

**DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN DE UN MATERIAL COMPUESTO PARA SER
TRANSFERIDO A UNA COMUNIDAD DE DESPLAZADOS EN MADRID
CUNDINAMARCA.**

**ESTEBAN ENRIQUE MENESES ERASO.
MICHAEL STEVEN SUÁREZ MANCERA.
EDGAR JULIAN RIVERA AYALA.**

**UNIVERSIDAD ECCI.
FACULTAD INGENIERÍA.
TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ.
BOGOTÁ, D.C.
2019.**

**DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN DE UN MATERIAL COMPUESTO PARA SER
TRANSFERIDO A UNA COMUNIDAD DE DESPLAZADOS EN MADRID
CUNDINAMARCA.**

**ESTEBAN ENRIQUE MENESESE ERASO.
MICHAEL STEVEN SUÁREZ MANCERA.
EDGAR JULIAN RIVERA AYALA.**

Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de:
Tecnólogo en Mecánica.

MSc. SANDRA PATRICIA ROMERO.

**UNIVERSIDAD ECCI.
FACULTAD INGENIERÍA.
TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ.
BOGOTÁ, D.C.
2019.**

AGRADECIMIENTOS.

Agradecemos la colaboración de la Profesora Sandra Patricia Romero Nieto y al Ingeniero Sergio Plazas por su apoyo en el desarrollo del proyecto, al Ingeniero Andrés Guevara por su ayuda en la realización de los ensayos de compresión.

A entidades como: la Fuerza Aérea Colombiana, la Universidad ECCI y la alcaldía de Madrid Cundinamarca por facilitarnos el apoyo financiero y tecnológico para el desarrollo del proyecto.

Y finalmente al apoyo incondicional de nuestros padres y amigos.

DEDICATORIA

Agradecemos a nuestros padres, familiares y amigos por el apoyo que nos brindaron en este proceso, por la confianza y ayuda brindada por la profe Sandra y finalmente a Dios por esta gran oportunidad.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	11
JUSTIFICACIÓN	13
OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	14
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	14
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	14
1. MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN	15
CAPITULO 1 <i>MARCO TEÓRICO</i>	15
1.1 Materiales compuestos	15
1.2 Tipos de materiales compuestos	15
1.3 Clasificación de los materiales compuestos	16
1.4 Matriz – refuerzo	16
1.5 Características de los materiales compuestos	17
1.6 Matriz termoestable de los materiales compuestos	17
1.7 Resina de poliéster	18
1.8 Materiales de refuerzo	19
1.9 Fibra de vidrio	19
1.10 Fibra de fique	20
1.11 Aplicación en el sector automotriz	20
1.2 Espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier FOURIER TRANSFORMED INFRARED SPECTROSCOPY (FTIR)	22
2 CAPITULO 2. ANTECEDENTES	24
3 CAPITULO 3. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	25
Etapa 1. Creación del diseño del lavamanos en el software Inventor	25
Creación del diseño en el software inventor	26
Tratamiento de la fibra de fique al 2%, 3%, y 4% de hidróxido de potasio (KOH)	27
Conformado del material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de fique	28

	Pruebas de compresión.....	32
4	CAPITULO 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	34
	4.1 Espectroscopia Infrarroja por transformada de Fourier.....	34
	Capacitación en compañía de la Fuerza Aérea Colombiana.	37
	CONCLUSIONES.....	39
	RECOMENDACIÓN	40
	Bibliografía	41
	Anexo... ..	43

TABLA DE IMÁGENES

Imagen 1. Mercedes Benz A-Class, los componentes de la parte inferior de lino / polipropileno. (Koronis, 2013).....	25
Imagen 2. Diseño Lavamanos Fuente: Autor.	26
Imagen 3. Prototipo basado en el diseño de lavamanos Fuente: Autor.	26
Imagen 4. Muestra de las fibras tratadas. Fuente: Autor.....	27
Imagen 5. Aplicación de cera desmoldante a molde de vidrio. Fuente: Autor.	28
Imagen 6. Aplicación de alcohol polivinílico. Fuente: Autor.....	29
Imagen 7. Corte del Fique Tratado. Fuente: Autor.	29
Imagen 8. Corte del Fique. Fuente: Autor.	30
Imagen 9. Cubrimiento al molde con el material compuesto Fuente: Autor.	30
Imagen 10. Barrera de plastilina alrededor del molde. Fuente: Autor.	31
Imagen 11. Proceso de desmolde Fuente: Autor.	31
Imagen 12. Ubicación de la fibra en el molde para probetas. Fuente: Autor.	32
Imagen 13. Proceso de desmolde. Fuente: Autor.	32
Imagen 14. Probeta para ensayo de compresión Fuente: Autor	33
Imagen 15. Espectro de los diferentes tratamientos de la fibra. Fuente: Autor.	34
Imagen 16. Grafica de esfuerzo de las diferentes probetas.	35
Imagen 17. Grafica de maleabilidad de las diferentes probetas.....	36
Imagen 18. Prototipos Finales. Fuente: Autor.	37

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Modelos y componentes creados a base de fibras naturales.....	22
Tabla 2. Propiedades de ensayo a compresión de los materiales compuestos	35

RESUMEN

En este proyecto se realizó la caracterización de un material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de fique para la manufactura de lavamanos a nivel piloto, estudiando y analizando el comportamiento que tuvo el material cuando se sometió a pruebas mecánicas de compresión de acuerdo con los parámetros establecidos por ASTM D695 – 15 Método de prueba estándar para las propiedades de compresión de plásticos rígidos, determinando de esta forma que porcentaje de hidróxido de potasio (KOH) aplicado a la fibra logra las mejores propiedades mecánicas.

La fibra de fique utilizada se modificó químicamente con soluciones de hidróxido de potasio (KOH) al 2%, 3% y 4% para lograr mejorar la adherencia de la fibra a la matriz y se caracterizó por espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR); posteriormente se fabricaron prototipos de lavamanos utilizando moldes de diferentes dimensiones y materiales, a continuación, se conformó el material compuesto de fibra tratada con resina poliéster y se caracterizó en cuanto a sus propiedades mecánicas a compresión, finalmente en compañía de la Fuerza Aérea Colombiana (FAC) y la alcaldía de Madrid Cundinamarca se desarrolló la capacitación a diez personas pertenecientes a la comunidad de desplazados del barrio el Sosiego del municipio de Madrid, Cundinamarca sobre la manipulación y el manejo del material compuesto para la manufactura de laminados y lavamanos.

Los resultados indicaron que la mayor resistencia a la compresión la presentó el material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de fique tratada a la mayor concentración 4 % KOH, esto puede atribuirse a la desaparición a nivel superficial de los componentes amorfos (lignina y hemicelulosa) de la fibra, lo cual se evidenció al utilizar la técnica FTIR.

Palabras claves: Material compuesto, fibra de fique, hidróxido de potasio, resina poliéster, compresión.

ABSTRACT

In this project the characterization of a material composed by a polyester resin reinforced with a fique fiber for the pilot level sink manufacturing, studying and analyzing the material's behaviour that was put into mechanical compressive tests according to the ASTM D695 – 15 Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Plastics parameters, this way establishing which percentage of applied potassium hydroxide (KOH) succeeds in improving its mechanical properties.

The fique fiber was chemically modified with potassium hydroxide (KOH) solutions to the 2%, 3% and 4% to improve the fiber adherence to the matrix and it was characterized through Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR); after, sink prototypes were manufacture using different material and dimensions molds, then, the treated fiber resine polyester material was shaped and it was characterized according to its compressive mechanical properties, finally, in company of the Colombia Air Force (FAC) and the Madrid, Cundinamarca Township, a training for 10 people from the homeless community at Sosiego neighbourhood was given about handling laminates and sink manufacturing material.

The results indicated that the highest resistance on the compressive tests was shown by the material made of fique fiber reinforced polyester resine treated to the 4% KOH highest concentration, this can be attributed to the disappearance of the amorphous components to a superficial level, which was evidenced when FTIR technique was used.

Key words: Compound material, fique fiber, potassium hydroxide, polyester resine, compression.

INTRODUCCIÓN

Alrededor del mundo, la implementación de materiales compuestos reforzados con fibras naturales ha revolucionado varios campos industriales como el arquitectónico, el automotriz, el naval y el aeronáutico, reemplazando materiales como es el caso de los paneles internos de los automóviles y aviones, lo que reduce el peso de estos componentes y los impactos ambientales.

Las fibras de carbono y de vidrio son las más reconocidas en el campo automotriz porque con ellas se crean diferentes autopartes como los bumpers, los spoilers, las parrillas, capacetes, capos, tomas de aire, boceles, estribos, baberos y partes internas, además, estas fibras presentan la particularidad de ser livianas y resistentes, pero en el país hay carencia de moldes especiales para fabricar estas partes, en este trabajo se aplicó una técnica similar a la utilizada en la fabricación de autopartes interiores con fibras naturales.

Mediante esta investigación se desarrolló un material compuesto que consta de una matriz de resina poliéster reforzada con fibra de fique, La fibra de fique, proviene de una planta que se cultiva en algunas zonas de Colombia, esta fibra presenta menor costo, mayor facilidad en la manipulación y menor toxicidad que la fibra de vidrio. El material compuesto fue empleado para fabricar un lavamanos a nivel piloto y se transfirió este conocimiento a una comunidad de personas desplazadas.

El proyecto se desarrolló entre la Universidad ECCI, la Fuerza Aérea Colombiana y la Alcaldía de Madrid.

En Colombia, desde 1948, se ha venido presentando problemas de violencia generada principalmente por grupos al margen de la ley. Esta situación ha llevado a cabo impactos sociales los cuales afectan la integridad de algunas personas, ya que, para salvar sus vidas de los constantes enfrentamiento del ejército, los grupos izquierdistas y las amenazas de grupos criminales, tienen que abandonar sus propiedades, sufriendo un desplazamiento forzado. (RNI - Red Nacional de Información, 2017).

En el departamento de Cundinamarca, según cifras de la RNI (Red Nacional de Información), se evidencio que entre 1998 y el 2014, hubo alrededor de 22.000 personas desplazadas a causa de la violencia del país, de las cuales un promedio de

17.000, se reubicaron en las principales ciudades y municipios. Estas personas se vieron afectadas en su forma de vivir, sufriendo un impacto económico, porque, principalmente las víctimas del conflicto armado son campesinos, los cuales tenían como medio de sustento actividades agrícolas y ganaderas; pero al enfrentarse a las grandes metrópolis, se ven obligados a buscar otra opción de trabajo para subsistir. (RNI - Red Nacional de Información, 2017).

Uno de los municipios donde se ha evidenciado la situación anterior es en Madrid, Cundinamarca, específicamente en el barrio el Sosiego, prevalece población de desplazados; este proyecto social se enfocó en desarrollar una alternativa de actividad económica para ayudar a las comunidades vulnerables, por medio de la fabricación de elementos de fácil manufactura y aceptables propiedades para su uso, como es el caso de materiales compuestos reforzados con fibras naturales que están conformados por celulosa, lignina, hemicelulosa y pectinas, en otros estudios se comprobó por medio de la espectroscopia infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR) que los tratamientos químicos como los hidróxidos y silanos en la fibra logran eliminar los componentes amorfos en su superficie (diferentes a la celulosa) y mejorar la interfase con la matriz. (MINA-HERNANDEZ3, 2012)

JUSTIFICACIÓN

Este trabajo se enfatizó en fabricar un producto el cual es un material compuesto diseñado con materiales de fácil acceso, económicos, de calidad y de sostenibilidad ambiental.

El principal material es la fibra de fique, un elemento que proviene de una planta, la cual era anteriormente utilizada para la elaboración de costales, bolsos, y otros. Este material es resistente para varios usos en la industria, además su manipulación es fácil, ya que por ser vegetal no tiene partes tóxicas y se pueden utilizar como un refuerzo en el conformado de resina poliéster, obteniendo así un producto innovador.

La fibra de fique comparado con la fibra de vidrio es menos tóxica para la comunidad trabajadora, ya que la constante exposición a la fibra de vidrio causa irritación a los ojos, garganta, nariz, y piel e irritación de glándulas sudoríparas, alteraciones pulmonares y neurológicas, dermatitis de contacto, quemaduras y posible efecto cancerígeno de la lana de vidrio. La Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) ha clasificado la lana de vidrio como posible cancerígeno en humanos, mediante otros estudios, el cáncer producido por la lana de vidrio. puede actuar de forma diferente en los organismos de los cuales en algunos casos se puede generar metástasis y reducción en el tiempo de vida de la persona afectada. (Ramirez, 2015)

La fibra de fique es biodegradable lo que reduce la huella ecológica, porque es un material de origen vegetal, siendo una gran ventaja.

De esta misma forma, se quiere enseñar a la comunidad de desplazados que habita en el barrio Sosiego del municipio de Madrid, Cundinamarca; la correcta manipulación y el manejo de la resina poliéster y la de la fibra de fique, para que adquieran el conocimiento suficiente de cómo fabricar un lavamanos, con el proceso de conformado; al igual se busca generar nuevas oportunidades de negocio, que mejoren la calidad de vida de estas personas, intentando reducir el impacto económico social que se presenta en la zona.

Este proyecto se realizó en conjunto entre la Universidad ECCI y la Fuerza Aérea Colombiana y pertenece a un proyecto financiado por la Universidad en la convocatoria de semilleros de 2017.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

OBJETIVO GENERAL.

Fabricar y caracterizar en cuanto a propiedades mecánicas a compresión un prototipo de lavamanos de material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de fique.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Diseñar el prototipo de lavamanos utilizando el programa inventor.
- Diseñar el molde necesario para fabricar el lavamanos.
- Fabricar el prototipo de lavamanos de resina poliéster reforzado con fibra de fique.
- Caracterizar el material compuesto en cuanto a sus propiedades de compresión.
- Participar en la capacitación a la comunidad del Barrio el Sosiego del municipio de Madrid Cundinamarca.

1. MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN.

CAPITULO 1 *MARCO TEÓRICO.*

1.1 Materiales compuestos.

Un material compuesto es la unión química o no química de dos o más materiales, obteniendo un resultante, conformado por una matriz y un refuerzo (Composites, 2016), los materiales compuestos logran conseguir propiedades mejoradas respecto a las presentadas en la matriz y el refuerzo y pueden ser anisotrópicos. (Ulargui, 2014-01-01).

En los materiales compuestos se ven fases continuas entre la matriz y el refuerzo, sus componentes no deben disolverse, ni fusionarse del todo uno contra el otro y cada uno de estos materiales como su formación pueden ser identificados por medios físicos. (Alejandro Besednjak Dietrich, 2005-01-01).

1.2 Tipos de materiales compuestos.

Esta es la clasificación de las matrices de los materiales compuestos

1.2.1 **Materiales compuestos de matriz metálica**, están son desarrolladas para componentes aeroespaciales y de motores de automoción, tienen características de un peso bajo y una alta resistencia, así que son reforzados con fibras específicas continuas, discontinuas o por partículas; por ejemplo, las aleaciones de aluminio como fibras específicas, las reforzadas con fibra de boro como discontinuas, y las reforzadas de carburo de silicio y los disipadores de calor a base de copos de grafito, como por partículas. (Alejandro Besednjak Dietrich, 2005-01-01).

1.2.2 **Materiales compuestos de matriz cerámica**, los actuales poseen mejores propiedades mecánicas y tenacidad a bajas temperaturas que los materiales compuestos cerámicos tradicionales, también tiene las mismas especificaciones de refuerzo que pueden ser continuas, discontinuas o por partículas. las principales fibras que se unen con la matriz cerámica son el carburo de silicio y las de óxido de aluminio, y en el caso de las fibras discontinuas y de partículas son para agujas cerámicas de carburo de silicio. (Alejandro Besednjak Dietrich, 2005-01-01).

1.2.3 Materiales compuestos de matriz polimérica, estos son buenos en cuanto a sus propiedades mecánicas, a la corrosión y los agentes químicos, dada por sus características de sus partículas, pueden moldearse de cualquier forma. (Alejandro Besednjak Dietrich, 2005-01-01).

1.3 Clasificación de los materiales compuestos.

Los materiales compuestos (MC) no naturales son clasificados microscópicamente y macroscópicamente, dependiendo del tamaño de dispersión del refuerzo. (Ulargui, 2014-01-01).

Los materiales compuestos macroscópico, son el hormigón el cual está compuesto por cemento y grava, también se ve en los laminados como en las tablas de esquiar y en algunos casos de construcción de madera. (Ulargui, 2014-01-01).

Los materiales compuestos microscópicos, de acuerdo con los componentes de refuerzo estos se subdividen, como refuerzo continuo (fibra) y discontinuo (partículas), también se encuentran orientadas o distribuidas al azar.

Los MC con refuerzo continuo tienen propiedades de dirección anisotrópico y los que tienen refuerzo por partículas tienen dos propiedades una dependiendo de tamaño de estas partículas cuando estas son pequeñas (~10-100nm) han sido algo de difícil de explicar mecánicamente y se necesita acudir a modelos microscopios, y el otro refuerzo de partículas es incoherencia (mecanismo de Orawan), ya que se encuentra en el tratado de 7.5. Son reforzadas de óxidos, ya que su volumen es muy pequeño sin sobrepasar un 15% y los refuerzos por dispersión que tiene una matriz endurecida que soporta una carga grande, cuanto menor sea el tamaño de las partículas por volumen estos tendrán un grado mayor de deformación. (Ulargui, 2014-01-01).

1.4 Matriz – refuerzo.

El material compuesto se puede crear mediante la unión de la matriz y el refuerzo. Para la matriz se pueden utilizar resinas poliéster o epoxica, además, se le agrega fibra como refuerzo la cual aporta nuevas propiedades al material.

Las fibras de refuerzo juegan un papel importante en la resistencia del material cuando está sometido a esfuerzos mecánicos de tracción y compresión, ya que, mediante el posicionamiento del refuerzo, el material se puede clasificar como isotrópico, y anisotrópico, donde el material isotrópico siempre va a presentar el mismo comportamiento sin importar la dirección donde se aplique la carga, pero el material anisotrópico, las propiedades varían con la dirección donde se aplique el esfuerzo.

Al someter el material compuesto a pruebas mecánicas de tracción, teniendo en cuenta que las fibras estén posicionadas en la dirección de la carga que se ejerce, hace que el material logre soportar un gran esfuerzo, obteniendo buenos resultados. (Alejandro Besednjak Dietrich, 2005-01-01).

1.5 Características de los materiales compuestos.

La matriz es un material menos resistente y rígido, siendo más dúctil que la fibra, los materiales compuestos reforzados con fibras tiene varias funciones, donde una la matriz actúa como un sostén de la fibra haciendo que transmita esfuerzos extremos, también protege a las fibras del exterior haciendo que lo proteja de la corrosión y la abrasión. También atrasa la aparición de grietas catastróficas. (Ulargui, 2014-01-01).

Otro factor que podemos ver es la fuerza de unión de fibra-matriz y las propiedades mecánicas de ellas, determinando el grado de transmisión de las cargas de matriz y fibra. Cuando hay un menor y mayor de laminado de la intercara y extracción de las fibras, se ve que cuando sea mayor la de laminado la resistencia del MC es menor, siendo la tenacidad mayor donde se encuentra el equilibrio adecuado de cada caso.

En la unión de fibra-matriz por el proceso de intercara este es realizado por unión mecánica por interpenetración de las superficies cuando el coeficiente de fricción es alto, también por unión a través de fuerzas de Van de Waals, por unión de reacciones químicas que son uniones de Inter difusión a través de la intercara. (Ulargui, 2014-01-01).

1.6 Matriz termoestable de los materiales compuestos.

Este se encuentra en estado líquido viscoso, que por un efecto de una reacción de endurecimiento pasa de un estado de gel a ser un sólido (Alejandro Besednjak Dietrich, 2005-01-01).

Cuando estos materiales se encuentran a temperatura ambiente las moléculas se vuelven más duras y rígidas, pero también frágiles y tienden a reblandecerse que en un proceso de acción de calor. Las principales características de los termoestables son el bajo peso, la alta estabilidad dimensional, la alta estabilidad térmica, mayor resistencia a la fluencia y a la deformación bajo carga comparado con un termoplástico y las buenas propiedades como aislante térmico y eléctrico. (Alejandro Besednjak Dietrich, 2005-01-01).

1.7 Resina de poliéster.

Esta resina ocupa un 90% del volumen de consumo entre la matriz termoestable, ya que por sus características son las más utilizadas.

1.7.1 Formulación: la resina poliéster es fabricada por las reacciones de policondensación entre dos monómeros: ácido di carboxílico y diol, de estos dos uno contiene una insaturación. Este polímero se disuelve en un medio reactivo, con disminuir la viscosidad de la resina y tener una mejor impregnación. Este reactivo es un estireno en el cual tiene un insaturado que reacciona con la insatura de la resina poliéster por lo que esta va ser más rígida haciendo una reacción de endurecimiento. (Alejandro Besednjak Dietrich, 2005-01-01).

1.7.2 Tipos de resina poliéster: dependiendo de los alcoholes y ácidos de los que se utilizan en estos, se pueden obtener distintos tipos de resina poliéster, en el cual la naturaleza según los monómeros se divide en Ortoftálicas, Isoftálicas, Bisfenólicas y otros.

1.7.3 Ortoftálicas: estas son combinadas de anhídrido maleico y anhídrido ftálico con glicoles, ya que estos absorben un 2.5% de agua en inmersiones prolongadas.

1.7.4 Isoftálicas: estas tienen mejores propiedades que la anterior ya que tienen mejores resistencias en sitios húmedos teniendo una menor absorción. Este sustituye el anhídrido ftálico por ácidos Isoftálicas, ya que este tiene una gran resistencia al agua, ya que son utilizados en estructuras navales.

1.7.5 Isoftálicas NPG: en este se sustituye el propilen glicol, mejorando su resistencia química y que la resina anterior.

1.7.6 Bisfenólicas: en esta mejora sus propiedades mecánicas y químicas, siendo mejores que todas las anteriores, pero este tiene un alto costo de fabricación, ya que son resinas más idóneas entre el poliéster para medios corrosivos. (Alejandro Besednjak Dietrich, 2005-01-01).

1.8 Materiales de refuerzo

La unión de una matriz polimérica y una fibra como refuerzo da como lugar a un material compuesto. En estos componentes utilizados las fibras son las que dan más resistencia y buenas propiedades mecánicas, que son la resistencia y rigidez.

Las fibras más utilizadas como refuerzo son las de vidrio, aramídicas (de kevlar) y las de carbón, que se encuentra en diferentes ordenamientos como fieltros, sistema mallado y no amallado. (Alejandro Besednjak Dietrich, 2005-01-01).

1.9 Fibra de vidrio.

La fibra de vidrio es un material constituido por filamentos finos de vidrio entrelazados, se caracteriza porque puede soportar altas temperaturas, es flexible, resistente y ligero. Referencia (desconocido, área tecnológica, 2013)

La fibra de vidrio se clasifica en:

1.9.1 Fibras tipo E: Está compuesta de 53% SiO_2 , 16% Al_2O_3 , 24% CaO , MgO , 9% B_2O_3 , presenta álcalis en poca cantidad, posee propiedades dieléctricas y es aislante térmico, además se aplica en la automoción para realizar piezas de vehículos, en el realizar canoas y esquís, y en la industria para realizar piezas plásticas reforzadas con esta fibra (Calvosealing, 2011).

1.9.2 Fibras tipo AR: Está compuesta por un alto contenido de óxido de zirconio, obteniendo una mayor resistencia a compuestos alcalinos. Sus aplicaciones son reducidas y se utiliza en la industria como fibra de refuerzo a base de cemento. (Fibratec, Desconocido).

1.9.3 Fibras tipo C: Se conoce por ser una fibra inorgánica, teniendo una composición de un 60% de SiO_2 , 17% CaO MgO y 7% B_2O_3 , tiene propiedades de tener una alta resistencia química, se utiliza para productos

donde se requiere resistencia química tales como torres de refrigeración, tanques de agua, tuberías y barcos. (Calvosealing, 2011).

1.9.4 Fibras de tipo D: Al ser similar a la fibra de tipo c por ser inorgánica, se compone de 74% SiO₂, y 23% B₂O₃, de igual forma tiene propiedades dieléctricas y térmicas, se aplica para materiales compuestos permeables a las ondas electromagnéticas que son utilizados para radares, ventanas electromagnéticas, entre otros. (Calvosealing, 2011).

1.9.5 Fibras de tipo R: Su composición es de un 60% SiO₂, 25% Al₂O₃, 9% CaO y 6% MgO. Conserva buenas propiedades mecánicas, siendo resistente a la fatiga, temperatura y humedad, se utiliza para realizar piezas aeronáuticas. (Calvosealing, 2011).

1.10 Fibra de fique.

La fibra de fique proviene de plantas conocidas en Colombia como FURCRAEA, la cual varía en una altura de 2 a 7 metros y es capaz de sobrevivir en inviernos, veranos, altas y bajas temperaturas, posee un alto nivel de nitrógeno y las raíces proporcionan material orgánico siendo fundamental para poder recuperar suelos en erosión, cada planta posee alrededor de 75 a 100 hojas, y su vida útil es de 10 a 20 años. (TIEMPO, 2003)

El proceso que maneja para extraer la fibra comienza cuando la planta cumple 3 años de vida y cada una de sus hojas logra medir de 150 a 300 cm de longitud, con un ancho de 13 a 20 cm. Para sacar la fibra del interior de la hoja se realiza un proceso de desfibrado, de eso se hace un escarmenado en el cual consiste en un peinado y desenredo de las fibras en orden; obteniendo una fibra clara, dura, larga y resistente, mediante la cual se obtienen productos como cordeles, empaques y textiles entre otros. (Colombia, s.f.).

1.11 Aplicación en el sector automotriz

En los materiales compuestos verdes que van dirigidas a la industria automotriz, incluyen la fibra natural en las piezas exteriores teniendo en cuenta las principales

demandas a las cuales puede estar vinculado la respectiva pieza como puede ser humedad, corrección entre otros efectos por condiciones climáticas.

Ante esto el primer lanzamiento de unos exteriores compuestos de fibra natural aparecieron en el año 2000, cuando en el modelo “e class” de Mercedes-Benz, estaba recubierto con lino poliéster para aislamiento acústico en la transmisión y partes inferiores del motor para el ruido excesivo , en los cuales rindió excelentes resultados poniéndolo en venta durante un periodo de 5 años sin ninguna complicación, pero estas piezas no estaban expuestas sino que estaban cubiertas por diferentes componentes dando así un fallo casi total de lo propuesto como piezas exteriores, pero años después Daimel Chrysler AG incorporo fibra de albaca en vez de la fibra de vidrio para la producción del neumático de repuesto.

Investigaciones diferentes dieron a conocer un compuesto verde a base de resina biológica que obtenía un 90% de contenido renovable derivada de petroquímicos, con esto se obtuvo un prototipo de guardabarros en un prototipo llamado MAN el cual es un bus con esta característica y es usado actualmente en diferentes partes de Asia.

El lujoso concept car “eco Elise” de la empresa Lotus, que fue dado al mercado en julio del 2008 se lanzó a cambiar sus refuerzos típicos de fibra de vidrio por fibra de cáñamo en los paneles del cuerpo del vehículo tales como el techo, alerón puertas capo, pero sin embargo estos compuestos no se han implementado por totalidad en todo el vehículos por lo tanto aún no se consideran soluciones de total ayuda no se puede contribuir al ahorro del material pero si dando una reducción de peso en carro, teniendo así una mejor relación peso potencia en el vehículo. (Silva, Koronis, Georgios, & Fontul, Mihail, 2013).

Los fabricantes de vehículos tanto de alta gama como familiares y furgones están implementando componentes tanto internos como externos con fibras naturales. La técnica de producción con fibras naturales es muy similar a la de plásticos con fibra de vidrio, tanto estos materiales como los de fibra natural poseen unas restricciones y posibilidades en el proceso de fabricación. (Mårtensson)

En Alemania hay métodos de fabricación de autopartes con fibras naturales tales como:

- Molde por inyección 1%
- Por presión para duro plásticos 35%
- Moldeo por presión para termoplásticos 64% (Mårtensson)

Estos métodos son utilizados en otras empresas tales como Johnson Control Lear International que es una empresa encargada de hacer todo tipo de piezas y componentes de vehículos a partir de fibras naturales con los métodos anterior mente mencionada. (Mårtensson)

Modelo	Fabricante	Partes
A2, A3, A6, A8.	Audi	Respaldos de asientos, paneles de puertas, revestimiento de ruedas
Serie 3, 5, 7.	BMW	Paneles de puertas, apoyacabezas, panel de aislamiento de ruido
406.	Peugeot	Paneles de puertas frontales y traseras
Bora.	Volkswagen	Paneles de puertas frontales y traseras
Clío, Twingo.	Renault	Bandeja trasera

Tabla 1. Modelos y componentes creados a base de fibras naturales.

La implementación de estas fibras naturales en los vehículos es más aplicado hacia la disminución del peso que a poder obtener diferentes aplicaciones de la misma dentro del vehículo , pero ante eso la aplicación de fibras naturales ayuda al medio ambiente y a los gastos económicos de fabricación, uno de los problemas más notorios en la absorción de humedad ya que para ello se necesitan una gran variedad de recubrimientos los cuales hay que estar aplicando en un periodo muy corto de tiempo lo cual daría un gasto económico muy elevado a comparación de los materiales convencionales a los cuales están ligados la fabricación de estos. (Majewkis, Desconocido)

1.2 Espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier Fourier Transformed Infrared Spectroscopy (FTIR)

Es una técnica experimental que se emplea para caracterizar un material orgánico en cuanto a su composición química, esta técnica se utiliza también para estudiar la estructura de los polímeros, la degradación de aceites, donde se identifican contaminantes comunes y los compuestos químicos de la muestra. La máquina se encarga de analizar el espécimen considerado en este caso como aceite automotriz, detectando grupos funcionales como OH , CH₂, CH₃.

Su funcionamiento consiste en los principios de la espectroscopia molecular, donde las moléculas reciben y absorben energía proveniente de la luz en longitudes de onda específicas que también son conocidas como frecuencias de resonancia. Esta realiza

un número de onda de 4000 cm^{-1} hasta 400 cm^{-1} . La energía lumínica transmitida por medio de la muestra es medida en cada intervalo de onda, obteniendo de esta forma la cantidad de luz absorbida por la muestra, que es calculada por un delta el cual es la intensidad de la luz y el dato registrado después de haber pasado por la celda de muestra, el dato obtenido, recibe el nombre de espectro infrarrojo de la muestra.

2 CAPITULO 2. ANTECEDENTES

En la investigación de Rodríguez y sus colaboradores se analizó la comparación entre los materiales compuestos de resina poliéster reforzado con fibra de fique, vidrio y plátano. Donde la fibra de plátano fue tratada químicamente, encontrando que el tratamiento mejoró propiedades mecánicas a tensión e impacto respecto a la fibra sin tratar, debido a una mejor adherencia de matriz-fibra evidenciado en las micrografías. (Lady J. Rodríguez, 2014).

La implementación de las fibras naturales en el campo del conformado de materiales compuestos se ha realizado desde el año 2003, según un estudio titulado “Mechanical properties of continuous natural fibre-reinforced polymer composites”, realizado por (Herrera F,PJ y González V,A) donde se analizó la utilización de fibras continuas enfocadas a iniciar la unión fibra-matriz con la intervención de agentes, aplicados a la fibra y la matriz en proporciones adecuadas, la inadecuada utilización de los agentes, causa la disminución de la resistencia y/o adhesión. (HERRERA F, 2002)

En la investigación el Dr. José Manuel se observa como la resina poliéster es utilizada para fines médicos en las piezas cadavéricas como los hemisferios cerebrales de tallo encefálico y medula espinal, utilizando las diferentes resinas, catalizadores, moldes de vidrios, se evidenció que la resina poliéster es fácil de manipular y se obtiene a bajo costo (Dr. José Manuel Barrientos Peñaloza, 2014).

En la investigación de Hernández se miró como la resina poliéster insaturada actuando con un monómero de origen vegetal hace que tenga propiedades sostenibles. Obteniendo que tenga materia prima sostenible de un 50% teniendo una reducción de carbono, y una mejor resina, haciendo que este tenga una mejor humectación en las fibras, mejorando así sus propiedades al impacto y la flexibilidad. (Hernández G., 2014).

Los materiales compuestos reforzados con fibras naturales han sido utilizados ampliamente para aplicaciones en paneles de autos, tal es el caso de Mercedes-Benz, Toyota y Audi, los cuales en los últimos años han utilizado fibras de yute, sisal y lino. Mercedes -Benz utiliza una matriz epoxi con la adición de yute en los paneles de las puertas en sus vehículos de la clase E; Audi con su vehículo A2 gama media, utilizó para los paneles de las puertas poliuretano reforzado con una mezcla de lino y sisal. (Koronis, 2013). *La imagen 1* muestra el mercedes.Benz con los páneles internos.



Imagen 1. Mercedes Benz A-Class, los componentes de la parte inferior de lino / polipropileno. (Koronis, 2013)

De acuerdo a los estudios anteriores de fibras naturales y resina poliéster se pudo evidenciar que hay una facilidad de manipulación de estos. Teniendo en cuenta que las fibras naturales tratadas químicamente obtiene una mejor adherencia a la matriz, haciendo que estos mejoren sus propiedades mecánicas a compresión, donde de igual manera en la investigación de Rodríguez se obtuvo una mejora en la fibra natural respecto a sus propiedades mecánicas y adherencia cuando esta fue tratada químicamente, ya que al saber este tipo de comportamiento de la fibra identificamos que podíamos mejorar la fibra fique si están eran tratada obteniendo así un mejor material compuesto.

3 CAPITULO 3. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Para cumplir los objetivos estipulados, se siguió la metodología en etapas como se muestra a continuación:

- Etapa 1. Creación del diseño del lavamanos en el software Inventor
- Etapa 2. Tratamiento de la fibra de fique al 2%, 3%, y 4% con hidróxido de potasio (KOH) y caracterización de la fibra tratada por la técnica FTIR
- Etapa 3. Conformado del material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de fique
- Etapa 4. Pruebas de compresión

1. Creación del diseño en el software inventor

En esta etapa, se procedió a realizar un análisis de diferentes tipos de lavamanos, de los cuales se tomaron ideas de diseño y se postularon para proceder a realizar el boceto de nuestro modelo final en el software inventor, el cual se presenta en la *Imagen 2*.

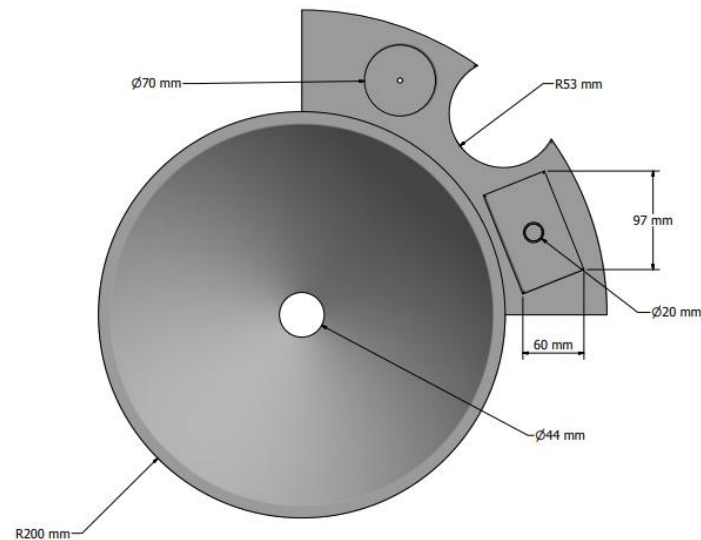


Imagen 2. Diseño Lavamanos
Fuente: Autor.

Con la asistencia de los ingenieros de la fuerza aérea se procedió a realizar la impresión del esquema del modelo planteado en la imagen2, en una impresora 3D, utilizando como materia prima una resma de papel, como se muestra en la *imagen 3*, con el fin de que el modelo impreso funcione como guía para la creación del lavamanos final.



Imagen 3. Prototipo basado en el diseño de lavamanos
Fuente: Autor.

2. Tratamiento de la fibra de fique al 2%, 3%, y 4% de hidróxido de potasio (KOH)

La fibra de fique fue lavada con agua destilada, luego se le agregó la solución de KOH a las concentraciones de 2%, 3% y 4 % en peso por un tiempo de 20 minutos con el propósito de eliminar de la fibra la lignina ($C_9H_{10}O_2, C_{10}H_{12}O_3, C_{11}H_{14}O_4$), celulosa ($(C_6H_{10}O_5)_n$) y hemicelulosa, posteriormente la fibra se lavó con agua hasta lograr un pH =7.0 en la solución, después la fibra se llevó a un horno durante 4 horas a 120 °C para eliminar su humedad.

Una vez tratada la fibra se procedió a cortar una sección cuadrada de 2500 mm² incluyendo la fibra sin tratar, como se ve en la *imagen 4* y se realizó el análisis mediante la técnica FTIR, donde fue posible observar en que la fibra sin tratar presenta franjas características de los componentes de las fibras naturales que corresponden a los grupos OH, C-H y aromáticos, que se encuentran asociados a la estructura de la celulosa, hemicelulosa y lignina, al realizar la comparación con las fibras tratadas, se observó la eliminación de enlaces $-CH_3$, C-H y C-O presentes en la lignina, eliminación de celulosa y de la hemicelulosa que son componentes que limitan la adherencia a la matriz de resina poliéster (MUÑOZ-VELEZ, 2014). Esta información se dará más en detalle en la parte de resultados.



Imagen 4. Muestra de las fibras tratadas.
Fuente: Autor.

3. Conformado del material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de fique

En esta etapa se realizaron diversos procedimientos y prototipos con moldes de diferentes materiales propuestos, para analizar qué tipo de molde se puede utilizar y mediante su geometría sea más fácil realizar el desmolde.

El procedimiento generalizado fue:

1. Una buena limpieza en toda la superficie del molde (se utilizó un molde de plástico y un molde de vidrio)
2. Se procedió a aplicar 6 capas de vaselina al molde de plástico, en el molde de vidrio se aplicó y 7 capas de cera desmoldante, después de aplicar cada capa se brilló el molde con la ayuda de un trapo. La *imagen 5* muestra el molde de vidrio impregnado con cera.

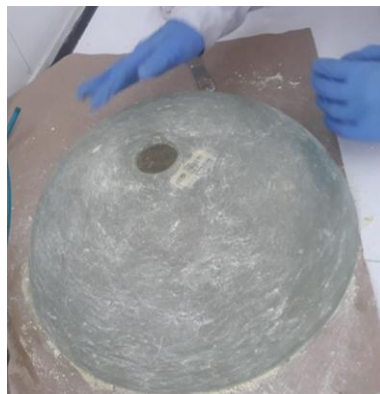


Imagen 5. Aplicación de cera desmoldante a molde de vidrio.
Fuente: Autor.

3. Se agregó igualmente 6 capas de alcohol polivinílico sobre el molde a trabajar, dejando secar cada una de las capas, hasta conseguir la textura similar a la del plástico vinipel, esta idea no las compartió ingenieros de la fuerza aérea, con la finalidad de hacer más fácil el desmolde de la pieza final como se visualiza en la *imagen 6*.



Imagen 6. Aplicación de alcohol polivinílico.
Fuente: Autor

4. Se obtuvo el fique tejido de sectores comerciales donde lo utilizan principalmente para empacar vegetales, se le aplicó el tratamiento de la anterior etapa (etapa 2), y se procedió a realizar el corte del fique tratado como se muestra en la *imagen 7*.



Imagen 7. Corte del Fique Tratado.
Fuente: Autor.

5. Se pesó el fique.
6. Se preparó la resina poliéster con el catalizador, en una proporción de 97 % de resina y 3% de catalizador.
7. Se impregnó la fibra con la resina como se muestra en la *Imagen 8*.



Imagen 8. Corte del Fique.
Fuente: Autor.

8. Se cubrió toda la superficie del molde con la resina y con fibra de fique hasta que quedó completamente rígido, como se muestra en la *imagen 9*.



Imagen 9. Cubrimiento al molde con el material compuesto
Fuente: Autor.

Para evitar el derrame de resina que se producía y dejar una terminación uniforme, se utilizó una base de madera con una barrera de plastilina y cinta como se observa en la *imagen 12*, para que al momento de sacar el molde no quedara con “rebabas”.

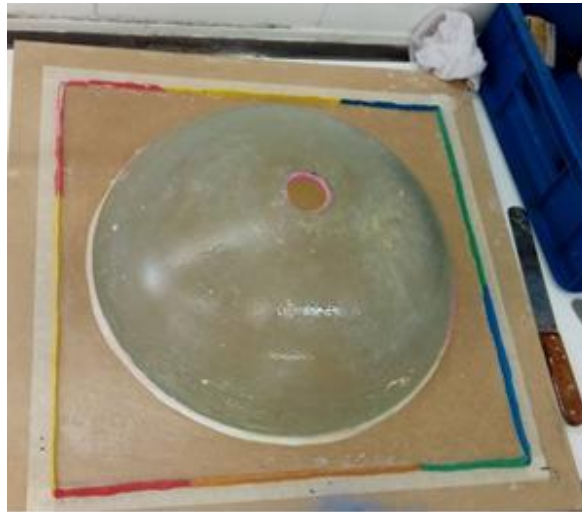


Imagen 10. Barrera de plastilina alrededor del molde.
Fuente: Autor.

9. Se desmoldo la pieza separando la base de madera del molde, luego se golpeó con un martillo de goma sobre toda la superficie para facilitar la separación de la pieza, después se aplicó aire comprimido en las esquinas ya desmoldadas y con una espátula plana se retiró con cuidado el molde como se muestra en la *imagen 11*.



Imagen 11. Proceso de desmolde
Fuente: Autor.

4. Pruebas de compresión

En esta etapa se realizó pruebas mecánicas de compresión de acuerdo con la norma ASTM D695 -15 Método de prueba estándar para propiedades de compresión de plásticos rígidos, teniendo en cuenta que el material compuesto se fabricó con la fibra sin tratar y tratada al 2%, 3%, y 4% con KOH.

Para esta prueba se fabricaron una serie de 5 probetas con resina poliéster, catalizador y fibras de fique tanto tratadas como vírgenes, en un molde de madera con 0.5 in x 0.5 in x 1 in de profundidad, para someter el material a compresión en la máquina universal con una velocidad de 8 mm/min, como se muestra en la *imagen 12*.



Imagen 12. Ubicación de la fibra en el molde para probetas.
Fuente: Autor.

Para el desmolde de las probetas se retira los tornillos del molde, como se observa en la *Imagen 13*



Imagen 13. Proceso de desmolde.
Fuente: Autor.

Por último, se retiraron las probetas del molde, se les realizó un proceso de mecanizado para dejar las probetas en sus dimensiones correspondientes, además, se dejaron curar por 24 horas.

Una vez obtenidas las probetas como se aprecia en la *imagen 14*, se prosiguió a realizar el ensayo de compresión en la maquina universal, en el laboratorio de materiales que se encuentra en la sede J de la Universidad ECCI, con el fin de poder obtener los resultados del tratamiento de KOH que se le realizó a la fibra de fique.



Imagen 14. Probeta para ensayo de compresión
Fuente: Autor

4 CAPITULO 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Espectroscopia Infrarroja por transformada de Fourier.

En la *imagen 15*, nos muestra los diferentes espectros de la fibra sin tratar como las tratadas en los diferentes porcentajes de KOH, donde se puede observar que en las fibras tratadas al 2%, 3% y 4% KOH desaparecen los picos ubicados a 1.374 y 1230 cm^{-1} atribuidas a los enlaces C-H y C-O correspondientes a la lignina; de igual manera sucede en el pico ubicado a 1.733 cm^{-1} asociada al grupo carbonillo de la hemicelulosa. Lo cual evidencia que hubo una eliminación de estos componentes de la fibra debido al tratamiento de KOH (Muñoz Velez, Hidalgo Salazar, & Mina Hernandez, 2014)

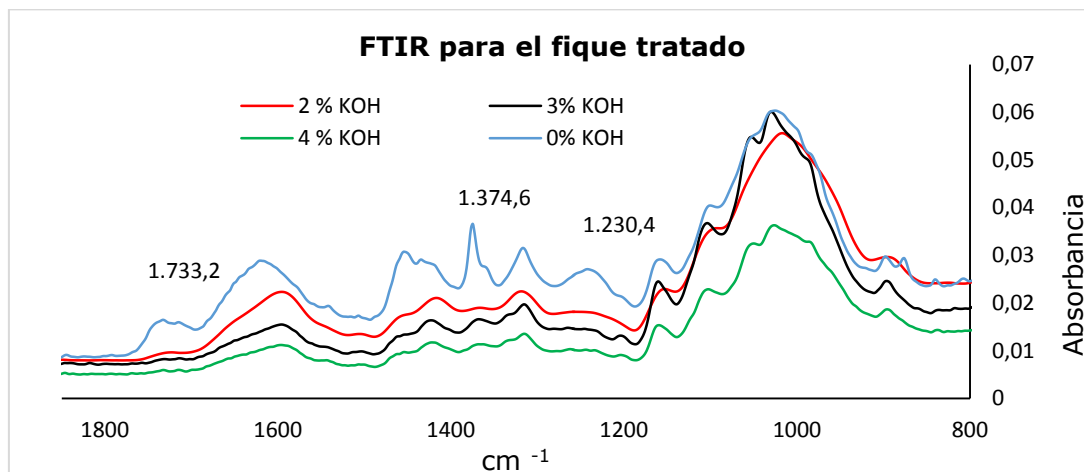


Imagen 15. Espectro de los diferentes tratamientos de la fibra.
Fuente: Autor.

4.2 Ensayo de compresión

Para este ensayo se fabricaron una serie de 5 probetas de resina, fibra sin tratar y fibra tratada en los diferentes porcentajes de KOH (2%,3% y 4%). Las probetas conformadas de resina poliéster y fibra de fique previamente tratada, tuvieron un comportamiento maleable, por esta razón se incluye en los resultados el esfuerzo de fluencia, las propiedades obtenidas que se muestran en la *Tabla 2*.

Tratamiento	Esfuerzo máximo promedio (MPa)	Maleabilidad %	Esfuerzo de fluencia (MPa)	Desviación estándar esfuerzo máximo	Desv maleabili	Desviación estándar esfuerzo de fluencia
Resina	63,28	0	No aplica	7,89	0	No aplica
0%	71,87	59,15	17,61	4,92	8,10	6,83
2% KOH	76,33	59,37	22,44	5,83	9,85	3,29
3% KOH	80,51	59,37	41,68	5,24	3,28	7,17
4% KOH	84,20	57,83	56,30	4,73	5,62	6,92

Tabla 2. Propiedades de ensayo a compresión de los materiales compuestos

Por otro lado, en la *Tabla 2* se puede observar que el material fabricado con 100 % resina presentó un comportamiento frágil (0% maleabilidad) y al adicionar fibra su maleabilidad aumentó, en un rango promedio de 57,83 % a 59,37 %.

La *Imagen 16*. Muestra los datos de resistencia a la compresión del material compuesto con los tratamientos que se le realizaron a la fibra de fique con la resina poliéster.

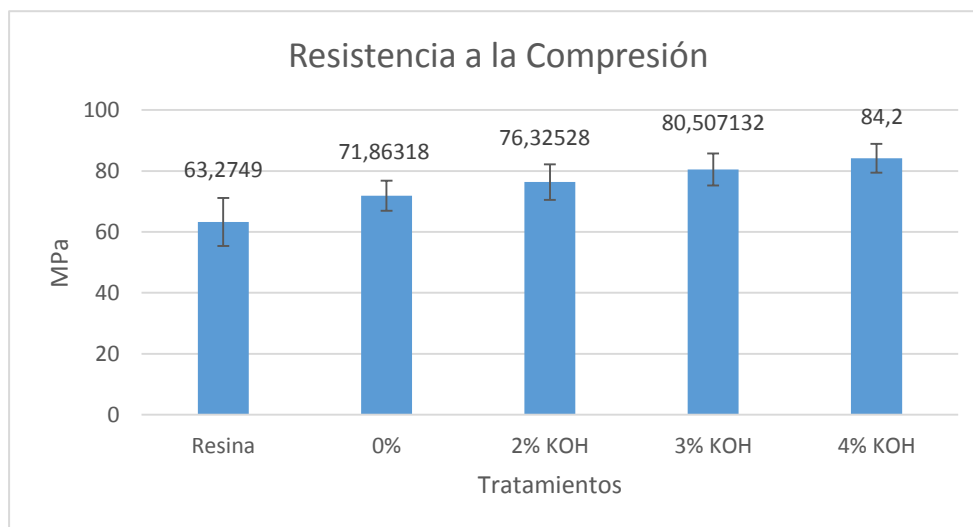


Imagen 16. Grafica de esfuerzo de las diferentes probetas.

De acuerdo con la *Imagen 16*. La comparación del ensayo de compresión se observó que la resina poliéster tiene una resistencia mecánica a compresión promedio de 63.27 MPa y al adicionar fique sin tratar este aumenta hasta un promedio de 71.63 MPa de igual manera cuando estas fueron tratadas en los diferentes porcentajes hubo un

incremento de esta propiedad, el cual fue mayor en el material compuesto de resina reforzado con las fibras tratadas con KOH al 4% con un promedio de esfuerzo máximo de 84.2 MPa.

Esto puede ser atribuido a la remoción de lignina y hemicelulosa a nivel superficial en la fibra por lo que puede mejorar la adherencia con la matriz aumentando así su resistencia mecánica a compresión, esto ha sido comprobado en otras investigaciones, que existe una relación entre la resina y la fibra, información de semillero.

En la *Imagen 17*. Muestra los datos de maleabilidad de la resina poliéster y del material compuesto con los tratamientos que se le realizaron a la fibra de fique.

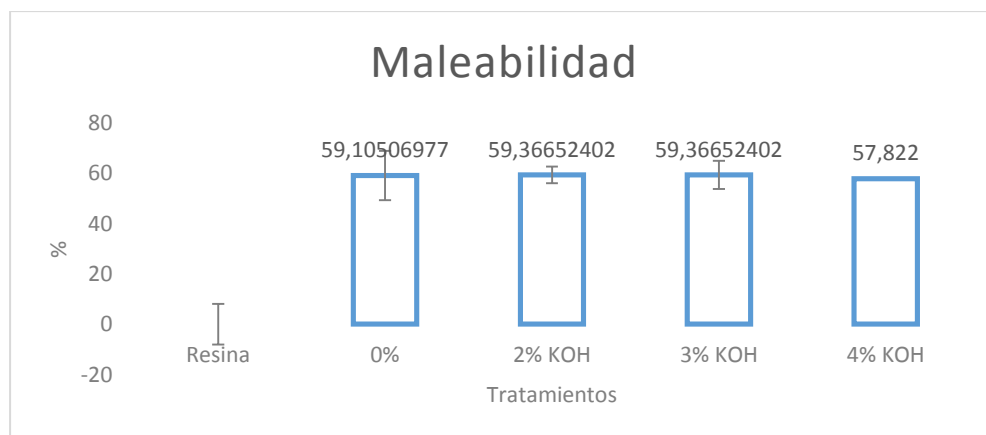


Imagen 17. Grafica de maleabilidad de las diferentes probetas

En la *imagen 17* se puede observar que la resina sola no presenta maleabilidad, ya que no tiene refuerzos por lo cual es un material frágil y al someterla a esfuerzo de compresión, la probeta no presenta deformación plástica antes de su fractura. En cambio, al fabricar el material compuesto a base de resina poliéster reforzada con fibra de fique, desarrolla la propiedad de maleabilidad, no hay una diferencia que se vea significativa entre los valores de maleabilidad de la fibra tratada y no tratada. En la *imagen 18* se muestran los prototipos finales



Imagen 18. Prototipos Finales.
Fuente: Autor.

Capacitación en compañía de la Fuerza Aérea Colombiana.

Una vez obtenidos los resultados del material compuesto, en compañía de la fuerza aérea y la alcaldía de Madrid, se dio la capacitación a 10 personas víctimas del conflicto armado que habitan en el barrio del Sosiego, en el municipio de Madrid, Cundinamarca, para que aprendieran a manipular y a utilizar los reactivos para la fabricación de lavamanos a base del material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de fique. El curso 40 horas, donde la universidad ECCI, también colaboro en el proceso de formación, dando clases de gestión empresarial, para que las personas pudieran aprender a crear empresa y poderla sostener a base de los conocimientos obtenidos en el curso.



Imagen 19



Imagen 20



Imagen 21

CONCLUSIONES

De acuerdo con los datos obtenidos, al someter el material compuesto reforzado con la fibra tratada a esfuerzos de compresión, se pudo determinar que cuando la fibra es tratada con el 4% KOH se mejora las propiedades mecánicas, ya que gracias al KOH existe una eliminación de lignina y hemicelulosa en la fibra este dato se puede corroborar por las gráficas de FTIR.

El material fabricado con 100% resina poliéster tiene un comportamiento frágil.

El material compuesto con las fibras tratadas y sin tratar con respecto al 100% de resina poliéster se obtuvo una maleabilidad, el cual el material dejó de ser frágil y se pudo tener una deformación plástica.

El transmitir un quehacer a una comunidad de desplazados mediante la ayuda de la fuerza aérea y posteriormente de la universidad ECCI, ayuda a que personas bajo estas condiciones pueda tener oportunidades empresariales, como la capacidad de generar su propia empresa o acceder a una, ya que se pudo transmitir un conocimiento de materiales compuestos.

RECOMENDACIÓN

La aplicación de este tipo de materiales que utilizan fibras naturales, se debe seguir apoyando, ya que lograría remplazar piezas fabricadas a base de materiales compuestos reforzados con fibra de vidrio, lo cual sería muy útil porque se disminuirían las enfermedades de las personas que manipulan estos materiales, de igual forma se disminuye la contaminación ambiental que se genera en la industria por la producción masiva de estos materiales para el uso de diferentes sectores (automotriz, aeronáutico, naval, entre otros).

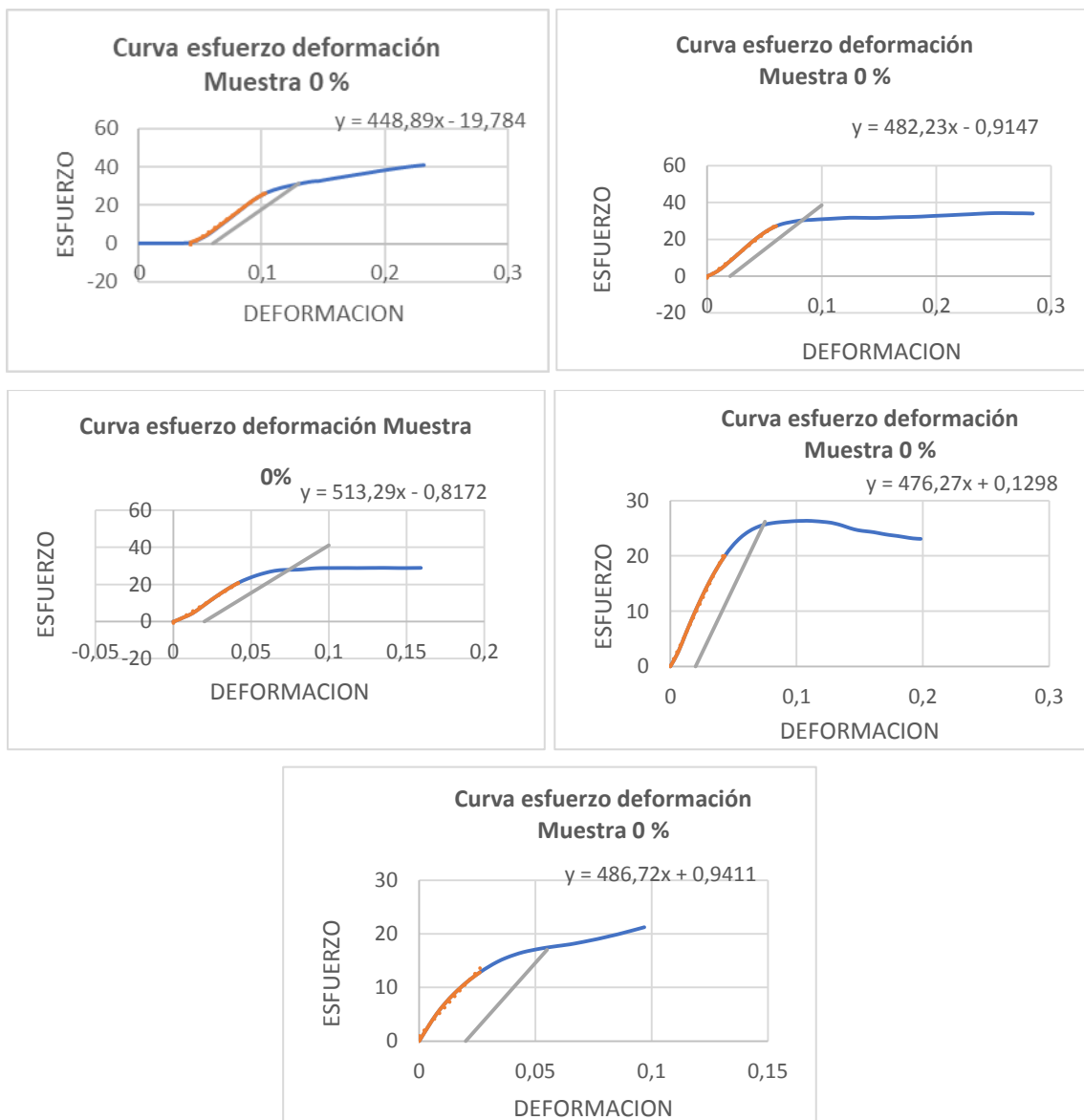
Bibliografía

1. Alejandro Besednjak Dietrich, a. E. (2005-01-01). *Materiales compuestos: procesos de fabricacion de embarcaciones* . Universitat Politècnica de Catalunya.
2. Alfonso Moreno, F. L. (19 de octubre de 2010). *fundicion universitaria de america* . Obtenido de <http://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/788>
3. Calvosealing. (2011). *Tecnología de los Plásticos*.
4. Colombia, A. d. (s.f.). *eurofique* . Obtenido de <http://eurofique.info/fique-y-su-proceso-de-transformacion/>
5. Diana Paola Navia, A. A. (2013). *universidad del cauca* . Obtenido de <http://revistabiotechnologia.unicauca.edu.co/revista/index.php/biotechnologia/article/view/284>
6. Dr. José Manuel Barrientos Peñaloza, D. J. (14 de mayo de 2014). *scielo*. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1726-89582014000100006&script=sci_arttext
7. Fibratec. (s.f.). *Desconocido*.
8. G. K. , Silva , A., & Fontul, M. (2013). Green composites: A review of adequate materials for automotive applications. *Composites: Part B*, 120-127.
9. Hernández G., H. I. (2014). *UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA* . Obtenido de <http://tesis.udea.edu.co/handle/10495/7328>
10. HERRERA F, P. y. (3 de Marzo de 2002). *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*. Obtenido de Mechanical properties of continuous natural fibre-reinforced polymer composites: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359835X03002914>
11. instron. (s.f.). *Ensayo de compresión de plásticos rígidos ASTM D695*. Obtenido de <http://www.instron.es/es-es/testing-solutions/by-material/plastics/compression/astm-d695-plastics>
12. Koronis, G. (EnER de 2013). *Green composites: A review of adequate materials for automotive applications*.
13. Lady J. Rodríguez, W. A. (07 de mayo de 2014). *scielo*. Obtenido de http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642014000500005&script=sci_arttext&tlng=en
14. Latinoamerica, N. (4 de Agosto de 14). *Espectrometría infrarroja por Transformadas de Fourier*. Obtenido de <http://noria.mx/lublearn/espectrometria-infrarroja-por-transformadas-de-fourier/>
15. Majewski, T., & Błędzki, Andrzej. (Desconocido). *PLÁSTICOS REFORZADOS CON FIBRAS NATURALES EN EL SECTOR AUTOMOTRIZ*. Obtenido de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/49955/Plásticos%20reforzados%20con%20fibras%20naturales%20en%20el%20sector%20automotriz.pdf?sequence=1>
16. P. P, M., Gonzalez Garcia, A., Lapena, N., & Fi, S. (14 de Junio de 2012.). *Estados Unidos Patente n° US 2012/0148824 A1*.
17. Ramirez, R. (2015). *Manejos de fibras*. Obtenido de <http://scielo.isciii.es/pdf/mesetra/v61n240/revision.pdf>
18. RNI - Red Nacional de Información. (01 de OCTUBRE de 2017). Obtenido de <https://cifras.unidadvictimas.gov.co/Home/Desplazamiento>

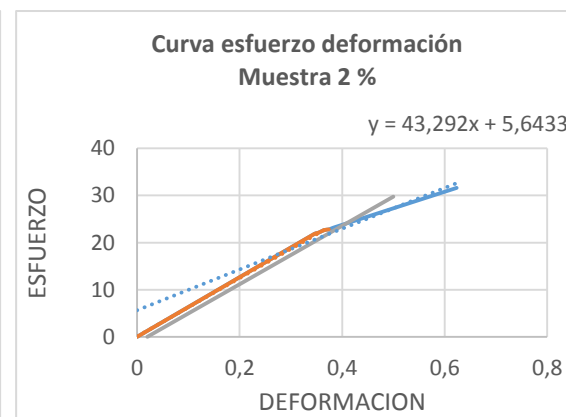
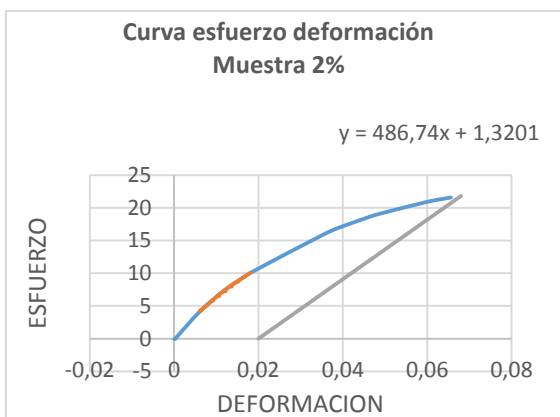
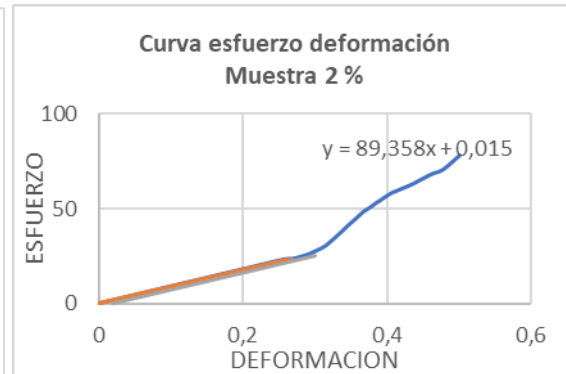
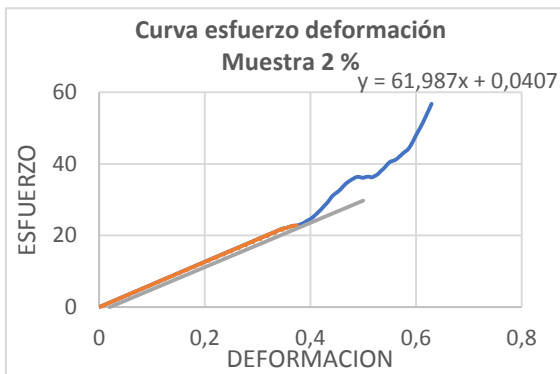
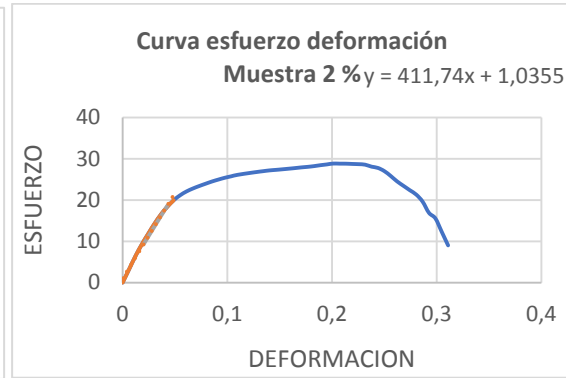
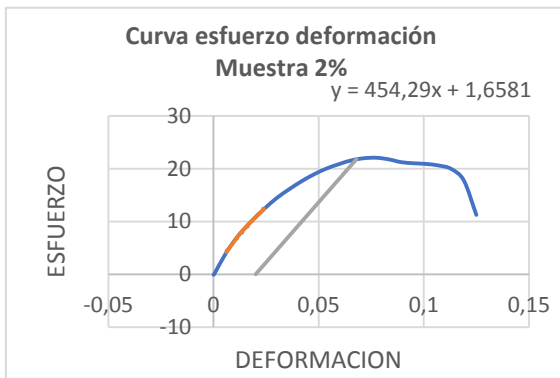
19. Silva, A., Koronis, Georgios, & Fontul, Mihail. (Enero. de 2013). *Green composites: A review of adequate materials for automotive applications*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359836812004350>
20. Tecnun. (s.f.). *PROPIEDADES MECANICAS* . Obtenido de <http://www4.tecnun.es/asignaturas/pulvimetal/docs/Tema113.pdf>
21. Ulargui, S. B. (2014-01-01). *Introducción al conocimiento de materiales*. UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia.
22. Composites, N. (2016). *MATERIALES COMPUESTOS*. Obtenido de <https://www.navalcomposites.com/materiales-compuestos/>
23. Majewkis. (Desconocido). *PLASTICOS REFORZADOS CON FIBRAS NATURALES EN EL SECTOR AUTOMOTRIZ*.
24. Mårtensson, P. (s.f.). Effects of manufacturing constraints on the cost and weight efficiency of. *EL SEVIER* .
25. MINA-HERNANDEZ3, J. H. (12 de Junio de 2012). *FIBRAS DE FIQUE UNA ALTERNATIVA PARA EL REFORZAMIENTO DE PLÁSTICOS. INFLUENCIA DE LA MODIFICACIÓN SUPERFICIAL* . Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1692-35612014000200007
26. Muñoz Velez, M., Hidalgo Salazar, M., & Mina Hernandez, J. (2014). Fibras de fique una alternativa para el reforzamiento de plásticas. Influencia de la modificación superficial. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 60-70.
27. MUÑOZ-VELEZ, M. F. (12 de Julio de 2014). *FIBRAS DE FIQUE UNA ALTERNATIVA PARA EL*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v12n2/v12n2a07.pdf>
28. TIEMPO, R. E. (19 de Abril de 2003). *EL FIQUE, MÁS ALLÁ DE UN SIMPLE COSTAL*. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-970457>

ANEXOS

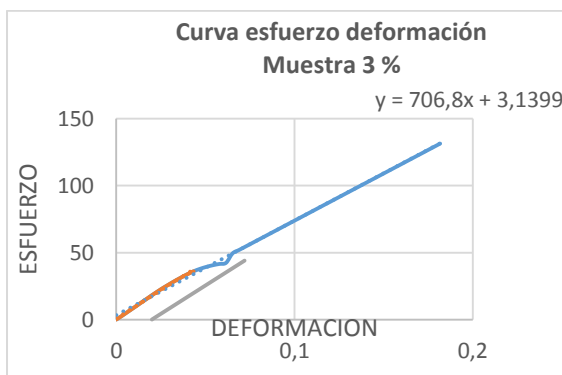
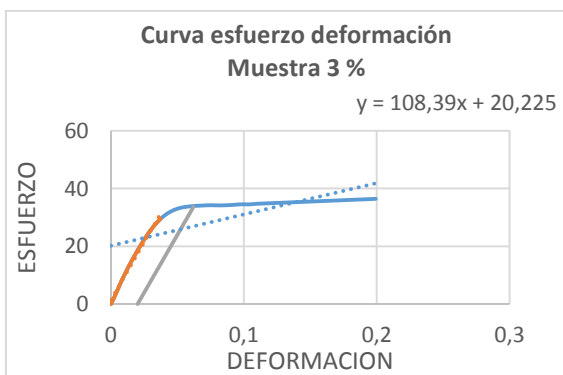
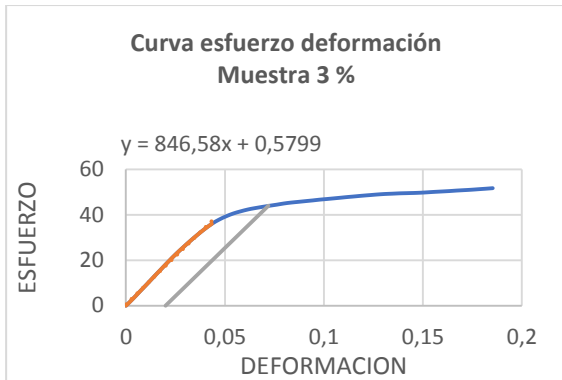
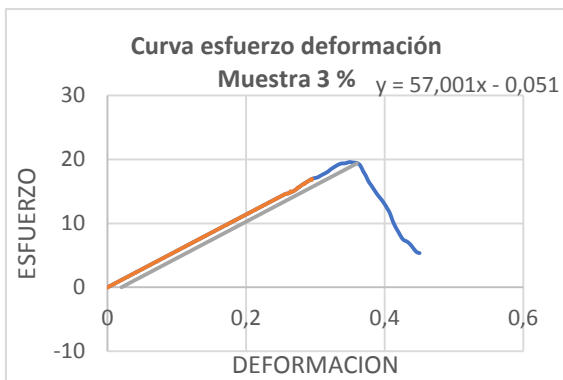
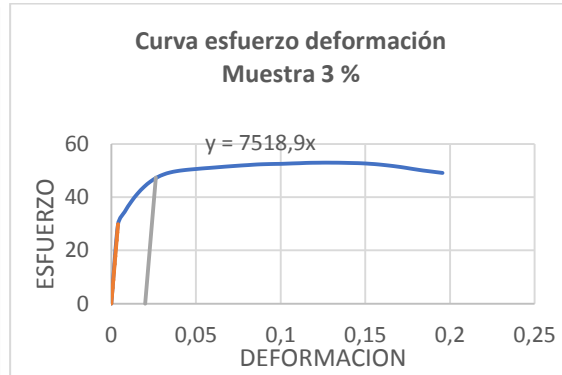
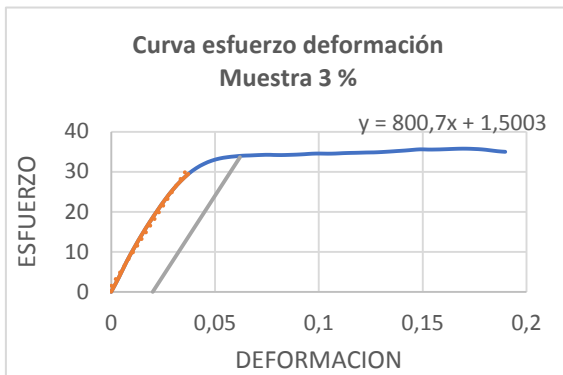
Anexos 1. Graficas de curvas esfuerzo (MPa) deformación ($\frac{mm}{mm}$) para el material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de fique sin tratamiento de KOH



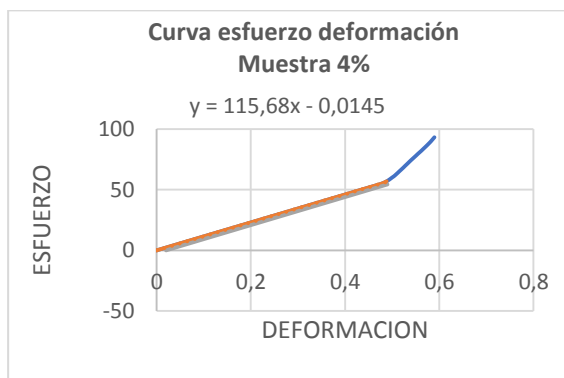
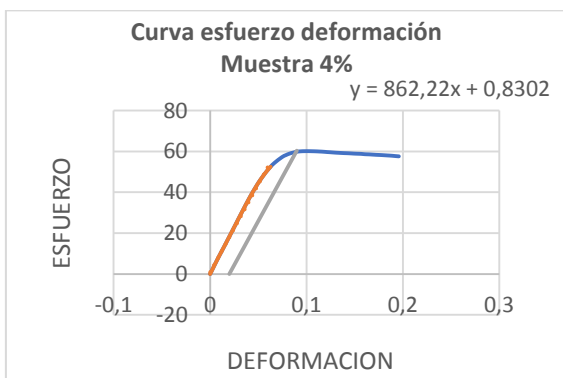
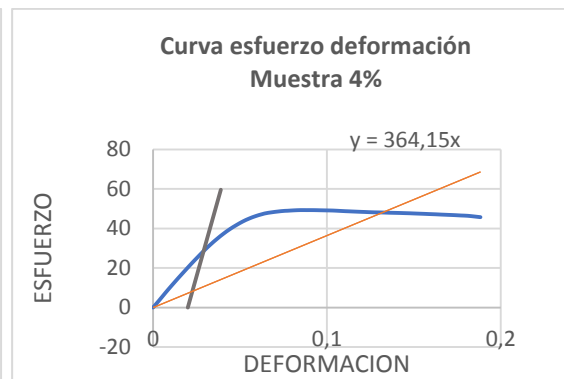
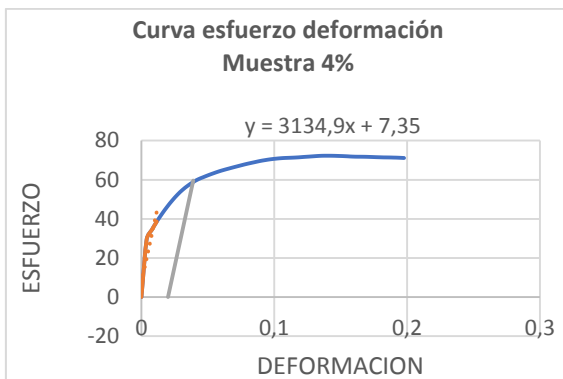
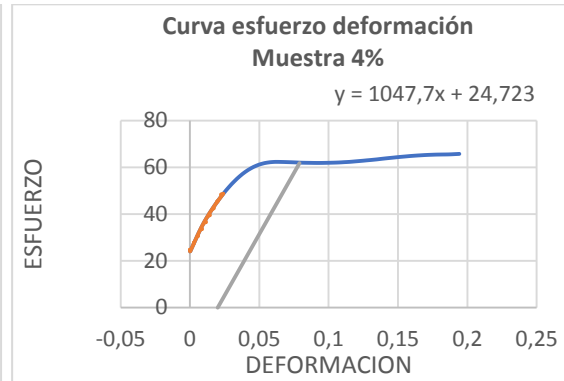
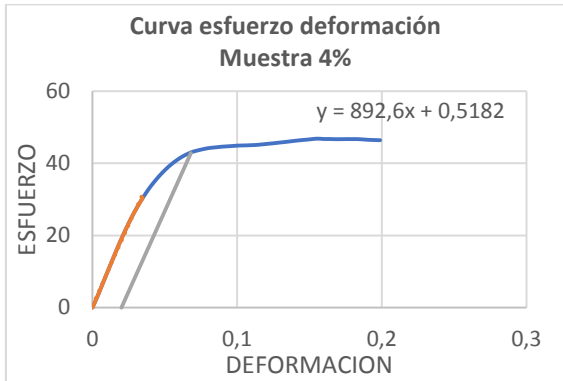
Anexo 2. Curvas esfuerzo (MPa) deformación ($\frac{mm}{mm}$) para el material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de fique con tratamiento de solución de 2% de KOH



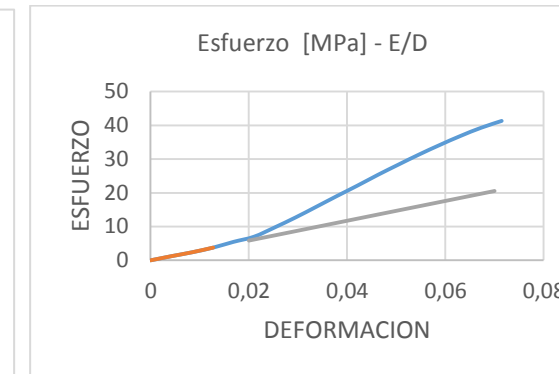
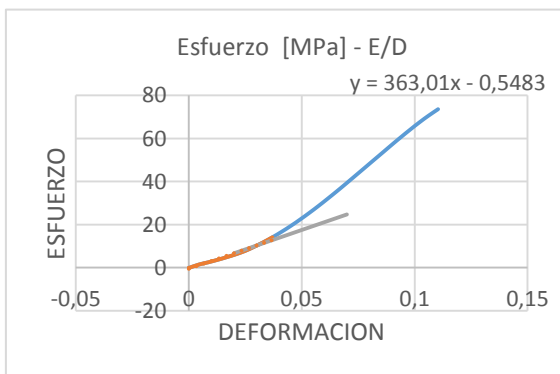
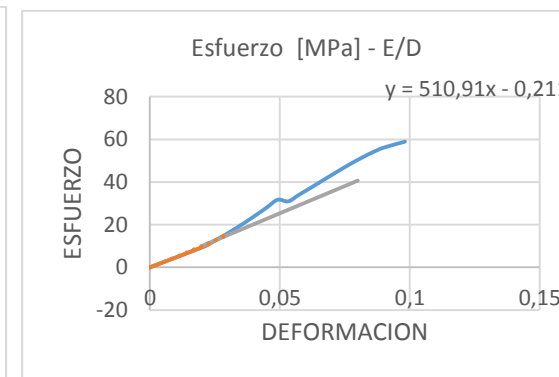
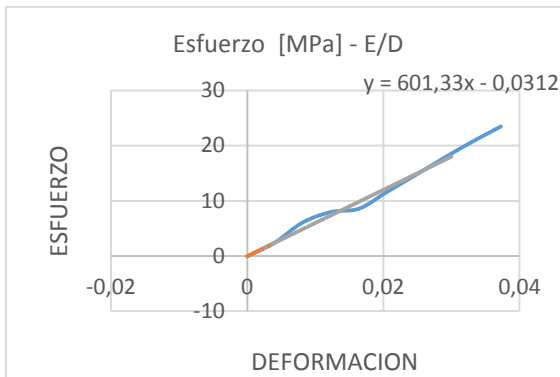
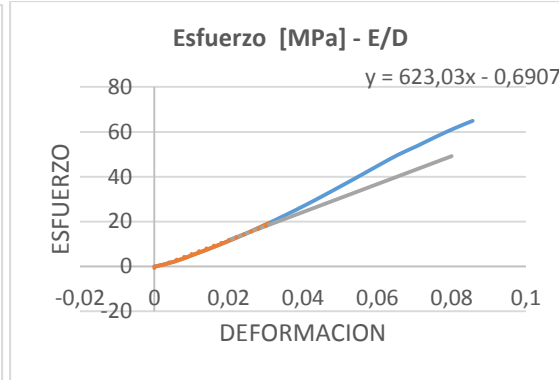
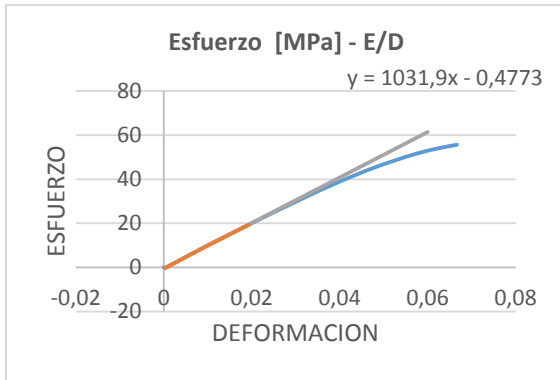
Anexo 3. Curvas esfuerzo (MPa) deformación ($\frac{mm}{mm}$) para el material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de fique con tratamiento de solución de 3% de KOH



Anexo 4. Curvas esfuerzo (MPa) deformación ($\frac{mm}{mm}$) para el material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de fique con tratamiento de solución de 4% de KOH

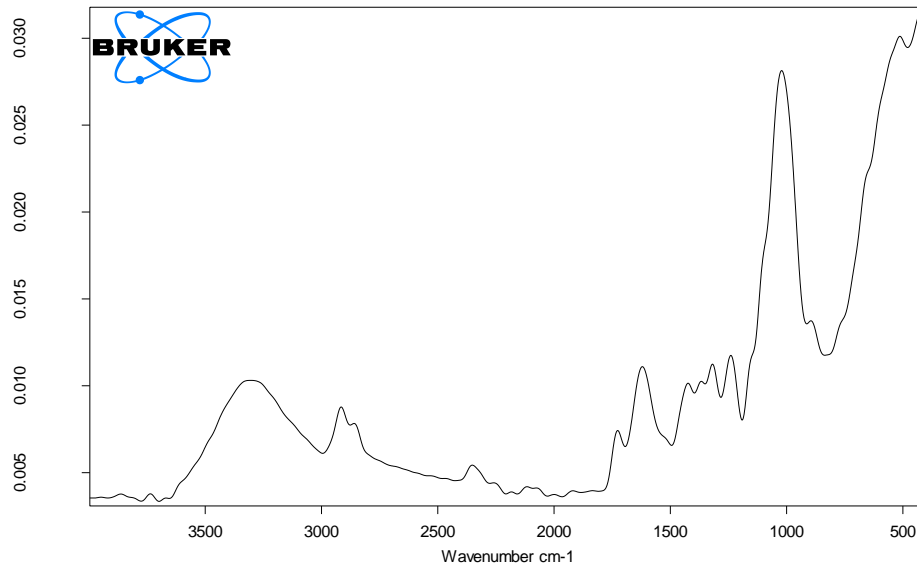


Anexo 5. Curvas esfuerzo (MPa) deformación ($\frac{mm}{mm}$) para la resina poliéster



Anexo 6. Ensayos de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier FTIR

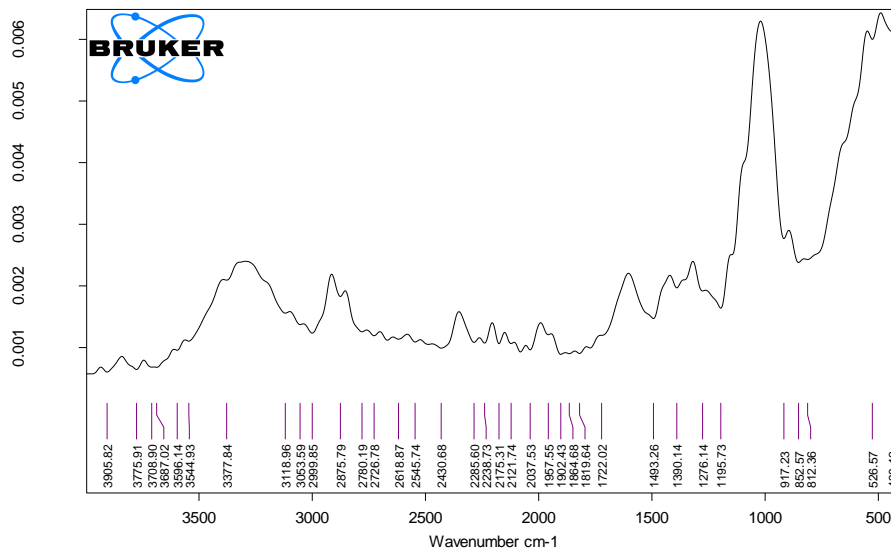
Fibra al 0% de KOH



C:\Users\Administrator\Desktop\RESULTADOS 2018\Sandra Romero\No tratada.0	No tratada	Instrument type and / or accessory	29/06/2018
---	------------	------------------------------------	------------

Page 1/1

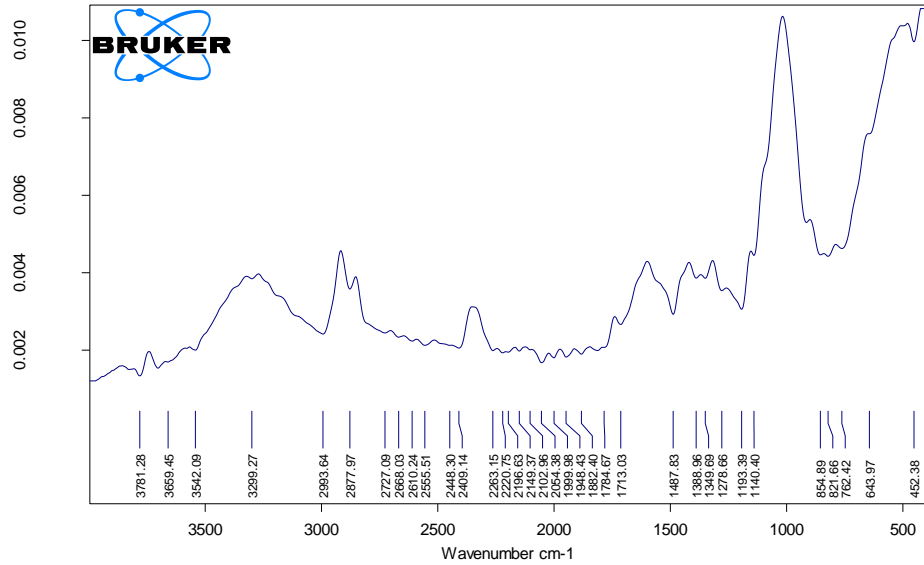
Fibra al 2% de KOH



C:\Users\Administrator\Desktop\RESULTADOS 2018\Sandra Romero\Trata 2%-2.0	Trata 2%-2	Instrument type and / or accessory	29/06/2018
---	------------	------------------------------------	------------

Page 1/1

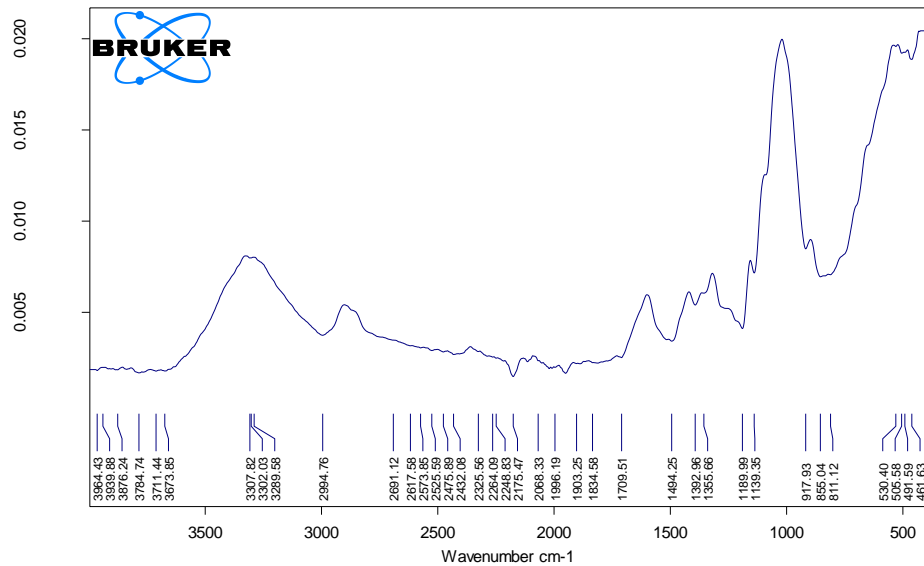
Fibra al 3% de KOH



C:\Users\Administrator\Desktop\RESULTADOS 2018\Sandra Romero\Trata 3%-3.0	Trata 3%-3	Instrument type and / or accessory	29/06/2018
---	------------	------------------------------------	------------

Page 1/1

Fibra al 4% de KOH



C:\Users\Administrator\Desktop\RESULTADOS 2018\Sandra Romero\Trata 4%.0	Trata 4%	Instrument type and / or accessory	29/06/2018
---	----------	------------------------------------	------------

Page 1/1

Anexo 7. Plano del diseño de lavamanos

