se le adiciona el acrilonitrilo, esta mezcla se polimeriza. La pasta resultante lleva un evaporador para remover impurezas y se obtiene una resina de ABS que es pelletizada posteriormente (Vega, Explicación de los procesos de obtención ABS, 2020).
- Suspensión: Usa la misma reacción que el proceso de polimerización en masa, con la diferencia de que se los reactivos que no se alcanzaron a polimerizar se suspendieron en agua para que se complete la reacción. Cuando se llegue a un grado de polimerización adecuado se centrifuga y se seca para obtener el polímero ABS (Vega, Explicación de los procesos de obtención ABS, 2020).

En la figura que se presenta a continuación podemos ver la tabla de propiedades mecánicas y físicas del ABS.

Propiedades	Método ASTM	Unidad	Grados de ABS			
			Alto impacto	Impacto medio	Bajo impacto	Resistente al calor
Mecánicas a 23°C						
Resistencia al impacto, prueba Izod	D2546	J / m	375-640	215-375	105-215	105-320
Resistencia a la tensión	D638	Kg / mm ²	3,3 - 4,2	4,2-4,9	4,2-5,3	4,2-5,3
elongación	D638	%	15-70	10-50	5-30	5-20
Módulo de tensión	D638		173-214	214-255	214-265	214-265
Dureza	D785	HRC (Rockwell)	88-90	95-105	105-110	105-110
Peso específico	D792		1,02-1,04	1,04-1,05	1,05-1,07	1,04-1,06
Térmicas						
Coficiente de expansión térmica	D696	X 10 ⁵ cm / cm* °C	9,5-11,0	7,0-8,8	7,0-8,2	6,5-9,3
Distorsión por calor	D648	°C a 18,4 Kg /cm ²	93-99	96-102	96-104	102-112

Figura 13. Propiedades ABS. Tomado de <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/abs.html>

Uno de los grandes problemas de este material además de los costos energéticos, químicos e hídricos que tiene, es que, a pesar de ser reciclable mecánicamente, por tratamiento térmico, químicamente y por recuperación de energía (Textos científicos, 2006), en Colombia no se tienen procesos de recolección y de reciclado del mismo y cuando su ciclo de vida útil culmina, este se va directamente a la basura o termina en las calles. Además, sus procesos de

reciclado tienen impactos tanto en el material como en el ambiente, pues en el proceso de reciclado mecánico lo que se hace es triturar las piezas, lo que disminuye sus propiedades físicas. En el proceso de reciclado químico las piezas se sumergen en químicos para así lograr separar los elementos por los que están compuestas y así ser recolectados y usados nuevamente. En el reciclado termoquímico se utilizan químicos a altas temperaturas y finalmente en el proceso de recuperación de energía las piezas son puestas en hornos, pero esto genera gases que luego deben ser tratados para poder liberarlos (Textos científicos, 2006).



Figura 14. Evidencia residuos plásticos en Av. 1a de Mayo - Cra 28.

Comparación entre ABS y materiales compuestos

En la figura 9 se pueden ver algunos ejemplos de piezas que se han realizado en la industria automovilística haciendo uso de materiales compuestos que tienen fibras naturales como refuerzo. Estos han sido implementados por marcas de autos como Mercedes, Audi, Ford y Lotus en piezas como paneles, asientos, tapicería y otros acabados (Mohammed, Ansari, Pua, Jawaid, & Saiful, 2015). A pesar de haber implementado materiales compuestos en autos, no se ha realizado ninguna aplicación de estos en motocicletas.

En estos encontramos fibras como sisal, algodón, fibra de coco y yute. Por ello, decidí buscar las características específicas de estas fibras para realizar una comparación de cual podría reunir las mejores y la mayor cantidad de estas.



Figura 15. Materiales compuestos en autos. Tomado de *A Review on Natural Fiber Reinforced Polymer Composite and Its Applications*.

En las tablas encontradas a continuación se encuentran los valores que tiene cada uno de estos materiales frente a propiedades como densidad, elasticidad, resistencia al impacto, a la tensión y a la humedad.

Table 1. Comparison of properties of NFs and synthetic fibers⁷

Fiber	Density (g/cm ³)	Tensile strength (MPa)	Young's modulus (GPa)	Elongation at break (%)	Moisture absorption (%)
Cotton	1.51	200–800	12	6–12	8–25
Jute	1.46	400–800	10–30	1.5–1.8	12
Flax	1.4	800–1500	60–80	1.2–1.8	7
Hemp	1.48	550–900	70	1.6	8
Sisal	1.33	600–700	38	2–3	11
Coir	1.25	220	6	15–25	10
Glass	2.55	2400	73	3	–

Figura 16. Tabla de propiedades de las fibras naturales. Tomado de *Potential use of natural fiber composite materials in India*.

Para entender un poco mejor estas tablas, necesitamos comprender el significado de valores altos o bajos en cada propiedad. (los valores MPa corresponden a megapascuales. Al ejercer fuerza sobre una superficie, esta se traduce como una presión. Esta presión se mide en Pascales).

- Densidad: Peso de un material con respecto al volumen que puede ocupar el mismo (Vega, Explicación de propiedades de un material, 2020).
- Módulo de Young o de elasticidad: Relaciona la fuerza aplicada al material y qué tanto se estira el mismo, es decir que entre más alto sea el valor del módulo fue mayor la fuerza que se aplicó al material para que el mismo se estirara una distancia mayor. En otras palabras, entre más rígido es el material, mayor es el valor del módulo (Vega, Explicación de propiedades de un material, 2020).
- Resistencia a la tensión: Es el valor de la fuerza aplicada que un material soportó antes de romperse (Vega, Explicación de propiedades de un material, 2020).
- Absorción a la humedad: Qué tanta agua puede absorber del ambiente un material (Vega, Explicación de propiedades de un material, 2020).

Entendiendo mejor las propiedades y sus valores numéricos, realicé una comparación entre estas fibras y el ABS para determinar cuál de las fibras podría ser implementada en alguna pieza buscando que sus propiedades sean lo más cercanas posible a las del ABS, ya sea para usarlas como refuerzo de este o de un polímero de impacto menor y cualidades similares.

Material	Densidad	Resistencia a la tensión (MPa)	Elasticidad	Resistencia al impacto	Absorción de humedad (%)
ABS	1.04 - 1.05	41.18 - 48.05	10 - 50%	215 - 375 J/m	-
Fibra de coco	1.25	220	15 - 25%	-	10
Sisal	1.33	600 - 700	3 - 7%	-	11
Cáñamo	1.48	550 - 900	1.6%	-	8
Lino	1.4	800 - 1500	1.2 - 1.8%	-	7
Yute	1.46	400 - 800	1.5 - 1.8%	-	12

Figura 17. Tabla de comparación de propiedades de las fibras naturales y ABS.

De esta comparación podemos ver que, en conclusión, la fibra con más propiedades similares o superiores al ABS es el sisal.

A pesar de que es de densidad un poco mayor, tiene una mayor resistencia a la tensión, tiene un mejor porcentaje de elasticidad y aunque, a diferencia del ABS posee un porcentaje de absorción de humedad, al estar mezclado con un polímero puede reducir ese porcentaje.

En Colombia no tenemos producción de Sisal, pero tenemos producción de Fique, que también pertenece a la subfamilia Agavoideae (Naturalista, s.f.). La fibra de estas dos plantas es usada para hacer hilos y cabuyas, artesanías, costales y otros productos.

Por ello podemos deducir que sus características y propiedades son similares y que cualquiera de los dos va a responder de forma óptima a este proyecto.

¿Se podría implementar un polímero de menor impacto ambiental?

Para poder definir si finalmente el ABS será parte del material compuesto a utilizar en este proyecto, es necesario conocer las características, propiedades e impacto de los polímeros en el ambiente y así poder elegir el más apropiado para ser reforzado con la fibra del fique.

Los polímeros se encuentran distribuidos en tres grandes grupos:

- **Elastómeros:** Son polímeros que poseen elasticidad, esto quiere decir que pueden ser deformados y posteriormente recuperar su forma inicial. Generalmente les añaden elementos como azufre y cloro para mejorar sus propiedades. Para darles forma, suelen pasar por procesos de vulcanización a temperaturas entre 150 y 200° para que curen, manteniendo así la forma deseada. La forma deseada se da por medio de procesos como el prensado y calandrado, inyección y extrusión. Entre estos polímeros se encuentran el caucho natural y sintético y elásticos que se producen de uniones químicas como el neopreno. Estos polímeros no son fundibles, por lo que tampoco son moldeables. Durante años se han buscado formas para hacerlo un material reciclable, pero esto solo se ha dado mediante dos procesos. El primero es un proceso mecánico en el que se usa el material triturado para hacerlo parte de una nueva mezcla. El segundo es un proceso de de-vulcanización patentado por la empresa Goodyear con el que pueden recuperar hasta el 80% de sus llantas de caucho haciendo uso de un solvente (Tecnología del plástico, 2013).
- **Termoestables:** Son plásticos que obtienen rigidez a través del calor, por lo que solo pueden ser sometidos al calor una vez y no se deforman luego de ello. Entre ellas se encuentran las resinas (epóxicas, poliéster, fenólicas, etc.) y el poliuretano. Estos suelen soportar bien el calor y la presión, pero su debilidad es que no pueden ser reciclados y se descomponen a temperaturas muy altas (Materiales de ingeniería, 2012).
- **Termoplásticos.** Son los más usados en la industria, pues pueden ser calentados y moldeados más de una vez. Los productos compuestos por estos plásticos tienen unos

códigos establecidos para su distribución, permitiendo así saber qué procesos se llevaron a cabo en su producción y cómo reciclarlos al finalizar su ciclo de utilidad. Estos grupos van del 1-7 y los explicaré a detalle en la figura que se muestra a continuación. Para esta tabla tome la información de https://www.lifeder.com/tipos-de-plasticos/#PVC_policloruro_de_vinilo - <https://www.caip.org.ar/tipos-de-plasticos/> - <https://www.ecovidasolar.es/blog/tipos-de-plasticos-toxicidad-y-usos/> y <https://www.aristegui.info/identificacion-de-los-plasticos-por-sus-codigos/>

Identificador	Nombre	Propiedades	Componentes	Aplicaciones	Descomposición
	Poliétileno tereftalato	Translucido, flexible, ligero, impermeable, resistente (desgaste, corrosión, químicos y temperaturas), barrera contra gases.	Ácido tereftálico y etilenglicol a través de policondensación, trióxido de antimonio (catalizador)	Botellas y envases de alimentos, cosméticos, detergentes y productos farmacéuticos, textiles de poliéster.	150 años en desc. 100% reciclable mecánica y químicamente.
	Poliétileno de alta densidad	Rígido, ligero, opaco e incoloro, resistente (impacto y ácidos), baja resistencia térmica.	Cadenas de Etileno. No componentes tóxicos pero desprende partículas a partir de los 60°	Juguetes, garraones, recipientes de alimentos, artículos del hogar, bolsas, tapas.	+ 150 años en desc. Reciclable mecánica y químicamente
	Policloruro de vinilo	Dureza, resistencia, impermeabilidad, resiste solventes, maleable (80°), flexible, ligero, aislante, resistente al fuego. Puede ser inerte	Cloruro de vinilo (monómero etileno+cloro) y polimerización. Puede contener bisfenol, ftalatos, dioxinas.	Tuberías, mangueras, suelas, cables, bolsas de sangre, guantes, elementos médicos y farmacéuticos	+1000 años en desc. Mecánica, química, energética y con disolventes
	Poliétileno de baja densidad	Resistencia (impacto, química y térmica 95°), duro, flexible, transparente.	Cadenas de Etileno de menor densidad.	Bolsas de compra y de basura, desechables, juguetes, bases para pañales, juguetes.	+150 años en desc. Reciclable pero el proceso es más costoso y difícil
	Polipropileno	Translucido, flexible, rígido, resistencia (química, térmica 150°), menos denso que el LDPE.	Propileno polimerizado, se obtienen copolímeros añadiendo etileno.	Electrodomesticos, empaques de alimentos, pitillos, cintas, equipo de jardinería y cocina.	150-1000 años en desc. Reciclable química y mecánicamente
	Poliestireno Poliestireno expandido	Rígido, frágil, opaco, 95° suaviza, no resiste grasas ni solventes. Ligero, esponjoso, absorbe energía, aislamiento térmico, no resiste solventes.	Estireno. Polibutadieno (alto impacto), puede liberar dioxinas	Cajas de CD, cubiertos, imitación de cristal. Desechables, protectores de mercancía, aislantes y construcción.	+/- 1000 años en desc. Reciclarlo es muy costoso
	Otros SAN/ABS/PC/Nylon	Dependen de los componentes y combinaciones. Suelen ser livianos, resistentes a golpes, temperaturas, químicos y corrosión.	Acrlonitrilo, estireno, carbonato, butadieno, policarbonato, etc. Puede contener bisfenol A (tóxico) y otros aditivos.	Electrodomésticos, piezas auto, utensilios cocina, componentes internos neveras, invernaderos, proyectores, lentes, etc.	150-1000 años o más en desc. Son más complejos de reciclar, por no conocer con exactitud sus componentes.

Figura 18. Clasificación de termoplásticos.

Teniendo en cuenta la información dada anteriormente, podemos definir que algunas opciones para probar junto al material natural, por características similares y un impacto menor en el ambiente, serían los termoplásticos del grupo 1 y 4. Esto, debido a la posibilidad de tomar desechos que estén compuestos por estos grupos de plásticos y que de esta manera puedan tener una segunda oportunidad de vida.

4. Metodología

Para este proyecto usé la metodología de doble diamante que venía implementando anteriormente el semillero. Esta consta de cuatro módulos de trabajo que se encuentran distribuidos en dos diamantes. El primer diamante corresponde a la parte de investigación, es decir, IPG y el segundo diamante corresponde a la parte práctica del desarrollo del proyecto, es decir, CPG.

En el primer diamante realizamos la recolección de información, datos y todos los elementos que nos permitieran fundamentar el proyecto, para proceder a analizarla y así definir una problemática clara y un campo de acción o intervención.

En el segundo diamante empezamos las pruebas de material y el planteamiento de ideas, bocetos, características y detalles de las piezas, conceptos de diseño y comprobación de forma. Finalmente concluimos con las fallas, mejoras a realizar y pasos a seguir en el futuro para la finalización del producto.

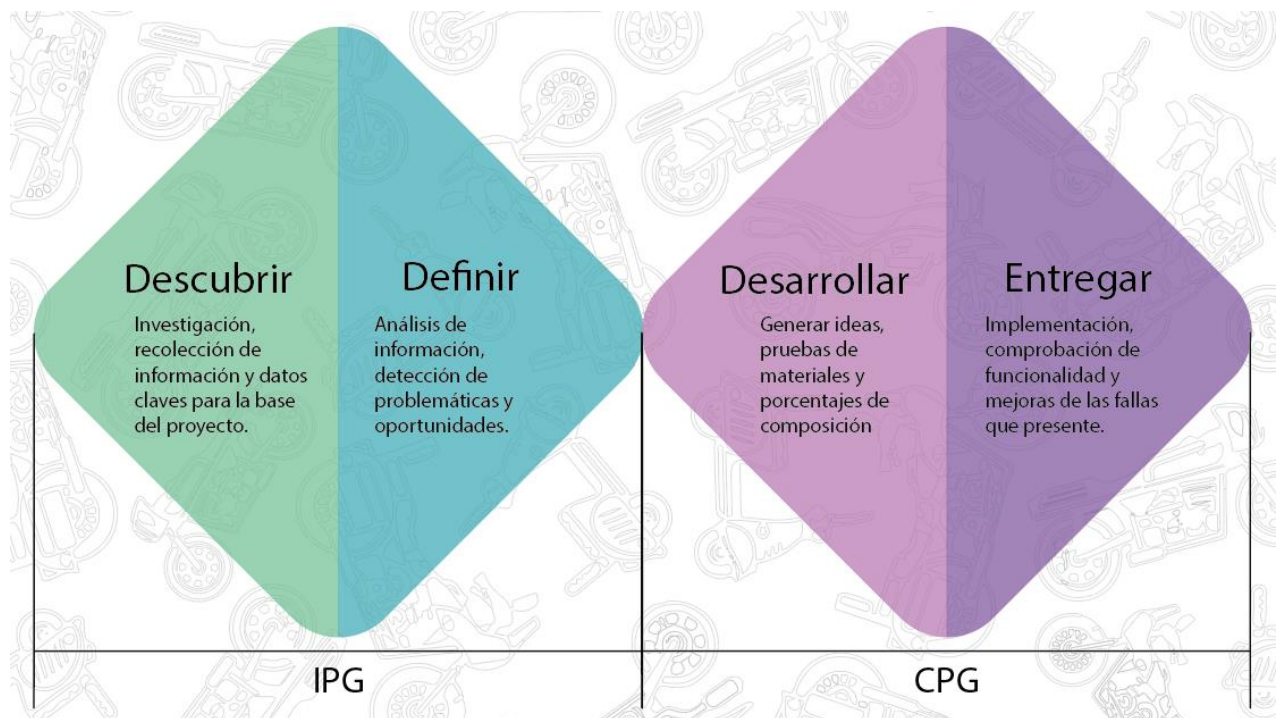







Figura 19. Diagrama de metodología doble diamante.

5. Resultados

Para llegar a un resultado parcial se realizaron pruebas de material en las que variaba la relación fibra-resina. Hice uso de resina gemela y resina poliéster como material aglutinante para reemplazar el PET y el LDPE porque el manejo de estos dos últimos se complicaba a causa de la cuarentena por COVID-19, pues esta limitaba el uso de talleres, laboratorios y

herramientas necesarias para las pruebas. Así mismo, hice uso de fibra de fique que fue teñida y cortada aproximadamente de 1 cm de largo.

Prueba	Muestra	Proporciones	Molde	Colorante	Peso (gr)	Detalles
1		Resina: 50% Fibra: 50% No calculado – valor aproximado	Pelota plástica	-	9 gr	Porosidad alta, la fibra no quedó pareja, muy brillante por exceso de resina. Diámetro 7,2 cm Grosor 5 mm
2		Resina: 40% Fibra: 60% No calculado – valor aproximado	Pelota plástica	-	13 gr	Disminución de la porosidad, fibra más pareja, menos brillante. Diámetro 7,7 cm Grosor 3 mm
3		Resina: 50% Fibra: 50% No calculado – valor aproximado	Molde de aluminio para repostería	Vitraseta	14 gr	Cambio en el color de la pieza después del fraguado, poca fibra y no absorbió el colorante. Medidas 9,77 cmX7,6 cm Grosor 2,5 mm
4		Resina: 40% Fibra: 60% Valores pesados con gramera	Molde de aluminio para repostería	Colorante alimenticio	144 gr	Porosidad alta por falta de presión, color vibrante en ambos componentes. Diámetro 7,2 cm Grosor 5 mm
5		Resina: 40% Fibra: 60% Valores pesados con gramera	Molde de aluminio para repostería	Colorante alimenticio	136 gr	Reducción en la porosidad, falta presión, buena coloración. Diámetro 25 cm Grosor 5 mm

6. Conclusiones

- Las piezas obtenidas tienen buena coloración, se puede combinar diferentes cantidades de anilina comestible para obtener los colores deseados.
- La investigación de materiales nos permite inferir que el material podría ser de polímeros reciclados, pero habría que comprobar su comportamiento y funcionalidad. En caso de obtener buenos resultados, habría un plus en la disminución de los daños al ambiente al reciclar desperdicios provenientes de otras industrias.
- Es necesario aplicar muy buena presión en las piezas para que la fibra se compacte de forma óptima, aunque también es necesario ser cuidadoso en el proceso de distribución de la mezcla en los moldes.

7. Direcciones futuras

- Mejora de acabados (pulido, lijado, presión, etc)
- Mejoras en la distribución de la fibra.
- Pruebas de uso como:
 - Desgaste
 - Impacto
 - Resistencia a la intemperie
 - Resistencia del color de la pieza
- Pruebas con PET.
- Producción de piezas completas a tamaño real.
- Prueba de reciclaje o retransformación de una pieza PET+Fibra

8. Referencias

- Fatima, S., & Mohanty, A. (2011). Acoustical and fire-retardant properties of jute composite materials. *Applied Acoustics*, vol. 72, no. 2-3, 108-114.
- Instituto Sindical de Trabajo, A. y. (15 de Febrero de 2001). *Preventionworld*. Obtenido de <https://prevention-world.com/actualidad/articulos/trabajar-fibra-vidrio/>
- Mariano. (6 de Diciembre de 2011). *Tecnología de los plásticos*. Obtenido de <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/12/fibra-de-vidrio.html>
- Materiales de ingeniería*. (24 de Marzo de 2012). Obtenido de <https://materialesdeingenieriacecar.wordpress.com/2012/03/24/reciclaje-de-polimeros/>
- Mohammed, L., Ansari, M., Pua, G., Jawaid, M., & Saiful, M. (2015). A Review on Natural Fiber Reinforced Polymer Composite and Its Applications. *International Journal of Polymer Science*.
- Naturalista*. (s.f.). Obtenido de <https://www.naturalista.mx/taxa/552062-Furcraea-andina>
- Pickering, K., & Efendy, M. L. (2016). *A review of recent developments in natural fibre composites and their mechanical performance*.
- Plastic Collectors*. (07 de Mayo de 2020). Obtenido de <https://www.plasticcollectors.com/es/blog/how-is-plastic-made/>
- Tecnología del plástico*. (Octubre de 2013). Obtenido de <http://www.plastico.com/temas/Elastomeros,-materiales-con-presente-y-futuro+94663?pagina=2>
- Textos científicos*. (2006). Obtenido de <https://www.textoscientificos.com/polimeros/abs/reciclado-abs>
- Universidad de Alicante*. (06 de Agosto de 2015). Obtenido de <http://innoua.ua.es/Web/FichaOferta?pIdOferta=1682&language=es>
- Vega, G. (Mayo de 2020). Explicación de los procesos de obtención ABS. (A. Tafur, Entrevistador)
- Vega, G. (Mayo de 2020). Explicación de propiedades de un material. (A. Tafur, Entrevistador)
- Velásquez, S., Pelaéz, G., & Giraldo, D. (Enero - Junio de 2016). Uso de fibras vegetales en materiales compuestos de matriz polimérica: una diseño de nuevos productos revisión con miras a su aplicación en el diseño de nuevos productos. *Informador Técnico (Colombia)*, págs. 77-86.
- Verma, R. (25 de Septiembre de 2018). *LinkedIn*. Obtenido de <https://www.linkedin.com/pulse/c%C3%B3mo-se-fabrica-la-fibra-de-carbono-rakesh-verma>

9. Anexos

<https://mexico.ul.com/wp-content/uploads/sites/23/2017/11/Pruebas-Automotrices-y-Servicios-de-ingenieria.pdf>

<http://www.intertek.es/automocion/polimeros-plasticos/ensayos-fisicos/>

https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs161.html

<https://prevention-world.com/actualidad/articulos/trabajar-fibra-vidrio/>

<https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/12/fibra-de-vidrio.html>

<https://www.termiser.com/como-se-obtiene-la-fibra-vidrio-para-andamios-obra/>

<https://www.auteco.com.co/auteco-sostenible>

https://www.movilidadbogota.gov.co/web/encuesta_de_movilidad_2019

<https://www.freepng.es/png-frndxd/>

<https://www.freepng.es/png-zmrq61/>

<https://www.ecovidasolar.es/blog/tipos-de-plasticos-toxicidad-y-usos/>

<http://boj.pntic.mec.es/~lalbuern/Plasticos.htm>

<https://www.caip.org.ar/tipos-de-plasticos/>

https://www.lifeder.com/tipos-de-plasticos/#PVC_policloruro_de_vinilo

<https://sites.google.com/site/riberaoscar13/3-tipos-de-plastic>