



APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS TERMOPLÁSTICOS Y LIGNOCELULOSICOS, PARA LA PRODUCCIÓN LÁMINAS ONDULADAS DE MADERA PLÁSTICA COMO UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE, PARA EL TECHADO DE VIVIENDAS EN EL MUNICIPIO DE QUIBDÓ

Renson Fabricio López Córdoba

**Universidad Tecnológica del Chocó Diego Luis Cordoba
Quibdó, Colombia**

Resumen

El presente artículo fue elaborado con el objetivo de dar a conocer los avances y resultados que se obtuvieron en la etapa número uno (1) y la etapa número dos (2) de la investigación en desarrollo, cumpliendo así con el primer objetivo específico propuesto "Acondicionamiento de materias primas recicladas" y el segundo objetivo específico "Elaborará un diseño experimental tipo Taguchi, para determinar las condiciones óptimas de las materias primas en la formulación para la fabricación de Láminas Ondulada de Madera Plástica a pequeña escala". Después de que se realizaron los procesos de acondicionamiento de las materias primas recicladas se logró remover la suciedad con la que se encontraban los materiales termoplásticos (PP, y PEAD) y también reducir su tamaño a escamas de aproximadamente 5 mm. En cuanto a la reducción de la humedad que contenían las materias primas, se logró identificar que las muestras de aserrín de madera contenían un porcentaje de humedad en peso significativo de 42.5% y la fibra de coco de 25.3%, a diferencia de estos, los materiales termoplásticos presentaron un porcentaje de humedad en peso de 2% a 4.6%.

Por otra parte el diseño de Taguchi basado en el arreglo ortogonal L16 que se elaboró utilizando 4 factores de evaluación (fibra de coco, esteratos de zinc, ácido estérico y pigmento) y 4 niveles que fueron definidos en bases a literatura encontrada sobre los compuestos de madera y plásticos, arrojó 16 formulaciones que serán utilizadas para la elaboración de las probetas requeridas para desarrollar la etapa número tres (3) que consiste en el tercer objetivo específico de la investigación

“Evaluar las propiedades mecánicas (tensión, flexión, e impacto) y físicas (humedad) de las formulaciones que se obtengan”.

Palabras clave: residuos termoplásticos; residuos lignocelulosicos; láminas de madera plástica

Abstract

This article was elaborated with the objective of announcing the progress/advances and results obtained in stage one (1) and stage two (2) of the research on development, thus fulfilling the first specific proposed-objective "Assembly of recycled raw materials" and the second specific objective "Develop an experimental Taguchi type design, to determine the optimum conditions of the raw materials in the formulation for the manufacture of corrugated/wavy sheets made of plastic wood on a small scale." After carrying out the conditioning processes of the recycled raw materials, it was made possible to remove the dirt with which the thermoplastic materials were found (PP, and PEAD) and also reduce their size to scales of approximately 5 mm. Regarding the reduction of the humidity contained in the raw materials, it was possible to identify that the wood sawdust samples contained a significant percentage of moisture by weight of 42.5% and the coconut fiber of 25.3%, Unlike these, the thermoplastic materials had a moisture content by weight from 2% to 4.6%.

On the other hand, Taguchi's design based on the orthogonal arrangement L16 that was elaborated using 4 evaluating factors (coconut fiber, zinc stearates, steric acid and pigment) and 4 levels that were defined on the basis of literature found on wood and plastic compounds, 1/we release 16 formulations that will be used for the preparation of the specimens required to develop stage number three (3) which consists of the third specific objective of the research "Evaluate the mechanical properties (tension, bending, and impact) and physical (humidity) of the formulations that are obtained".

Keywords: thermoplastic wastes; lignocellulose wastes; plastic wood sheets

1. Introducción

En la actualidad a simple vista es posible apreciar la mayor parte de los impactos negativos a los que se encuentran sometido el medio ambiente, debido a la mala gestión de los residuos sólidos. Tan solo es necesario recorrer calles, parques, ríos, mares y demás lugares. Donde hay presencia de actividades humanas, allí habrá presencia de diferentes tipos de residuos sólidos, dentro de los cuales generalmente se tiene la presencia de residuos termoplásticos (botellas, bolsas, envolturas, pitillos, material de embalaje, etc.)

El desarrollo de las poblaciones ha traído consigo la necesidad de tener mejores condiciones de vida, por lo cual, los avances tecnológicos, el descubrimiento e implementación de nuevos materiales son constantes, lo que a llevando a conventico en una sociedad consumista.

A pesar de que vienen surgiendo muchos esfuerzos legales y procesos de concientización que buscan conseguir un desarrollo sostenible que considere sus tres elementos (medio ambiente, la economía y la sociedad), a un existe una gran brecha para que los modelos económicas y actividades productivas y de consumo puedan alcanzarlo.

No obstante, ante los daños que la excesiva generación de residuos está produciendo en el planeta, la sociedad moderna está tomando conciencia, y también dándose cuenta de la necesidad de hacer frente a la creciente escasez de recursos. Dado esto, surge la llamada economía circular como una solución para estos problemas. “La economía circular es un nuevo modelo económico que pretende transformar los patrones de producción y consumo de la sociedad para lograr un sistema productivo sustentable. Se propone reutilizar los bienes que hoy son considerados residuos para lograr un uso más eficiente de los recursos. De esta forma, se pueden convertir los residuos en materias primas que reingresen al sistema productivo para luego generar un nuevo bien.” (Macarthur, 2017)

Dentro de esos bienes, es posible resaltar los productos compuestos de madera plástica conocidos por sus siglas en inglés WPC (Wood Plastic composite), los cuales se ha considerado como una opción viable para el aprovechamiento de residuos termoplásticos y lignocelulosicos en diferentes países. “La madera plástica es un material formado por una matriz termoplástica y un refuerzo de material lignocelulósico, ya sea en fibra o en polvo. Este se caracteriza por presentar mayor durabilidad que la madera natural; es resistente a ambientes salinos y exteriores; se puede trabajar de la misma manera y con las mismas maquinas que la madera natural; y porque es un producto que permite el aprovechamiento de residuos para su elaboración.” (Mariano, 2012)

Esta investigación tiene como objetivo principal plantear una alternativa para el aprovechar los residuos termoplásticos (PP, y PEAD) y lignocelulósicos (aserrín de madera, y fibra de coco) que se generan en el municipio de Quibdó, la cual consiste en elaborar de Láminas Onduladas de Madera Plástica que puedan ser utilizada para el techado de viviendas, ya que las actuales soluciones (Láminas de Zinc Galvanizado) que se están utilizando presentan serios problemas por el fenómeno de corrosión atmosférica.

2. Metodología

2.1 Etapa de acondicionamiento de materias primas recicladas

2.1.1 Materiales termoplásticos (PP, y PEBD)

El tamaño de los residuos termoplásticos se reducirá utilizando un molino a pequeña escala con cuchillas de acero inoxidable con cribas de 5 mm, diseñado por la comunidad internacional Precious Plastic. Posteriormente el material triturado se someterá a dos lavados; uno con una disolución de agua y detergente a temperatura ambiente y otro solo con agua. Finalmente, el material será secado en una estufa a 100°C durante un periodo de 2 horas, para logra la eliminación del mayor contenido de humedad posible.

2.1.2 Materiales lignocelulósicos

El aserrín de madera será obtenido en una ebanistería local y la fibra de coco que será utilizada como agente de acople natural se obtendrá molida en la empresa BIOESPACIO SAS. Posteriormente se procederá a tamizar ambos materiales. Luego de tamizados los materiales serán secados en una estufa a 100°C durante un periodo de 2 horas, para reducir su contenido de humedad.

- 2.2** Elaborará un diseño experimental tipo Taguchi, para determinar las condiciones óptimas de las materias primas en la formulación para la fabricación de Láminas Ondulada de Madera Plástica a pequeña escala.

Con el fin de obtener la formulación más acertada, se elaborará un diseño experimental] basado en el método Taguchi apoyado en un arreglo ortogonal, para determinar los efectos de los factores (materias primas y aditivos) y las condiciones óptimas de dichos factores. “La técnica Taguchi ayuda a estudiar todos estos factores de forma simultánea de acuerdo a una matriz ortogonal apropiada dependiendo del número de factores y sus niveles”. (Dzul, 2015) El diseño se apoyará en 4 factores (materias primas y aditivos) y en 4 niveles de uso (cantidad en %), cada uno se utilizará en el número de condiciones que arroje el diseño ortogonal, para las muestras experimental.

3. Desarrollo de la metodología

3.1 Etapa de acondicionamiento de materias primas recicladas

3.1.1 Materiales termoplásticos (PP, y PEAD)

Los materiales termoplásticos (PP, y PEAD) se acondicionaron de la forma en que se planteó en el numeral 2.1.1, primeramente, fueron triturados a un tamaño de aproximadamente 5 mm ; seguidamente el material fue introducido en un recipiente con tapa en una disolución de detergente y agua y agitado durante 5 minutos de forma manual, del mismo modo se realizó un segundo lavado al material utilizando solo agua; finalmente el material fue secado durante 2 horas en una estufa de referencias Memmert 854 schwabacb, para reducir la humedad.

APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS TERMOPLÁSTICOS Y LIGNOCELULÓSICOS, PARA LA PRODUCCIÓN LÁMINAS ONDULADAS DE MADERA PLÁSTICA COMO UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE, PARA EL TECHADO DE VIVIENDAS EN EL MUNICIPIO DE QUIBDÓ

Ilustración 2. PP acondicionado



Ilustración 1. PEAD acondicionado



Fuente: Propia **Fuente:** Propia

3.1.2 Materiales lignocelulósicos

Los materiales lignocelulosicos (aserrín y fibra de coco) como se describe en el numeral 2.1.2 fueron obtenidos, el aserrín en una ebanistería local y la fibra de coco en la empresa BIOESPACIO SAS, ambos materiales se tamizaron utilizando mallas de 0.85mm y se secaron durante 2 horas en una estufa de referencias Memmert 854 schwabacb para eliminar el exceso de humedad.

Ilustración 4. *Aserrín de madera acondicionado*



Ilustración 3. *Fibra de coco acondicionada*



Fuente: Propia **Fuente:** Propia

3.2 Análisis del porcentaje de humedad en peso de las materias primas acondicionadas

A las 4 materia primas recicladas se les calculo el porcentaje en peso de la humedad reducida luego del proceso de secado utilizando las siguientes ecuaciones:

Ecuaciones:

$$C = A + B ; E = D - B ; F = A - E ; \% \text{ Hp} = \frac{F \cdot 100}{A}$$

Donde:

A = Peso de la muestra húmeda; B = Peso del crisol; C = Peso del crisol + muestra húmeda; D = Peso de crisol + muestra seca; E = Peso de muestra seca; F= Peso reducido; %Hp = Porcentaje de humedad en peso reducida.

3.3 Elaborará un diseño experimental tipo Taguchi, para determinar las condiciones óptimas de las materias primas en la formulación para la fabricación de Láminas Ondulada de Madera Plástica a pequeña escala.

En esta etapa se elaboró un diseño experimental similar al elaborado por Adriana Maria Dzul Ek basado en el método Taguchi apoyado en arreglo ortogonal L16, para determinar los efectos de los factores (materias primas y aditivos) y las condiciones óptimas de dichos factores. El diseño fue elaborado en el software estadístico Minitab 2017, para ello se tuvieron en cuenta 4 factores (materias primas y aditivos) y en 4 niveles de uso (cantidad en %).

Los niveles de los factores seleccionados fueron definidos en base a literatura encontrada sobre la formulación para compuestos de madera plásticas (Wood plastic composites por sus siglas en inglés (WPC) de la siguiente forma: se empleó una matriz termoplásticas conformada por “70% PP y 30% PEAD” (Córdoba, Mera, Martínez & Rodríguez, 2010) y el % dentro del peso de la formulación varió según el porcentaje que ocuparon los aditivos ; la cantidad de fibra de refuerzo (aserrín de madera) se estableció en 40 % en peso de la formulación promediando los valores recomendados en estudios ya realizado por (Gonz, 2015); (Lisperguer, Bustos, Saravia, Escobar, y Venegas , 2013); y (Dzul Ek, 2015),este variara según la presencia de fibra de coco; los niveles de fibra de coco y lubricantes (esterato de zinc y ácido esterioco) se establecieron en base a la investigación realizada por (Dzul Ek, 2015) y para dar tonalidad al material se asignó el valor de 0 a 2% de pigmento color rojo a criterio propio.

Tabla 1. Factores y niveles

Descripción	Factor	Nivel 1 (%)	Nivel 2 (%)	Nivel 3 (%)	Nivel 4 (%)
Fibra de coco	A	0	2,5	5	7,5
Esterato de zinc	B	0	1,0	2,5	4,0
Ácido estérico	C	0	1,0	2,0	3,0
Pigmento	D	0	1,0	1,5	2,0

Fuente: Propia, utilizando Excel 2016

Resultados

Las tablas 2 es la correspondiente memoria de cálculos del porcentaje de humedad en peso que se redujo a las materias primas termoplásticas (PP, y PEAD) y lignocelulósicas (aserrín de madera, y fibra de coco) luego del proceso de secado a 100°C durante el periodo de 2 horas.

APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS TERMOPLÁSTICOS Y LIGNOCELULOSICOS, PARA LA PRODUCCIÓN LÁMINAS ONDULADAS DE MADERA PLÁSTICA COMO UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE, PARA EL TECHADO DE VIVIENDAS EN EL MUNICIPIO DE QUIBDÓ

Tabla 2. Porcentaje de humedad en peso reducida a las materias primas

% DE HUMEDAD EN PESO REDUCIDA AL ASERRÍN						
A	B	C	D	E	F	%Hp
Muestra húmeda (g)	Crisol (g)	Muestra húmeda + crisol (g)	Muestra seca +crisol (g)	Muestra seca (g)	Peso reducido (g)	% humedad en peso reducida
5	76,162	81,162	79,039	2,877	2,123	42,5
% DE HUMEDAD EN PESO REDUCIDA A LA FIBRA DE COCO						
Muestra húmeda (g)	Crisol (g)	Muestra húmeda + crisol	Muestra seca +crisol	Muestra seca (g)	Peso reducido (g)	% humedad en peso reducida
5	78,843	83,843	82,577	3,734	1,266	25,3
% DE HUMEDAD EN PESO REDUCIDA AL PP						
Muestra húmeda (g)	Crisol (g)	Muestra húmeda + crisol (g)	Muestra seca +crisol (g)	Muestra seca (g)	Peso reducido (g)	% humedad en peso reducida
5	81,465	86,465	86,366	4,901	0,099	2,0
% DE HUMEDAD EN PESO REDUCIDA AL PEAD						
Muestra húmeda (g)	Crisol (g)	Muestra húmeda + crisol (g)	Muestra seca +crisol (g)	Muestra seca (g)	Peso reducido (g)	% humedad en peso reducida
5	74,855	79,855	79,623	4,768	0,232	4,6

Fuente: Propia, utilizando Excel 2016

En la tabla 3 se aprecia el diseño de experimentos de acuerdo a un arreglo ortogonal L16 aquí se muestra el porcentaje que ocuparan los aditivos en las diferentes formulaciones, y en la tabla 4 se muestran las 16 formulaciones para los experimentos, con los valores que corresponden a los aditivos, los valores de la matriz termoplástica (PP, y PEAD) y del refuerzo (aserrín de madera), los cuales hacen parte del 100% de las mezclas.

Tabla 3. Diseño de experimentos de acuerdo a un arreglo ortogonal L 16

N°	VALORES CODIFICADOS				VALORES NO CODIFICADOS %			
	A	B	C	D	A (Fibra de coco)	B (Esterato de Zinc)	C (Ácido Estérico)	D (Pigmento)
1	1	1	1	1	0	0	0	0
2	1	2	2	2	0	1.0	1.0	1.0
3	1	3	3	3	0	2.5	2.0	1.5
4	1	4	4	4	0	4.0	3.0	2.0
5	2	1	2	3	2.5	0	1.0	1.5
6	2	2	1	4	2.5	1.0	0	2.0
7	2	3	4	1	2.5	2.5	3.0	0
8	2	4	3	2	2.5	4.0	2.0	1.0
9	3	1	3	4	5.0	0	2.0	2.0
10	3	2	4	3	5.0	1.0	3.0	1.5
11	3	3	1	2	5.0	2.5	0	1.0
12	3	4	2	1	5.0	4.0	1.0	0

APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS TERMOPLÁSTICOS Y LIGNOCELULOSICOS, PARA LA PRODUCCIÓN LÁMINAS ONDULADAS DE MADERA PLÁSTICA COMO UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE, PARA EL TECHADO DE VIVIENDAS EN EL MUNICIPIO DE QUIBDÓ

13	4	1	4	2	7.5	0	3.0	1.0
14	4	2	3	1	7.5	1.0	2.0	0
15	4	3	2	4	7.5	2.5	1.0	2.0
16	4	4	1	3	7.5	4.0	0	1.5

Fuente: Propia, utilizando software Minitad 2017

Tabla 4.

ADITIVOS %				MATERIAS PRIMAS %	
Fibra de coco	Esterato de Zinc	Ácido estérico	Pigmento	PP-PEAD	Aserrín
0	0	0	0	60	40
0	1.0	1.0	1.0	57	40
0	2.5	2.0	1.5	53	40
0	4.0	3.0	2.0	51	40
2.5	0	1.0	1.5	57,5	37,5
2.5	1.0	0	2.0	57	37,5
2.5	2.5	3.0	0	54,5	37,5
2.5	4.0	2.0	1.0	53	37,5
5.0	0	2.0	2.0	56	35
5.0	1.0	3.0	1.5	54,5	35
5.0	2.5	0	1.0	56,5	35
5.0	4.0	1.0	0	55	35
7.5	0	3.0	1.0	56	32,5
7.5	1.0	2.0	0	57	32,5
7.5	2.5	1.0	2.0	54,5	32,5
7.5	4.0	0	1.5	54,5	32,5

Formulaciones de los experimentos

Fuente: Propia, utilizando Excel 2016

Conclusiones

- Se concluye que los materiales lignocelulosicos (aserrín de madera y fibra de coco) tienden a almacenar mayor contenido de humedad que los materiales termoplásticos (PP, y PEAD), por tal razón se hace necesario que previo a su aplicación en formulaciones para la elaboración de Compuestos de Madera Plástica la aplicación se realicen acciones para reducir exceso de humedad que estos almacenan hasta valores recomendados (5%).
- El diseño experimental basado en el método de Taguchi permite obtener diferentes formulaciones conformadas por los distintos niveles asignados a cada factor, lo que permite analizar diversas situaciones partiendo desde la implementación de formulaciones sin presencia de aditivos, hasta obtener mezclas en varias proporciones de aditivos y materias primas.

5. Referencias

Artículos de revista y Tesis

- Córdoba, C., Mera, J., Martínez, D., & Rodríguez, J. (2010). Aprovechamiento de polipropileno y polietileno de alta densidad, reforzados con fibra vegetal, Tetera (Stromanthe Stromathoides). Revista Iberoamericana de Polímeros.
- Dzul, Ek. (2015). Efecto de un Agente de Acoplamiento Natural Sobre las Propiedades Mecánicas de un Material Compuesto Polipropileno/Henequén.
- Gonz, Y. (2015). Propiedades mecánicas de un compuesto polimérico hecho de polietileno de baja densidad reciclado y reforzado con fibras de madera natural.
- Lisperguer, J., Bustos, X., Saravia, Y., Escobar, C., Venegas, H. 2013. Efectos de las características de la harina de madera en las propiedades físico-mecánicas y térmicas del polipropileno reciclado. Revista Maderas Ciencia y Tecnología 2013 Vol.15 No.3.
- Martínez, L., Benigno, P., y Martínez, R. (2018). Propiedades ignífugas de tableros de madera plástica producidos con diferentes especies forestales y termoplásticos reciclados. Madera y Bosque 2018 Vol. 24.

Informes

- Macarthur, E., & Espinales, P. (2017). Informe sobre Economía Circular, 2–3.

Fuentes electrónicas

- Mariano. (20 de 9 de 2012). Tecnología de los Plásticos. Obtenido en enero de 2019 en <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/09/compuestos-de-madera-y-plastico.html>

Sobre los autores

- **Renson Fabricio López Córdoba** Estudiante de IX semestre del programa de Ingeniería Ambiental de la Universidad Tecnológica del Chocó "Diego Luis Cordoba". el.refa@hotmail.com

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2019 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)