

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE PERFILES DE MADERA PLÁSTICA

Carlos Alberto Gomez Mosquera

Jairo Enrique Ayala Alcalá

Ingeniería Electromecánica

Carlos Andres Vargas

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

15 de agosto de 2016

RESUMEN

Los compuestos plásticos de madera son un grupo de materiales que consiste principalmente de madera, polímeros termoplásticos y, en pequeña cantidad, aditivos. El contenido de madera del material puede variar hasta más de 80%. Dependiendo de la región de la fabricación y de la disponibilidad, maderas blandas, así como las maderas duras en forma de fibras, partículas, o harina fina sirven como materia prima.

La constitución de la componente de la madera influye en las propiedades físicas y mecánicas de los WPC. Mientras que las fibras, que tienen una mayor relación de aspecto (relación longitud / anchura), mejora la resistencia a la tracción, las partículas son más fáciles de dosis para el proceso de producción y más fácil de dispersar en la matriz polimérica y por lo tanto resulta en materiales más homogéneos. Además, las propiedades mencionadas con anterioridad, así como las propiedades visuales de los WPC dependen de las propiedades intrínsecas de las especies de madera utilizadas.

Las propiedades de los WPC dependen fuertemente de la compatibilidad y la adhesión interfacial entre la madera y el polímero, lo que representa una de las principales limitaciones como la madera es fuertemente polar y la mayoría de polímeros de matriz son no polares. Para superar este inconveniente, modificaciones de la superficie de las partículas / fibra se pueden aplicar y se utilizan aditivos como compatibilizados y agentes de acoplamiento.

Para el presente proyecto se pretende evaluar el comportamiento mecánico de diferentes composiciones y perfiles de madera plástica producidos por la empresa Prila SAS. Para esto se requiere realizar evaluaciones estandarizadas de pruebas mecánicas y elaborar montajes de ensayos sobre productos terminados (perfiles) a partir de diferentes composiciones de materiales de plástico y madera.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RECONOCIMIENTOS

Al culminar este trabajo de grado, queremos expresar nuestro más grande agradecimiento al docente Carlos Andres Vargas por guiarnos por el mejor camino para el desarrollo y evaluación del trabajo, su constante compromiso para estar presente en cada paso y la paciencia que tuvo en cada momento hizo de esto la mejor investigación.

Agradecemos a nuestras familias y amigos por su disposición y permanente apoyo en todo el recorrido de este trabajo y carrera; sin este valioso cariño sin duda hubiese sido más duro.

Por ultimo agradecemos a todos los docentes que estuvieron presentes en nuestro sueño de ser ingenieros, compartiendo su sabiduría y profesionalismo. Al Instituto Tecnológico Metropolitano por darnos el placer de estar cómodos en un lugar que cuenta con herramientas y recursos para que nuestra carrera fuese más profunda y valiosa en la vida laboral.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ACRÓNIMOS

ASTM: Asociación Americana de Ensayo de Materiales

HPDM: Polietileno de alta densidad

LPDM: Polietileno de baja densidad

PE: Polietileno

PP: Polipropileno

PVC: Poli (cloruro de vinilo)

S.A.S: Sociedad por Acciones Simplificada

UV: radiación ultravioleta.

WPC: Wood plastic composite (Compuesto de madera y plástico)

ALABEO: Forma combada o curva que toma una pieza de madera u otra superficie

DUREZA SHOES: Se basa en la reacción elástica del material cuando dejamos caer sobre él un material más duro Si el material es blando absorbe la energía del choque, si el material es duro produce un rebote cuya altura se mide

COLORIMETRIA: es la ciencia que estudia la medida de los colores y que desarrolla métodos para la cuantificación del color

ELONGACION: La elongación hace referencia a un movimiento o situación en donde se produce un aumento de la masa longitudinalmente de una estructura

XILOFAGOS: insectos que se alimentan exclusivamente de madera (xilos: madera; y fago: comer)

LIGNOCELULOSICO: desechos de caña de azúcar o bagazo, rastrojo y olote de maíz, paja de trigo y arroz, restos forestales

Tensión Interfacial: La tensión interfacial es la energía de por unidad de área de interfaz a temperatura y presión fijas

Intrínsecas: Que es propio o característico de una cosa por sí misma y no por causas exteriores

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	6
1.1 Planteamiento	6
1.2 Objetivos.....	7
1.2.1 General	7
1.2.2 Específicos.....	7
2. MARCO TEÓRICO	8
2.1 Propiedades y características	10
2.1.1 Propiedades mecánicas	10
2.1.2 Estabilidad dimensional	10
2.1.3 Durabilidad y envejecimiento	10
2.1.4 Otras propiedades	11
2.2 Propiedades de los compuestos de la madera plástica.	11
2.3 Composición General y Campos De Aplicación	12
2.4 Características Polietileno De Baja Densidad	13
2.5 Características polipropileno.....	14
3. METODOLOGÍA	15
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	21
REFERENCIAS	23
APÉNDICE.....	24

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1. INTRODUCCIÓN

Los compuestos plásticos de madera son un grupo de materiales que consiste principalmente de madera, polímeros termoplásticos y, en pequeña cantidad, aditivos. El contenido de madera del material puede variar hasta más de 80%. Dependiendo de la región de la fabricación y de la disponibilidad, maderas blandas, así como las maderas duras en forma de fibras, partículas, o harina fina sirven como materia prima.

1.1 Justificación y planteamiento

Con este trabajo se busca mejorar la calidad y propiedades mecánicas de perfiles y láminas fabricados con polietileno y polipropileno reciclados puesto que en este momento se está fabricando un producto que aparentemente tienen una buena apariencia tanto en su forma física como de su textura y acabado superficial (Sommerhuber et al., 2015).

Se disponen de muestras en forma de láminas, perfiles y material peletizado reciclado del sobrante de la extrusión y fabricación, remolido para fabricar laminas bajo distintas condiciones de: temperatura, volumen, presión y enfriamiento, con las que se busca trabajar a distintas pruebas de esfuerzos mecánicos para especificar qué características, propiedades y composiciones son las apropiadas para la fabricación de estos productos y partir de este trabajo o desarrollo, tener la base para la implementación de técnicas y pruebas que puedan ser estandarizadas en el laboratorio de polímeros del ITM, para posteriormente ser ofrecidos como pruebas de laboratorio a terceros y empresas del sector de polímeros.

Este proyecto evaluará el mejor desempeño mecánico con las diferentes matrices plásticas en muestras normalizadas y piezas finales fabricadas.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1.2 Objetivos

1.2.1 General

Evaluar el comportamiento mecánico de perfiles de madera plástica.

1.2.2 Específicos

- Evaluar por métodos estandarizados las propiedades mecánicas de diferentes composiciones de madera plástica.
- Realizar el montaje de ensayos mecánicos sobre productos finales (perfiles) de madera plástica.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2. MARCO TEÓRICO

La combinación de madera y plástico (WPC: del inglés Wood plastic composite) son materiales formados principalmente de dos fases, una matriz plástica basada en PE, PP, PVC, etc. y otra en refuerzo de fibra o polvo de madera. Además de la madera y plástico, el WPC puede contener incorporado material como ligno-celulósico y/o inorgánico. Los WPC son un subconjunto de una categoría más amplia de materiales llamados compuestos plásticos de fibras naturales (NFPC: natural fiber plastic composite), que pueden contener también rellenos a base de fibras, tales como fibras de celulosa, cáscara de maní, bambú, paja, etc. (Sommerhuber, Wang, & Krause, 2016).

La harina de madera se mezcla de forma aleatoria en la matriz de materiales plásticos. El porcentaje de harina de madera varía en función del producto, desde un 70% e incluso porcentaje mayores, hasta llegar a los productos de plástico reciclados que no contienen fibras de madera.

- **Materiales plásticos:** Se pueden utilizar los termoplásticos (que se reblandecen cuando se les aplica calor) o los termoedurecibles (que no se reblandecen con calor una vez que han fraguado). Dentro del grupo de los termoplásticos se encuentran los polietilenos y polipropilenos que se utilizan en multitud de aplicaciones no estructurales, como botellas o contenedores; y en el grupo de los termoedurecibles las resinas estructurales de poliéster y epoxi. Los residuos plásticos se pueden reforzar o aumentar de tamaño con fibras naturales, fibras de vidrio y otros materiales como el caucho.
- **Madera:** El porcentaje de madera, tanto en forma de polvo como de fibras cortas (inferiores a 5 mm), varía normalmente desde el 50 hasta el 80 %.

- Aditivos: Los aditivos más frecuentes son los lubricantes, retardadores del fuego, productos que mejoran a unión madera - plástico, estabilizadores de rayos ultravioleta, pigmentos, etc. La mezcla de materias primas se realiza por lotes o por procesos continuos y se fuerza su paso por una laminadora o por una extrusora o para inyectarse en los moldes correspondientes. La gran mayoría de los productos de madera y plástico son perfiles extruidos, macizos o huecos (Han, Wang, Dong, & Wang, 2014).

Tabla 2.1. Componentes de compuestos de madera.

COMPONENTE PARA EL COMPUESTO DE MADERA Y PLÁSTICO	
POLIMEROS TERMOPLASTICOS	Polietileno
	Polipropileno
	Policloruro de vinilo
	Poliestireno
MADERA Y FIBRAS NATURALES	Abeo
	Mezcla de contingentes
	Materiales Reciclado
ADITIVOS	Lubricantes
	Antioxidantes
	Estabiizantes térmicos
	Pigmentos
	Retardantes
	Estavilizantes UV

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.1 Propiedades y características

Las propiedades a evaluar dependen de su uso en exterior o en interior, pero todavía no existe norma de especificaciones, aunque hay un primer borrador de las normas de ensayo para comprobar las siguientes propiedades:

- Físicas: densidad, contenido de humedad, etc.
- Mecánicas: resistencia al impacto, tracción, etc.
- Durabilidad: envejecimiento artificial, hinchazón y absorción, etc.
- Térmicas: dilatación lineal, conductividad térmica, acción del calor.
- Fuego: límite de oxígeno, reacción al fuego.
- Otras propiedades

2.1.1 Propiedades mecánicas

Los productos de madera-plástico son menos rígidos que la madera, su resistencia también es menor, se deforman cuando están sometidos a cargas, se reblandecen bajo la acción del calor y son quebradizos a bajas temperaturas. Sus resistencias a la tracción y a la compresión son similares a la de la madera de coníferas.

2.1.2 Estabilidad dimensional

No se producen alabeos y la absorción de humedad es inferior a la de la madera maciza.

2.1.3 Durabilidad y envejecimiento

Por la radiación solar, esta tiende a oscurecer el WPC motivo por el cual suele ser de color gris claro. Tiene elevadas resistencias frente al ataque de hongos, insectos xilófagos de ciclo

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

larvario, termitas y xilófagos marinos. Algunos productos incorporan protectores para prevenir la aparición de mohos y el crecimiento de hongos.

2.1.4 Otras propiedades

- Su resistencia al deslizamiento es mayor que la de la madera natural.
- En ocasiones se pueden producir descargas de electricidad estática.
- Se pueden reciclar.
- Están considerados como productos compuestos ecológicos.
- Son más caros que la madera natural y tratada, pero al considerar su ciclo de vida y su ausencia de mantenimiento su coste final saldría mejorado.

2.2 Propiedades de los compuestos de la madera plástica.

En la actualidad no existen una norma o especificaciones que comprueben en un 100% las propiedades de los compuestos de la madera plástica (Wood Plastic), las maderas plásticas presentan características físicas, mecánicas, de durabilidad y térmicas, dentro de todas estas se evalúa contenido de humedad resistencia al impacto flexión elongación, envejecimiento reacción al fuego etc. ,todas estas características son evaluadas con pruebas flexión, tensión, impacto esfuerzo deformación, dureza shoes, densidad, análisis de fractura y a análisis de colorimetría y otras.

Los productos de madera plástica con polímero reciclados comparados con polímero vírgenes son de baja rigidez, baja resistencia mecánica se someten a bajas cargas, resistencia a la tracción y a la compresión ; la madera plástica que se fabrica con matrices poliméricas que reblandecen con el calor como el Polipropileno el Polietileno, PVC, HPDM Y LPDM son maderas que pueden arder cuando son sometidas a calor si no se aplican retardantes para evitar que ardan con facilidad, pero en la actualidad para las aplicaciones estas características suelen ser relevantes, con el presente trabajo se investigará el

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

comportamiento de diferentes perfiles de madera plástica mediante pruebas mecánicas de tensión y flexión.

2.3 Composición general y campos de aplicación

Los compuestos plásticos de madera son un grupo de materiales que consiste principalmente de madera, polímeros termoplásticos y, en pequeña cantidad, aditivos. El contenido de madera del material puede variar hasta más de 80%. Dependiendo de la región de la fabricación y de la disponibilidad, maderas blandas, así como las maderas duras en forma de fibras, partículas, o harina fina sirven como materia prima.

El término fibra de madera de ese modo generalmente corresponde a células de la madera en forma de huso con una relación de aspecto (relación de longitud a diámetro) de 10: 1 a 25: 1 que están separados por diferentes métodos de fabricación de pasta. Las partículas de madera son haces de fibras o, como en el caso de flor de harina, fragmentos de pared celular con una relación de aspecto de 1: 1 a 5: 1.

La constitución de la componente de la madera influye en las propiedades físicas y mecánicas de los WPC. Mientras que las fibras, que tienen una mayor relación de aspecto (relación longitud / anchura), mejora la resistencia a la tracción, las partículas son más fáciles de dosis para el proceso de producción y más fácil de dispersar en la matriz polimérica y por lo tanto resulta en materiales más homogéneos. Además, las propiedades mencionadas con anterioridad, así como las propiedades visuales de los WPC dependen de las propiedades intrínsecas de las especies de madera utilizadas.

Con un material de matriz termoplástica de cloruro de polivinilo (PVC), polietileno (PE) y polipropileno (PP) se utilizan comúnmente para la mayoría de aplicaciones. WPC combina las diferentes propiedades de la madera y polímero. La madera es fuertemente hidrófilo y por lo tanto, propensos a la alta absorción de humedad y las tasas de inflamación

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

resultantes de la caries y la inestabilidad dimensional, lo que es desventajoso especialmente para aplicaciones al aire libre. Mediante la incorporación de la madera en una matriz de polímero hidrófobo, se reduce la absorción de humedad y la sensibilidad a la descomposición por hongos y ataque de insectos. Al mismo tiempo, la madera aumenta la rigidez, estabilidad térmica y el comportamiento de fluencia del polímero (Leu, Yang, Lo, & Yang, 2012).

Las propiedades de WPC dependen fuertemente de la compatibilidad y la adhesión interfacial entre la madera y el polímero, lo que representa una de las principales limitaciones como la madera es fuertemente polar y la mayoría de polímeros de matriz son no polares. Para superar este inconveniente, modificaciones de la superficie de las partículas / fibra se pueden aplicar y se utilizan aditivos como compatibilizados y agentes de acoplamiento.

Otros aditivos para adaptar las propiedades de la WPC a su aplicación destinada comprenden, entre otros, agentes de soplado para la producción de espuma de WPC, biocidas, pigmentos para teñir el WPC, estabilizadores UV, retardantes de llama, y lubricantes como ayuda a la transformación (Schirp & Su, 2016).

Los polímeros (Termoplásticos) que se analizarán para la fabricación de los perfiles y láminas son con Polietileno de baja densidad y Polipropileno reciclados, también se realizara una mezcla de estos con distintos porcentajes buscando obtener una mejora de las distintas propiedades cuando sean sometidos a la prueba de flexión y tensión que son las referentes para los perfiles y láminas a fabricar (Han et al., 2014) (Sommerhuber, Welling, & Krause, 2015).

2.4 Características polietileno de baja densidad.

- Alta resistencia al impacto.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Resistencia térmica.
- Resistencia química.
- Se puede procesar por inyección o extrusión.
- Tiene una mayor flexibilidad en comparación con el polietileno de alta densidad.
- Su coloración es transparente, aunque se opaca a medida que aumenta su espesor.
- Difícilmente permite que se imprima, pegue o pinte en su superficie.
- Se pueden reprocesar con facilidad.

2.5 Características polipropileno.

- Rango de temperatura de trabajo 0°C +100°C.
- Posee una gran capacidad de recuperación elástica.
- Resiste a las aplicaciones de carga en un ambiente a una temperatura de 70°C sin producir deformación.
- Gran resistencia a la penetración de los microorganismos.
- Gran resistencia a los detergentes comerciales a una temperatura de 80°C.
- Debido a su densidad flota en el agua.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo la evaluación y análisis en muestras de perfiles extruidos y láminas termo prensadas los materiales de polímeros procesados para este análisis fueron Polietileno y Polipropileno ambos reciclados y mezclados con harina de madera suministrados por la empresa PRILA S.A.

Se realiza este trabajo para llevar a cabo el análisis de perfiles y láminas de Polipropileno, Polietileno. Se sacaron muestras ya termo formadas (extruidas y laminadas) las muestras fueron sacados según la norma ASTM 5947, adicional a los perfiles ya extruidos se nos suministró harina de Polietileno y Polipropileno mezclado para la fabricación de las muestras de termo prensado logrando moldear láminas de ambos materiales y láminas de la mezcla de los dos polímeros.

Con el material se procedió a moldear las láminas lo cual se realiza por el proceso de termo prensado ;este proceso consiste en tomar una muestra de material en harina particulada en la cantidad suficiente que para nuestro molde es de 55 Gramos por lamina formada ,esta muestra de material es sometida a temperatura y presión por dos placas paralelas que ejercen presión al molde por la fuerza entregada de un cilindro hidráulico que esta acoplado a la placa superior y el calor es tomado de resistencias eléctricas acopladas en la placa inferior la cual tiene una configuración de entrar agua para enfriamiento de piezas moldeadas

El proceso de termo prensado se realiza de esta forma:

1. Estabilizar medidor a 240 °C con las placas puestas y el aluminio
2. Sacar y poner material en la placa bien distribuido, las partes gruesas en el centro
3. Colocar las placas con el material en la prensa

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4. Dejar 4 minutos manteniendo las placas en contacto con el material para garantizar que el material se funda sin hacer presión, si no se ve bien fundido dejar más tiempo manteniendo las placas en contacto y sin hacer presión.
5. Si es una sola cavidad con material ubicarla en el centro de la placa
6. Subir la presión lentamente con la palanca hasta 100 bar (por 1 minuto)
7. Dejar 2 minutos a 100 bar de presión
8. Apagar el medidor
9. Abrir la llave del agua (vuelta y media)
10. Sostener la presión en 100 bar si se baja durante el enfriamiento
11. Dejar enfriando hasta que llegue hasta 40°C para evitar contracción a temperatura ambiente. (Esta temperatura llega aproximadamente en 30 min, pero es necesario verificar con el medidor de temperatura).
12. Cerrar el agua
13. Abrir despacio la prensa
14. Desmoldear la pieza

Se obtuvieron las láminas termo prensadas de polietileno, polipropileno y láminas de la mezcla de ambos materiales y junto con las muestras de los perfiles se procedió a sacar muestras con medidas según la norma ASTM 5947 para poder realizar el proceso evaluativo el cual se realiza en la máquina universal de ensayos.

El análisis se efectúa montando una a una las muestras de cada material se sometieron a esfuerzo por flexión logrando obtener valores de cada muestra y hacer el proceso evaluativo.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se hallaron los datos de esfuerzo y deformación de cada muestra con las siguientes formulas descritas en las tablas 4.1 y 4.2

Tabla 4.1. Fórmula para hallar el esfuerzo de las placas

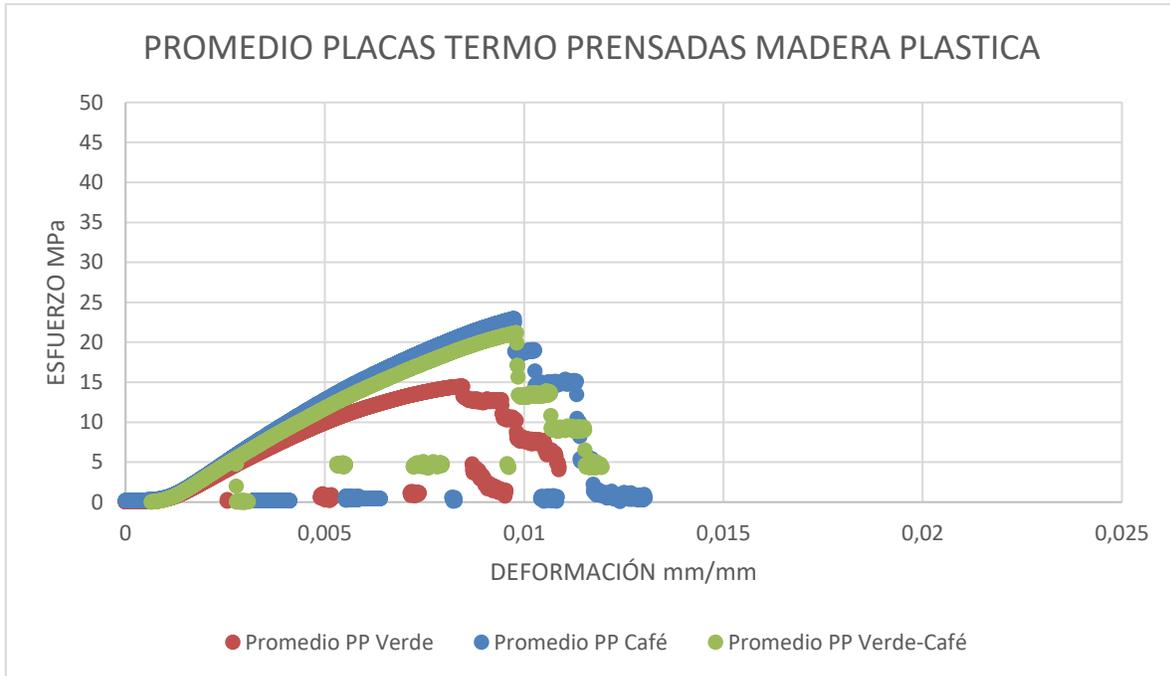
FORMULA ESFUERZO
$\sigma_f = 3PL/2bd^2 \quad (3)$
<p>where:</p> <p>σ = stress in the outer fibers at midpoint, MPa (psi),</p> <p>P = load at a given point on the load-deflection curve, N (lbf),</p> <p>L = support span, mm (in.),</p> <p>b = width of beam tested, mm (in.), and</p> <p>d = depth of beam tested, mm (in.).</p>

Tabla 4.2. Fórmula para hallar la deformación de las placas

FORMULA DEFORMACIÓN
$\varepsilon_f = 6Dd/L^2 \quad (5)$
<p>where:</p> <p>ε_f = strain in the outer surface, mm/mm (in./in.),</p> <p>D = maximum deflection of the center of the beam, mm (in.),</p> <p>L = support span, mm (in.), and</p> <p>d = depth, mm (in.).</p>

Al culminar el desarrollo de los ensayos se obtuvo como resultado que el comportamiento de esfuerzo más pronunciado en las muestras de placas verdes con respecto a las muestras café lo cual se puede apreciar en el grafico 1.

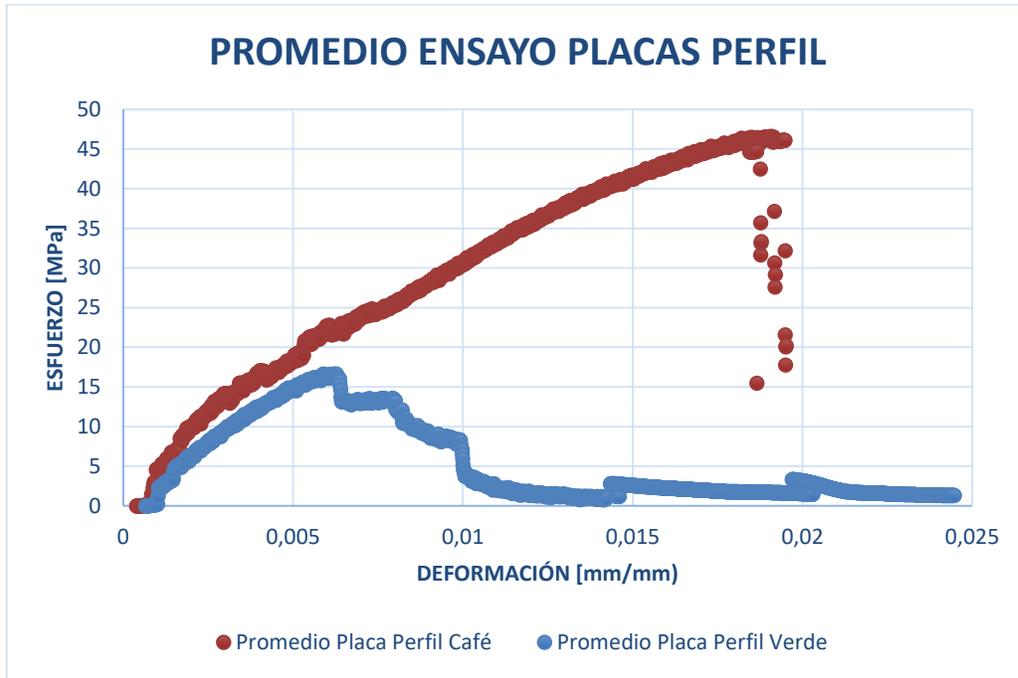
Grafico 1. Promedio placas termo prensadas.



Los datos se consolidaron y se muestran en el apéndice A.

En el ensayo de las muestras de perfil su comportamiento es superior a la placa de perfil café como se observa en el grafico 2.

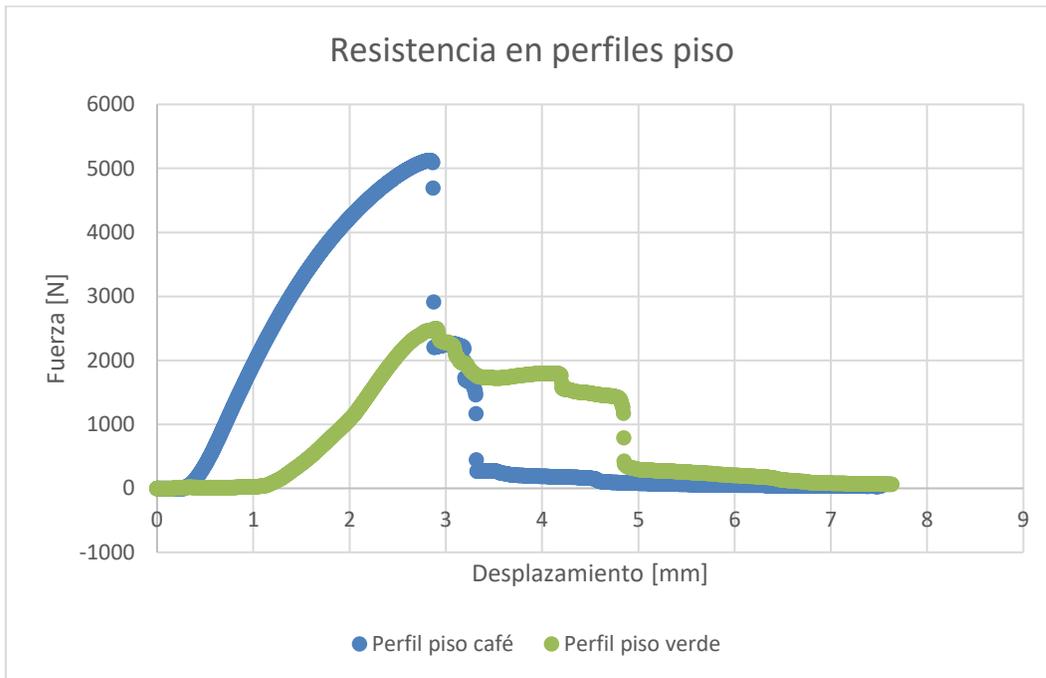
Grafico 2. Promedio ensayo placas de perfil.



Los datos se consolidaron y se muestran en el apéndice B.

De las muestras de perfil obtuvimos los siguientes resultados apreciar grafico 3.

Grafico 3. Ensayo perfiles WPC.



Los datos se consolidaron y se muestran en el apéndice C.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

- Al culminar el proceso evaluativo de los perfiles se observa que los polímeros reciclados y mezclados con viruta de madera son buenos materiales para la elaboración de productos de calidad y brindan solución en campos donde habitualmente se usa la madera en su estado natural. En ambos polímeros Polipropileno y polietileno y la combinación de estos utilizados en fabricación de perfiles extruidos y láminas obtenidas por el proceso de termo prensado la muestra de perfiles y láminas se sometieron a ensayos en la maquina universal, en promedio los valores obtenido y graficados concluimos que son casi iguales en cuanto a el esfuerzo por flexión como lo evidencian el numeral 4 de resultados que claramente muestra como la madera plástica nos dice que a pesar de ser un producto fabricado casi que de la basura tanto de los polímeros y la madera se pueden procesar de nuevo con diferentes métodos de fabricación y obtener nuevos productos que presentan aun propiedades mecánicas que son las evaluadas en este trabajo y poder determinar qué tan útiles pueden ser en una nueva forma de construcción y aplicaciones
- Se evalúa las muestras en la maquina universal de ensayos siguiendo la norma la cual nos arroja unos valores que permiten ver como las diferentes formas de construcción de madera plástica :(Perfiles ,Laminas , Ángulos) pueden ser sometidos a ensayos y poder comparar con otros productos de mayor costo y así determinar que otro compuesto se pueden adicionar para mejorar las propiedades mecánicas logrando hacer de la madera plástica un producto más comercial de mejor calidad y cada día más amigable con el medio ambiente

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Al someter la madera plástica a ensayo vemos que es posible tener valores reales obtenidos de una maquina certificada para este tipo de pruebas observamos cómo cada uno de los productos nos muestran sus características permitiendo aplicar fuerzas de flexión que nos lleva a concluir que este tipo de pruebas y los resultados sirven para que las empresas que manejan fabrican e instalan estos productos puedan mejorar la calidad , uso y rentabilidad y sea así más atractivo y de confianza a los consumidores.
- Al realizar esta evolución de las muestras antes mencionadas y los polímeros evaluados de la fabricación nos encontramos que son muchos los productos y formas de fabricación que existen y que podemos fabricar que son tantos los materiales polímeros que pueden ser utilizados para este uso, nos deja un sinsabor puesto que se observa que no se ha dedicado el tiempo ni los recursos necesarios para hacer que la madera plástica este por encima del consumo de madera en su estado natural, siendo tanto los polímeros que podemos utilizar y ver que estos pueden ser mezclados con otros tantos para mejorar su calidad mediante los ensayos como el que acabamos de realizar los cuales permiten ver tantas bondades de este producto y lo mejor que pueden ser mejoradas cada vez que se desea sin hacerle tanto daño a la naturaleza vale la pena seguir investigando y aportándole a la mejora de la madera plástica.
- Mirando esta evaluación hacia el futuro es lograr convencer a las distintas partes actoras de fabricación y consumo de la madera plástica que es una muy buena alternativa de remplazo en donde habitualmente se consume y utilizamos madera o acero y esto lo lograremos sometiendo los productos de la madera plástica a pruebas como las de la maquina universal de ensayos , físico y químicos estas pruebas nos permitirán sacar productos bajo estándares de calidad internacional que den confianza y rentabilidad tanto al consumidor como al fabricante y quizás lo más importante ser flexibles con nuestra naturaleza.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

REFERENCIAS

- Han, Z., Wang, Y., Dong, W., & Wang, P. (2014). Enhanced fire retardancy of polyethylene/alumina trihydrate composites by graphene nanoplatelets. *Materials Letters*.
<http://doi.org/10.1016/j.matlet.2014.04.148>
- Leu, S.-Y., Yang, T.-H., Lo, S.-F., & Yang, T.-H. (2012). Optimized material composition to improve the physical and mechanical properties of extruded wood–plastic composites (WPCs). *Construction and Building Materials*, 29, 120–127.
<http://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.09.013>
- Schirp, A., & Su, S. (2016). Effectiveness of pre-treated wood particles and halogen-free flame retardants used in wood-plastic composites. *Polymer Degradation and Stability*, 126, 81–92.
<http://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2016.01.016>
- Sommerhuber, P. F., Wang, T., & Krause, A. (2016). Wood–plastic composites as potential applications of recycled plastics of electronic waste and recycled particleboard. *Journal of Cleaner Production*, 121, 176–185. <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.036>
- Sommerhuber, P. F., Welling, J., & Krause, A. (2015). Substitution potentials of recycled HDPE and wood particles from post-consumer packaging waste in Wood-Plastic Composites. *Waste Management (New York, N.Y.)*, 46, 76–85. <http://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.09.011>

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

APÉNDICE

Los apéndices deben ser nombrados con letras para diferenciarse unos de otros (p. ej: Apéndice A, Apéndice B, etc.). Estos hacen extensiva la información del contenido del trabajo realizado tales como cálculos matemáticos extensos, códigos de programación, etc. El contenido de los apéndices debe permitir a alguien externo al desarrollo del trabajo, llegar a los mismos resultados siguiendo la misma metodología complementada con la información que en este aparte reposa.

Apéndice A

Promedio PP Café		Promedio PP Verde		Promedio PP Verde-Café	
Esfuerzo MPa	Deformación [mm/mm]	Esfuerzo MPa	Deformación [mm/mm]	Esfuerzo MPa	Deformación [mm/mm]
0,193546894	0	0,031280035	0	-0,067215507	0
0,200724879	1,2725E-07	0,031280035	1,2325E-07	-0,067215507	1,28E-07
0,207675046	8,745E-07	0,031280035	8,0625E-07	-0,067215507	9,04E-07
0,207675046	2,4645E-06	0,031280035	2,358E-06	-0,067215507	2,512E-06
0,207675046	4,80975E-06	0,031357169	4,777E-06	-0,067215507	4,864E-06
0,207675046	8,2365E-06	0,031357169	8,327E-06	-0,074324841	0,00008304
0,207675046	1,24815E-05	0,031357169	1,2713E-05	-0,077879507	1,2592E-05
0,207675046	1,73227E-05	0,031357169	1,76983E-05	-0,077879507	1,7472E-05
0,200619582	2,2633E-05	0,031357169	2,31512E-05	-0,077879507	2,2808E-05
0,200619582	2,8246E-05	0,031357169	2,89815E-05	-0,074324841	2,8432E-05
0,200619582	3,40815E-05	0,031357169	3,50577E-05	-0,067215507	3,4272E-05
0,200619582	4,00763E-05	0,031357169	4,12813E-05	-0,067215507	4,032E-05
0,200619582	4,6293E-05	0,031357169	4,77095E-05	-0,067215507	4,6552E-05
0,200619582	5,29947E-05	0,031357169	5,46135E-05	-0,074324841	5,3336E-05
0,200619582	6,00782E-05	0,031357169	6,19192E-05	-0,077879507	6,0504E-05
0,200619582	6,74795E-05	0,031357169	6,95697E-05	-0,085043526	0,000067968
0,200619582	7,51357E-05	0,031357169	7,75075E-05	-0,085043526	0,000075648
0,200619582	8,30303E-05	0,031357169	8,56415E-05	-0,085043526	8,3536E-05
0,200619582	9,10357E-05	0,031357169	9,39065E-05	-0,085043526	9,1592E-05
0,200619582	9,90965E-05	0,031357169	0,000102188	-0,085043526	9,9712E-05
0,200619582	0,000107205	0,031357169	0,000110536	-0,085043526	0,000107864
0,200619582	0,000115362	0,031357169	0,000118974	-0,085043526	0,000116032
0,200619582	0,000123583	0,031357169	0,000127469	-0,085043526	0,000124288

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

0,200619582	0,000131819	0,031357169	0,000135956	-0,085043526	0,000132608
0,186263616	0,000140023	0,024672178	0,000144418	-0,085043526	0,000140928
0,18278853	0,000148235	0,024672178	0,000152897	-0,09209899	0,000149216
0,18278853	0,000156488	0,031357169	0,000161426	-0,09209899	0,000157496

Apéndice B.

Promedio Placa Perfil Café		Promedio Placa Perfil Verde	
Esfuerzo [MPa]	Deformación [mm/mm]	Esfuerzo [MPa]	Deformación [mm/mm]
-0,035841879	0	-0,037319998	0
-0,027491289	6,20937E-08	-0,033686673	1,19656E-07
-0,01079011	5,09625E-07	-0,026420026	8,12906E-07
-0,01079011	1,82684E-06	-0,026420026	2,54872E-06
-0,018078822	4,29741E-06	-0,026420026	5,33181E-06
-0,018078822	8,08444E-06	-0,026420026	9,47178E-06
-0,018078822	1,27215E-05	-0,026420026	1,46047E-05
-0,018078822	1,78962E-05	-0,033025023	2,04027E-05
-0,018078822	2,35578E-05	-0,033025023	2,67589E-05
-0,018078822	2,96022E-05	-0,033025023	3,34695E-05
-0,018078822	3,58476E-05	-0,052665769	4,04762E-05
-0,014434466	4,23264E-05	-0,04539912	4,76478E-05
-0,01079011	4,90697E-05	-0,041765797	5,50335E-05
-0,01079011	5,63223E-05	-0,041765797	6,30447E-05
-0,01079011	6,39566E-05	-0,041765797	7,15416E-05
-0,01079011	7,19081E-05	-0,041765797	8,03712E-05
-0,01079011	8,00827E-05	-0,041765797	8,95434E-05
-0,01079011	8,85431E-05	-0,041765797	9,88925E-05
-0,01079011	9,713E-05	-0,041765797	0,000108406
-0,01079011	0,000105771	-0,041765797	0,000118039
-0,01079011	0,000114412	-0,041765797	0,000127721
-0,01079011	0,000123052	-0,041765797	0,000137464
-0,01079011	0,000131799	-0,041765797	0,000147193
-0,01079011	0,000140619	-0,052665769	0,000156981
-0,01079011	0,000149397	-0,052665769	0,000166768
-0,01079011	0,000158143	-0,052665769	0,00017658
-0,014434466	0,0001669	-0,052665769	0,000186392

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Apéndice C.

Perfil piso café			Perfil piso verde		
Time sec	Force N	Stroke mm	Time sec	Force N	Stroke mm
0	-0,04768372	0	0	0,111262	0
0,01	-0,04768372	6,25E-05	0,01	0,111262	8,33E-05
0,02	-0,03178914	0,000458333	0,02	0,111262	0,0004375
0,03	0	0,001291667	0,03	0,111262	0,00125
0,04	0	0,0025	0,04	0,111262	0,002479167
0,05	0	0,0043125	0,05	0,111262	0,004291667
0,06	0	0,006541667	0,06	0,111262	0,006541667
0,07	-0,04768372	0,009041667	0,07	0,09536743	0,009125
0,08	-0,04768372	0,0118125	0,08	0,07947286	0,01191667
0,09	-0,04768372	0,01475	0,09	0,07947286	0,014875
0,1	-0,03178914	0,01783333	0,1	0,07947286	0,01791667
0,11	0	0,02097917	0,11	0,07947286	0,02102083
0,12	0	0,02422917	0,12	0,07947286	0,02422917
0,13	0	0,02772917	0,13	0,07947286	0,02772917
0,14	0	0,0314375	0,14	0,07947286	0,03147916
0,15	0	0,0353125	0,15	0,07947286	0,035375
0,16	0	0,03935417	0,16	0,07947286	0,039375
0,17	0	0,04352083	0,17	0,07947286	0,04345833
0,18	0	0,04775	0,18	0,07947286	0,047625
0,19	0	0,05195833	0,19	0,07947286	0,05189583
0,2	0	0,0561875	0,2	0,07947286	0,05620833
0,21	0	0,06047917	0,21	0,07947286	0,0605
0,22	0	0,06479166	0,22	0,07947286	0,06477083
0,23	0	0,06910416	0,23	0,07947286	0,0690625
0,24	0	0,073375	0,24	0,07947286	0,07339583
0,25	0	0,0776875	0,25	0,07947286	0,07772917
0,26	0	0,08204167	0,26	0,07947286	0,08202083

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

FIRMA ESTUDIANTES _____

FIRMA ASESOR _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO ___ ACEPTADO ___ ACEPTADO CON MODIFICACIONES ___

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____