

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción

“Diseño de tableros aglomerados sostenibles a base de residuos agroindustriales y una resina libre de químicos tóxicos”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniera en Materiales

Presentado por:

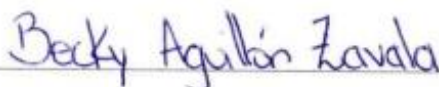
Becky Nicole Aguillón Zavala

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2022

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Becky Nicole Aguillón Zavala y doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Becky Nicole Aguillón Zavala

EVALUADORES

.....
Jonathan Reyes O., M Phil.
PROFESOR DE LA MATERIA

.....
Andrés Rigail C., Ph. D.
PROFESOR TUTOR

RESUMEN

Las industrias del sector productivo del Ecuador representan un grupo importante de participación para la economía. Su funcionamiento genera residuos que, debido a su composición y posibilidad de procesamiento, se convierten en un material de interés para ser revalorizado como materia prima en la elaboración de bioproductos. Por tal razón, el presente proyecto integrador tiene por objetivo el diseño de tableros aglomerados sostenibles a base de residuos agroindustriales y una resina libre de químicos tóxicos.

Para el efecto, se realizó la evaluación experimental a muestras con 4 distintas proporciones: 100 % resina, 70 % resina y 30 % afrecho, 60 % resina y 40 % afrecho y la última 50 % resina y 50 % afrecho.

Se determinó que esta última fue la más resistente a cargas de flexión y la que presentó mayor estabilidad térmica, siendo factible para el diseño. Además, el tablero a base de afrecho superó en rigidez, resistencia y dureza al producto comercial. Por último, se realizaron los cálculos para determinar su precio y se obtuvo que era económicamente viable ya que el precio de venta es alrededor de solo \$5 superior a un tablero de similares características disponible en el mercado actual.

Por lo tanto, el tablero elaborado a base de afrecho de cebada demuestra tener un alto potencial para competir en el mercado por su precio de venta y sus propiedades mecánicas, considerando además que se está dando valor a un residuo que actualmente es desperdiciado.

Palabras Clave: Residuos, agroindustria, afrecho, propiedades, economía

ABSTRACT

The industries of the productive sector of Ecuador represent an important group of participation for the economy. Its operation generates waste that, due to its composition and possibility of processing, constitutes a material of interest to be revalued as a raw material in the manufacture of bioproducts. For this reason, the objective of this project is to design sustainable chipboards based on agro-industrial waste and a resin free of toxic chemicals.

For this purpose, the experimental evaluation was carried out on samples with 4 different proportions: 100% resin, 70% resin and 30% bran, 60% resin and 40% bran and the last 50% resin and 50% bran.

The last one was the most resistant to bending loads and the one that presented the greatest thermal stability, being feasible for the design. It was obtained that the bran-based board exceeded the commercial product in rigidity, resistance, and hardness. The calculations were made to determine its price and the product demonstrated to be economically viable since the sale price is only around \$5 higher than a board with similar characteristics available in the current market.

Therefore, the board made from barley bran proves to have a high potential to compete in the market due to its sale price and its mechanical properties, also considering that value is being given to a residue that is currently wasted.

Keywords: *Waste, agro-industry, open air, properties, economy.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	V
SIMBOLOGÍA.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
CAPÍTULO 1.....	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Descripción del problema.....	1
1.2 Justificación del problema	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo General	2
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Marco teórico	3
1.4.1 Tableros de partículas.....	3
1.4.2 Adhesivos para tableros aglomerados	3
1.4.3 Tableros aglomerados a base de residuos agroindustriales	5
CAPÍTULO 2.....	6
2. METODOLOGÍA	6
2.1 Diseño conceptual.....	7
2.1.1 Requerimientos y restricciones de diseño.....	7
2.1.2 Factores de influencia	8
2.1.3 Alternativas de diseño.....	10
2.2 Materiales.....	12

2.3 Procedimiento experimental.....	15
2.3.1 Preparación de la resina	15
2.3.2 Preparación de la mezcla resina-agrodesecho	16
2.3.3 Preparación de las probetas	17
2.4 Pruebas mecánicas.....	18
2.4.1 Dureza Shore D	18
2.4.2 Flexión simple de 3 puntos	19
2.5 Análisis termogravimétrico (TGA)	19
2.6 Análisis de hidrofobicidad.....	19
CAPÍTULO 3.....	20
3. RESULTADOS Y ANÁLISIS	20
3.1 Ensayos mecánicos	20
3.1.1 Ensayo de flexión.....	20
3.1.2 Ensayo de dureza	24
3.2 Prueba de hidrofobicidad	25
3.3 Análisis termogravimétrico (TGA)	26
3.4 Análisis económico	30
3.4.1 Viabilidad económica del proyecto.....	32
CAPÍTULO 4.....	34
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	34
4.1 Conclusiones.....	34
4.2 Recomendaciones	34
BIBLIOGRAFÍA	
APÉNDICES	

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
UF	Urea Formaldehido
TGA	Termogravimetría
ASTM	Sociedad Americana para Pruebas y Materias
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
mg	Miligramos
mm	Milímetros
min	Minuto
seg	Segundo
Pérd.	Pérdida
Temp	Temperatura
Vol	Volumen
TIR	Tasa Interna de Retorno
VAN	Valor Actual Neto

SIMBOLOGÍA

kg	kilogramo
MPa	Mega Pascales
ksi	kilo por pulgadas cuadradas
kgf	kilogramo fuerza
mm/min	milímetros por minutos

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Diagrama de metodología de diseño.....	7
Figura 2.2 Estructura química del Sorbitol Glycidyl Ether [33].....	14
Figura 2.3 Estructura química del Epikure T-403 [33]	14
Figura 2.4 Preparación de la resina.....	15
Figura 2.5 Reacciones epoxi-amina [35]	16
Figura 2.6 Preparación de la mezcla resina-agrodesecho	17
Figura 2.7 Proceso de prensado	18
Figura 3.1 Curva esfuerzo vs deformación de la proporción A	21
Figura 3.2 Curva esfuerzo vs deformación de la proporción B	22
Figura 3.3 Curva esfuerzo vs deformación de la proporción C.....	23
Figura 3.4 Curva esfuerzo vs deformación de la proporción D.....	23
Figura 3.5 Gráfica de ensayo TGA para la muestra A.....	27
Figura 3.6 Gráfica de ensayo TGA para la muestra B.....	28
Figura 3.7 Gráfica de ensayo TGA para la muestra C.....	29
Figura 3.8 Gráfica de ensayo TGA para la muestra D.....	29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Requerimientos de diseño	8
Tabla 2.2 Factores de influencia.....	8
Tabla 2.3 Ponderación de criterios de selección del material orgánico	9
Tabla 2.4 Matriz de decisión para la selección del residuo agroindustrial	12
Tabla 2.5 Composición del afrecho, proporcionado por una empresa de producción de cerveza.....	13
Tabla 2.6 Proporciones resina y afrecho de cebada	17
Tabla 3.1 Proporciones de las muestras ¹	20
Tabla 3.2 Resultados de ensayo de flexión.....	21
Tabla 3.3 Propiedades mecánicas de flexión de los tableros comerciales [37]	24
Tabla 3.4 Resultados del ensayo de Dureza Shore D.....	25
Tabla 3.5 Resultados de ángulos de contacto.....	26
Tabla 3.6 Detalle de las temperaturas de degradación de las muestras	26
Tabla 3.7 Panel aglomerado.....	30
Tabla 3.8 Cantidad de materia prima y precio por unidad	31
Tabla 3.9 Costo total de producción por unidad y precio de venta.	32
Tabla 3.10 Viabilidad económica.....	33
Tabla 3.11 Indicadores Financieros.....	33

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, en Ecuador no se registra un aprovechamiento eficiente de los residuos generados en procesos agroindustriales debido, principalmente, a que se desconoce su valor y a la no disposición de tecnología adecuada para el desarrollo de nuevos materiales. Se estima que en Ecuador, anualmente, la agroindustria genera cerca de 2.200 millones de kilogramos de residuos, los cuales, en su mayoría son destinados para relleno sanitario [1]. Esto aumenta el riesgo de accidentes y desastres por explosiones debido a la acumulación de gas metano, que se da, generalmente, por la descomposición natural o putrefacción de los desechos sólidos [2]. Debido a esto es una necesidad, la incorporación de los agrodesechos provenientes de otros sistemas productivos en nuevas líneas de producción para la obtención de materiales ecoeficientes que alcancen competitividad en el mercado nacional.

De este modo, se plantea diseñar tableros aglomerados sostenibles a base de residuos agroindustriales, con la intención de promover la economía circular, reprocesando materiales que han salido de su proceso de producción y así disminuir la contaminación ambiental generada por una parte del sector industrial del país.

1.1 Descripción del problema

Según la FAO, Ecuador es uno de los países con mayor tasa de deforestación de Latinoamérica, en comparación con su tamaño. Desde hace casi 3 décadas, el país perdió más de 2 millones de hectáreas de bosque tropical. Una de sus principales causas es la industria de productos maderables, como la de tableros aglomerados [3].

Un tablero aglomerado se fabrica a base de partículas de madera y un adhesivo sintético para unirlos. Este último contiene urea formaldehído en su composición, una sustancia a base de petróleo, cuyo uso se identifica como peligroso por su alto grado de toxicidad. Incluso, el Departamento de Salud y Servicios Humanos de Estados Unidos lo determinó como cancerígeno en seres humanos, siendo muy nociva para la salud tanto de quienes intervienen en su proceso de

fabricación como de quienes la utilizan [4].

1.2 Justificación del problema

Desde mediados del siglo pasado, los tableros aglomerados se han fabricado con la intención de ofrecer alternativas al aprovechamiento de residuos producidos por la actividad maderera [5]. Sin embargo, la alta demanda de estos productos ha impulsado a las empresas en esta industria a recurrir a la tala de árboles para su producción. Lamentablemente, esto no se alinea con la necesidad de proteger y promover el uso sostenible de los bosques, lo cual restringe el uso de este recurso. Por tal motivo, se necesita acudir a la búsqueda de materia prima alternativa. Además, también es necesario estudiar alternativas para el reemplazo del aglutinante que contiene urea formaldehído en su composición [6].

En busca de promover la industrialización inclusiva y sostenible, fomentando la innovación, este estudio tiene como objetivo reemplazar las resinas convencionales por una alternativa libre de formaldehído y los derivados de la madera, sustituirlos por materiales provenientes de recursos renovables, generando una propuesta de composición alternativa en la elaboración de tableros aglomerados.

1.3 Objetivos

A continuación, se describen el objetivo general y los objetivos específicos del presente proyecto.

1.3.1 Objetivo General

Evaluar la factibilidad de los residuos agroindustriales como sustitutos de la madera en la elaboración de tableros aglomerados de partículas para la obtención de nuevos materiales ecoeficientes, que igualen o superen las propiedades mecánicas, térmicas y superficiales de los tableros aglomerados comerciales.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Seleccionar el mejor agrodesecho mediante una matriz de decisión en base a sus principales características y propiedades para reemplazar el uso de las partículas de aserrín.
- Determinar la proporción agrodesecho-resina óptimo para la obtención de un aglomerado que alcance competitividad en el mercado local en relación con los tableros comunes.
- Determinar las propiedades mecánicas, térmicas y superficiales de las muestras mediante ensayo de flexión, dureza shore D, termogravimetría (TGA) y una prueba de hidrofobicidad para su comparación con productos disponibles en el mercado.

1.4 Marco teórico

En esta sección se presentan las consideraciones teóricas e investigaciones previas sobre composiciones alternativas para la fabricación de tableros aglomerados.

1.4.1 Tableros de partículas

Son productos elaborados a base de partículas de madera como aserrín o partículas de menor tamaño, aglomeradas con diferentes tipos de adhesivos a altas temperaturas y presiones [7]. Dependiendo del tamaño de las partículas, la orientación y disposición de estas, los tableros pueden tener una nueva clasificación. Como aglutinantes, se emplean resinas sintéticas o naturales, siendo las sintéticas las más usadas debido a las propiedades físico-mecánicas que le brindan a los tableros [8].

1.4.2 Adhesivos para tableros aglomerados

Los adhesivos naturales tomaron gran importancia hace mucho tiempo, sin embargo, estos fueron desplazados por los productos derivados del petróleo debido a que empezaron a dominar el mercado con costos más convenientes, además de presentar una mayor resistencia a la humedad y mayor adherencia [9]. A partir de ese momento, en la producción de los tableros aglomerados se han utilizado tradicionalmente adhesivos a base de formaldehído.

- **Adhesivos sintéticos**

Algunos ejemplos son melamina-formaldehído (MF), urea-formaldehído (UF) y fenol-formaldehído [10]. Se usan esencialmente por las propiedades químicas que presentan ya que, al entrar en contacto con materiales a base de madera, les brindan a estos una disminución en la afinidad por el agua [11].

A pesar de las ventajas de los adhesivos a base de formaldehído, estos compuestos afrontan grandes problemáticas: la polución y un efecto negativo para el medio ambiente y la salud de los consumidores [10]. Es aquí donde la formulación de adhesivos basados en fuentes renovables libres de formaldehído se ha convertido en un tema de gran interés a nivel mundial [11]. Por esta razón, en los últimos años se ha venido recuperando el uso de adhesivos naturales para la aglomeración de tableros.

- **Adhesivos naturales**

Algunos ejemplos son la cola animal, caseína, lignina y proteínas, debido a su bajo impacto ambiental y bajo costo de producción [12]. Como los tableros aglomerados elaborados con adhesivos naturales presentan una resistencia mecánica inferior que los tableros fabricados con resinas sintéticas, en los últimos años se han venido buscando alternativas para obtener adhesivos con buenas propiedades de adhesión que puedan competir con los productos comerciales [13]. Con la finalidad de mejorar las características que aportan los adhesivos naturales a los tableros aglomerados, sus características deben ser modificadas; para esto se recurre a la adición de diferentes componentes químicos, algunos sintéticos y otros de fuentes naturales, los cuales permiten mejorar las propiedades físico-mecánicas de los tableros [14] y optimizar parámetros de producción tales como tiempo, presión y temperatura de prensado [15].

1.4.3 Tableros aglomerados a base de residuos agroindustriales

En Brasil se efectuó un estudio sobre el uso potencial de la fibra de coco como material de relleno para producir tableros de partículas, utilizando adhesivo de poliuretano a base de aceite de ricino y urea-formaldehído. Cabe mencionar, que este país es el mayor exportador de coco de Latinoamérica y se sitúa en el cuarto puesto a nivel mundial, por ello la cantidad de este residuo en Brasil es muy abundante [16]. Por otro lado, la calidad del producto fue evaluada de acuerdo con la norma brasilera NBR 14.810:2006. A partir de los resultados, hubo un aumento del módulo de elasticidad de paneles de fibra de coco con paneles de resina de poliuretano en comparación con fibra de coco y resina de urea-formaldehído. Uno de los objetivos planteados en este estudio fue disminuir el grado de toxicidad del adhesivo sintético usando aceite de ricino en su composición, sin embargo, el adhesivo aún conservaba cierto grado de toxicidad debido a la presencia de urea-formaldehído en su formulación [17].

Por otro lado, en Argentina se documentó la fabricación de aglomerados a base de cascarillas de arroz con adhesivos basados en proteína de soja y su comparación con adhesivos formaldehídicos [18]. También se realizó un análisis comparativo entre aglomerados basados en cascarillas de arroz y aserrín de eucalipto, utilizando como aglutinante una resina formaldehídica comercial [19]. En el primer caso se concluyó que el aglomerado de cascarilla de arroz con adhesivo de proteína de soja presentó mejores propiedades mecánicas y físicas que con adhesivos formaldehídicos. Sin embargo, no alcanzó las propiedades de absorción e hinchamiento recomendadas. En el segundo caso se concluyó que las propiedades del aglomerado a base de cascarilla de arroz fueron mejores que el de virutas de madera.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

Para el diseño de los tableros aglomerados se empleó un diagrama de metodología para encontrar los requisitos de diseño y los factores de influencia a través de la comparación de cada uno de ellos, con el fin de determinar su orden de importancia. Luego, se eligió la mejor alternativa de diseño en base a los atributos.

Para el análisis experimental, se elaboraron muestras de resina con agrodesecho, para ello se definieron 3 proporciones de prueba a analizar: muestras con (50% - 50%), (60% - 40%) y (70% - 30%) de resina y residuo, respectivamente y una muestra control elaborada con 100% resina. Posteriormente, se realizó la evaluación mecánica de las probetas mediante ensayos mecánicos de flexión simple de 3 puntos y dureza shore D, una prueba de hidrofobicidad y un análisis térmico mediante Termogravimetría (TGA) (ver Figura).

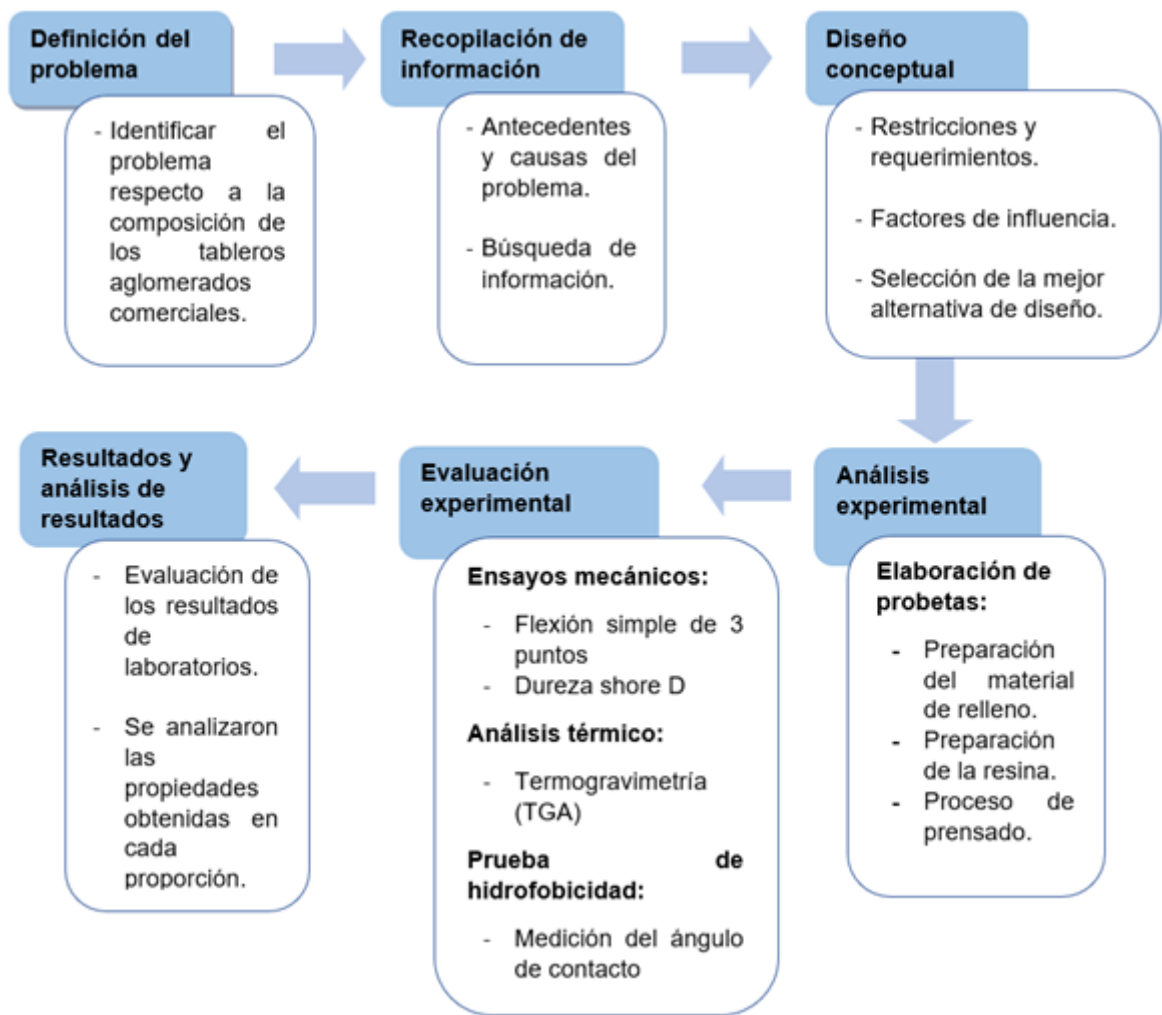


Figura 2.1 Diagrama de metodología de diseño

2.1 Diseño conceptual

En esta sección se definen los requerimientos, restricciones de diseño, factores de influencia y alternativas de diseño.

2.1.1 Requerimientos y restricciones de diseño

Con base a los objetivos previamente establecidos del proyecto, se requiere que el material de relleno presente propiedades similares a la madera y la resina no contenga químicos tóxicos en su formulación. La mezcla de resina con residuo debe tener los atributos adecuados para su procesamiento por medio del proceso de prensado. Para garantizar la seguridad de estos materiales en su uso como tableros aglomerados, se deben cumplir con los valores de flexión y dureza dados por el código NTE INEN 3110, en el cual se tratan las cargas debido al propio peso, las cargas variables y sus combinaciones (ver Tabla 2.1).

Tabla 2.1 Requerimientos de diseño

Requerimiento	Objetivos de diseño
Materia prima	Producto elaborado a partir de residuos agroindustriales.
Proceso de manufactura	Elaboración de tableros aglomerados mediante un proceso de termo-prensado
Carga	Estructura que soporta al menos una carga de 19,85 N
Normativa	Cumplir con la normativa NTE INEN 3110 para tableros particulados.

2.1.2 Factores de influencia

Los factores de diseño que tienen mayor influencia en la elaboración del modelo de los tableros particulados, de acuerdo con la normativa NTE INEN 3110 fueron los que se muestran en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Factores de influencia

Factores	Justificación
Procesabilidad	La facilidad de procesar el material dependerá de los parámetros de procesamiento (temperatura y presión) y el consumo energético que se necesita para prensar.
Densidad aparente	Se requiere el material con la menor densidad aparente para reducir el peso total del producto final.
Resistencia	Se necesita que el material soporte las mismas cargas o superiores a los tableros aglomerados comerciales.
Humedad	El porcentaje de humedad en el material orgánico se verá reflejado en la calidad del producto final y la alteración de sus propiedades.
Costo de producción	Se analizará el costo de la materia prima a utilizar dependiendo la proporción resina agrodesecho seleccionada.

Se estudió la ponderación de los factores de influencia más importantes para el criterio de selección y los resultados se muestran en la Tabla 2.3

Tabla 2.3 Ponderación de criterios de selección del material orgánico

Criterio	Resistencia	Procesabilidad	Humedad	Peso	Costo de producción	$\Sigma+1$	Ponderación
Resistencia		1	1	1	1	5	0,33
Procesabilidad	0		1	1	1	4	0,27
Humedad	0	0		1	1	3	0,20
Peso	0	0	0		1	2	0,13
Costo de producción	0	0	0	0		1	0,07
Suma						15	1

De la Tabla 2.3 , se determinó el orden de importancia de los atributos estudiados, de acuerdo con la norma NTE INEN 3110. Siendo la más importante la resistencia, por ser una propiedad mecánica cuyo valor depende de la composición química del material, específicamente del contenido de lignina y celulosa presente en su composición (mientras mayor sea el contenido de estos componentes, mayor será la resistencia del material). Esto garantiza su utilidad como material de relleno en tableros aglomerados.

Seguido se encuentra la procesabilidad, misma que determina la factibilidad de usar un material en el proceso de elaboración de un producto y es regido por la temperatura de combustión; mientras mayor sea la temperatura de combustión, más factible sería usar dicho material, puesto que su procesamiento no demandaría un elevado control. Luego, se tiene la humedad, un atributo negativo ya que, su presencia en la composición disminuye las propiedades y la calidad del producto final. Posteriormente, está el peso, que se calculó en base a la

densidad del material. El mejor residuo será aquel que tenga una menor densidad aparente porque se necesita que el producto final sea ligero. Por último, se tiene el costo de producción, para lo cual se consideró el precio por kg de cada residuo.

2.1.3 Alternativas de diseño

Como alternativas de diseño para la selección del material de relleno del tablero aglomerado, se consideraron las siguientes alternativas:

a) Alternativa 1: Afrecho de cebada

El afrecho de cebada, o también llamado bagazo de cebada, es un subproducto del proceso de fabricación de cerveza, considerado como un residuo agroindustrial. La producción de cebada más grande proviene de Europa, con al menos 90 millones de toneladas anuales [20]. En Ecuador se producen aproximadamente 24.000 toneladas anuales y alrededor del 20% de la producción corresponde al residuo agrícola lignocelulósico. Dentro de su composición se encuentra el fósforo (P), calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K). Es considerado como un material altamente húmedo, con 78% de humedad al salir del macerador [20]. Actualmente es comercializado como alimento para el ganado vacuno con un precio de \$0,11 el kilogramo. Su temperatura de combustión es de 200°C, por lo que en la procesabilidad se tiene que controlar que este no combustione o que no se quemé. El porcentaje de lignina es del 22% y de celulosa es del 39%, lo que representa una alta resistencia [21]. Además, la densidad aparente del material seco es de 190 kg/m³ [20].

b) Alternativa 2: Residuo de café molido

En general, en la agroindustria del café solamente se utiliza el 9,50% del peso total del fruto en la preparación de bebidas y el 90,50% son subproductos vertidos a los cuerpos de aguas, contaminándolas y disminuyendo la posibilidad de vida de los ecosistemas [22]. Se ha intentado aplicar métodos de utilización como materia prima en la producción de concentrados para las industrias porcícolas y ganaderas, en preparación de proteínas, abonos, bebidas, vinagre, biogás, cafeína, entre otros [23]. Su

temperatura de combustión está cerca de los 185°C, por lo que su procesabilidad debe ser controlada para que no se queme [24]. Posee mucha humedad, aproximadamente el 85% del contenido es agua, con un porcentaje de lignina y celulosa del 23,90 y 12,40% respectivamente [25]. Este subproducto se puede obtener de forma gratuita como desecho de los hogares, universidades y cafeterías [22]. Sin embargo, para poder utilizar el residuo de café molido como material de relleno, es necesario reducir el tamaño de grano y secar el café, lo que representa implementar procesos de operación en la elaboración del tablero aglomerado, generando un alto costo del producto final [23]. Además, este residuo posee una densidad aparente de 715 kg/m³ [26].

c) Alternativa 3: Cascarilla de arroz

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO), al menos el 22% de la producción total de arroz corresponde a la cascarilla, cerca de 103.200 millones de toneladas de este agrodesecho se utiliza en productos agrícolas, alimento para el ganado y en algunos lugares se quema como fuente de combustible [27]. Este residuo mantiene una temperatura de combustión cerca de los 800°C, lo que facilita su procesabilidad al momento de prensarlo. Tiene una densidad aparente de 630 kg/m³ [28]. La mayor parte de los elementos presentes en su composición son volátiles, además contiene al menos el 15% de humedad dentro del material [29]. Su precio varía alrededor de \$0,33 el kilogramo. En cuanto a su resistencia, la cascarilla tiene entre 9% de lignina y 28% de celulosa [30].

Luego de establecer las alternativas de diseño con base al material de relleno, se procedió a comparar cada una con los factores de influencia para escoger la mejor alternativa (Tabla 2.4).

Tabla 2.4 Matriz de decisión para la selección del residuo agroindustrial

Atributos	Ponderación	Alternativas de solución					
		Alternativa 1 Afrecho de cebada		Alternativa 2 Café molido		Alternativa 3 Cascarilla de arroz	
Resistencia	0,33	0,50	0,17	0,25	0,08	0,25	0,08
Humedad	0,27	0,50	0,13	0,17	0,04	0,33	0,09
Procesabilidad	0,20	0,33	0,07	0,17	0,03	0,50	0,10
Peso	0,13	0,33	0,04	0,17	0,02	0,50	0,07
Costo de producción	0,07	0,50	0,03	0,17	0,01	0,33	0,02
Total		0,44		0,19		0,36	

Se definió como la mejor alternativa de solución para el material de relleno del tablero aglomerado al afrecho de cebada. Este es un material orgánico que ofrece gran resistencia, es de relativamente bajo costo y posee una baja densidad aparente. Cada uno de los valores en la matriz de decisión se encuentran debidamente justificados en el APÉNDICE A

2.2 Materiales

En esta sección se detallan los materiales empleados para la fabricación del tablero aglomerado, con su correspondiente composición y/o estructura:

- **Afrecho de cebada, proporcionada por empresa de producción cervecera:** Es un subproducto obtenido de la producción de la cerveza, rico en fibra, con un contenido en fibra detergente neutro (FDN) del 37,60% y fibra ácido detergente (FAD) del 14,10%. El FND representa los componentes de la pared celular de las plantas: celulosa, hemicelulosa y lignina. Por otro lado, el FAD representa el residuo que se obtiene tras un lavado del ingrediente usando una solución ácido

detergente. El contenido en proteína es del 22,40% y de grasa es del 1,80% (Tabla 2.5).

Tabla 2.5 Composición del afrecho, proporcionado por una empresa de producción de cerveza

Afrecho de cerveza		
Composición Química	Humedad	6%
	Proteína	22,40%
	Grasa	1,80%
	Fibra cruda	15%
	FAD	14,10%
	FDN	37,60%
	Calcio	0,20%
	Fósforo	0,70%

- Sorbitol Glycid Ether (GE-60):** Es una resina multifuncional termoestable epóxica alifática basada en sorbitoles. En su estructura contiene cuatro grupos epóxicos (tetrafuncional) unidos por medio de enlaces éter a un núcleo central. Tiene un peso equivalente del epóxico (EEW) de 177,50 g/eq, con una densidad de 1,28 g/cm³ y su valor de viscosidad es de 13.000 cP a 25°C. A diferencia de las resinas aromáticas (DGEBA), este tipo de resinas alifáticas ofrecen flexibilidad, polaridad y elevado grado de curado a temperatura ambiente. Los enlaces éter presentes en su estructura (Figura 2.2), junto con su alta reactividad que disminuye los efectos de la vitrificación durante el curado, le otorgan la flexibilidad, por lo cual pueden desarrollar altas densidades de reticulación durante la formación de la red [31][32].

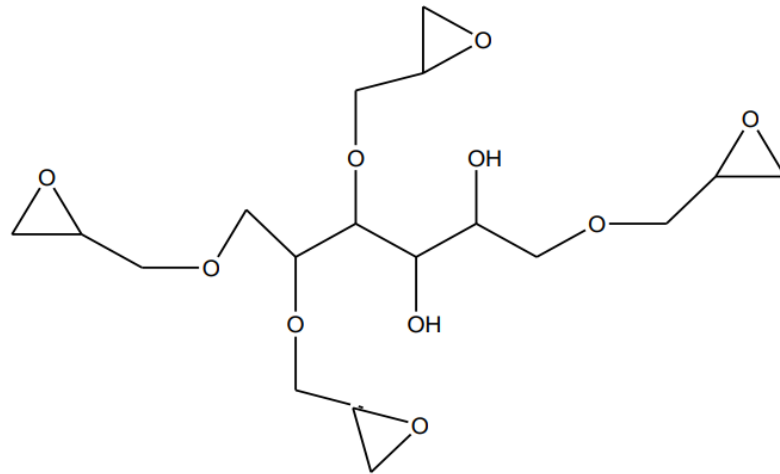


Figura 2.2 Estructura química del Sorbitol Glycidyl Ether [33]

- Triamina de poli-oxipropileno (Epikure T-403):** Es un agente curador formado por tres aminas primarias (trifuncional). La hidrofobicidad es debido a las estructuras de óxido de polipropileno (PPO) que contiene (ver Figura 2.3). Posee un peso equivalente de hidrógeno de amina (AHEW) de 81 g/eq, un valor de densidad de 0,98 g/cm³, una viscosidad de 72 cP a 25°C, tiene bajo color y presión de vapor, es totalmente miscible, con una amplia variedad de disolventes mejora fuerza y flexibilidad [34].

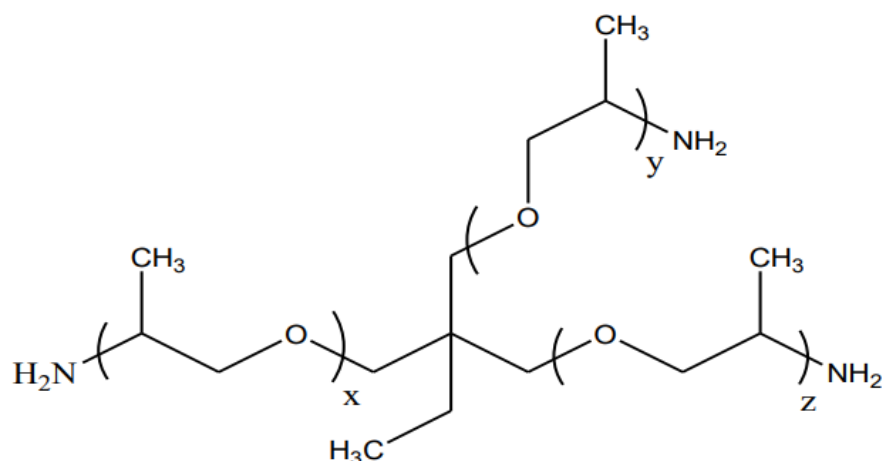


Figura 2.3 Estructura química del Epikure T-403 [33]

2.3 Procedimiento experimental

En esta sección se detalla el procedimiento experimental para la preparación de la resina, la mezcla resina-afrecho y el proceso de prensado para la obtención de las muestras.

2.3.1 Preparación de la resina

Para la preparación de las mezclas de epoxi-amina se conservó la relación estequiométrica entre la resina epoxi y el agente curador. Primero, se pesó el sorbitol glycidyl ether y luego el epikure T₄₀₃, la mezcla se vertió en un envase plástico que fue colocado en el mezclador de 3 ejes de alta velocidad Flack Tek DAC 400 a 2.500 RPM durante 2 minutos, tal como se muestra en la Figura 2.4. Los respectivos cálculos para los pesos se detallan en el APÉNDICE B.

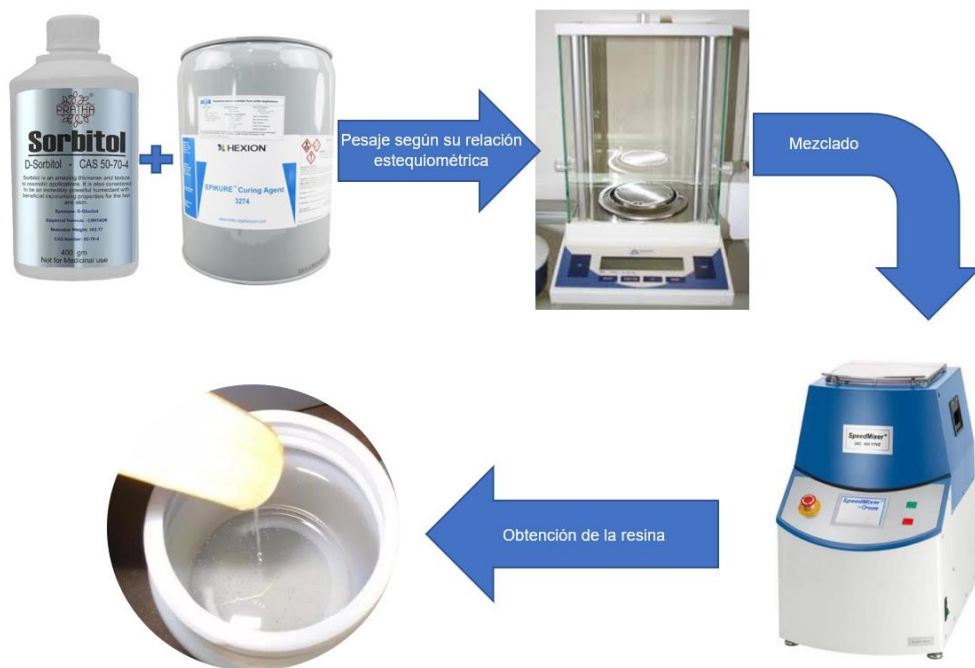


Figura 2.4 Preparación de la resina

Las reacciones que ocurren en el sistema epoxi-amina, tal como se muestran en la Figura 2.5 son las siguientes:

- La amina primaria reacciona con un epóxido para formar una amina secundaria y un alcohol.

- ii) La amina secundaria reacciona con otro epóxido para formar una amina terciaria y un alcohol.
- iii) El grupo alcohol reacciona con el epóxido para formar un éter; esta reacción se conoce como eterificación y ocurre cuando se expone un sistema epoxi-amina a elevadas temperaturas de curado [35].

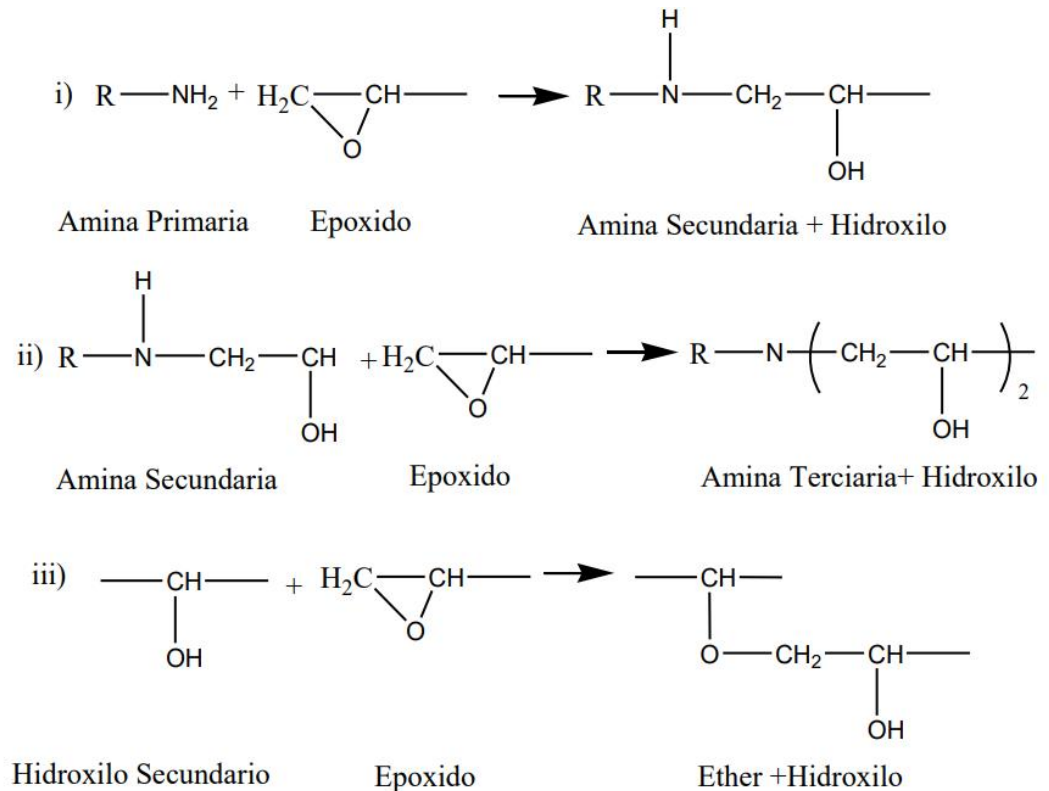


Figura 2.5 Reacciones epoxi-amina [35]

2.3.2 Preparación de la mezcla resina-agrodesecho

Para la preparación de la mezcla resina-agrodesecho, el afrecho de cebada fue secado a 80°C dentro de una estufa marca Memmers serie UNB 500 por 24 horas previo a su correspondiente caracterización para retirar toda la humedad del material tamizado (tamaño de partícula ≤ 212 micras). Luego, se pesó de acuerdo con las diferentes proporciones establecidas con respecto al peso de la resina (ver Tabla 2.6).

Estos cálculos se encuentran detallados en el APÉNDICE B

Posteriormente, se añadió el afrecho en la resina y se mezcló en el mezclador de 3 ejes a 2.500 RPM durante 1 minuto, tal como se muestra en la Figura 2.6 .

Tabla 2.6 Proporciones resina y afrecho de cebada

N. de muestra	Proporción			
	Resina		Afrecho	
	Porcentaje	Peso [g]	Porcentaje	Peso [g]
1	50%	8	50%	8
2	60%	9,6	40%	6,4
3	70%	11,2	30%	4,8

Las proporciones que se muestran en la Tabla 2.6 fueron elegidas en base a la proporción que utilizan las empresas nacionales dedicadas a la fabricación de paneles de madera en Ecuador. Siendo la proporción 50% resina – 50% aserrín la más usada por dichas empresas. Para fines de investigación se seleccionaron 2 proporciones más, (60% - 40%) y (70% - 30%), dado que se estima que las propiedades mecánicas mejorarán aumentando el porcentaje de resina.



Figura 2.6 Preparación de la mezcla resina-agrodesecho

2.3.3 Preparación de las probetas

Para preparar las muestras, se utilizó una prensa hidráulica de 15 toneladas marca Mega. La configuración de los parámetros de la prensa hidráulica se estableció en base al punto de degradación del afrecho de cebada,

correspondiente a 200°C, y el punto de fusión del sorbitol glycidyl ether, aproximadamente 110°C. Para regular la temperatura, se utilizó una máquina controladora y la presión establecida fue 2.000 psi de acuerdo con el artículo de referencia [17]. Luego de colocar la mezcla en el molde, se prensó a 100°C por 1 hora y se elevó la temperatura a 120°C por 30 minutos, tal como se muestra en la Figura 2.7 .

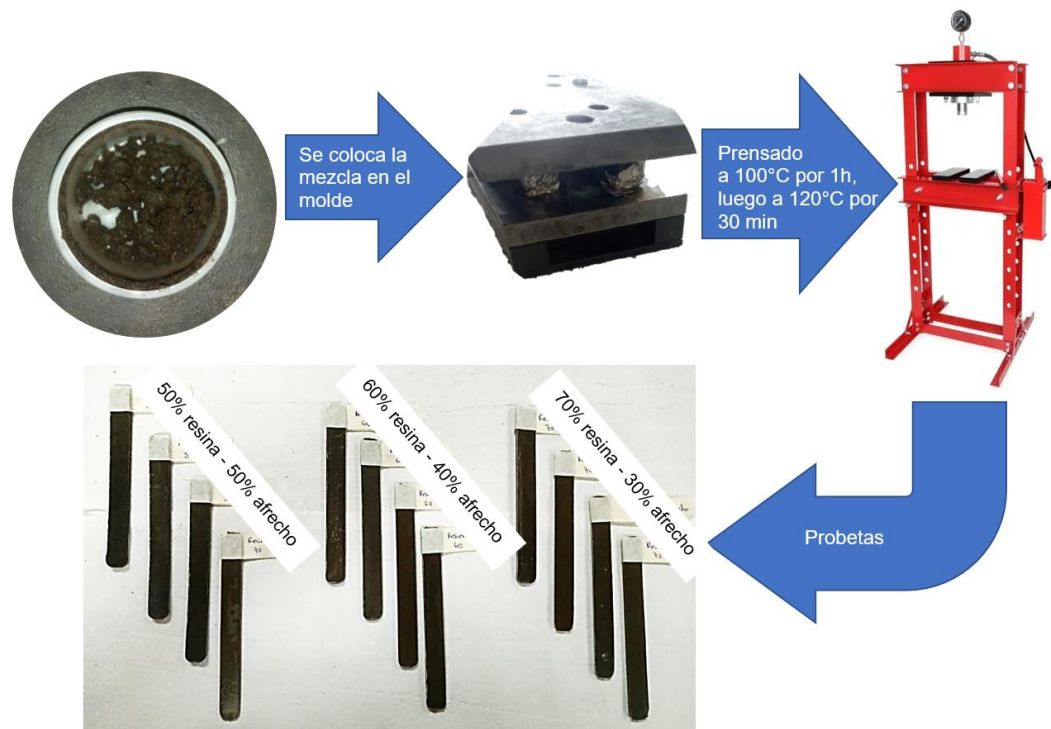


Figura 2.7 Proceso de prensado

2.4 Pruebas mecánicas

Las propiedades mecánicas de las probetas fueron evaluadas mediante pruebas de flexión y dureza.

2.4.1 Dureza Shore D

La prueba de dureza se realizó con un durómetro shore tipo D de acuerdo con la norma NTE INEN-ISO 868. Para esta prueba se usaron 4 probetas por cada proporción, con dimensiones de 3,20 mm de profundidad, 12,70 mm de ancho y 127 mm de longitud calibrada. Estas muestras también se usaron en la prueba de flexión.

Para la medición de la dureza se usaron los extremos de las muestras, con esto se evitó afectar los resultados de la prueba de flexión.

2.4.2 Flexión simple de 3 puntos

En la máquina de ensayos universales se realizó la prueba de flexión, según la norma ASTM D790 17 a una velocidad de 5mm/min. El principal objetivo de este ensayo fue encontrar la tenacidad, el esfuerzo máximo y esfuerzo de rotura, módulo de elongación máxima y de rotura.

2.5 Análisis termogravimétrico (TGA)

La prueba térmica se realizó con un analizador termogravimétrico marca TA Instruments Q600 SDT de acuerdo con la norma ASTM E 2550 21. Para su efecto, se trituró aproximadamente 12 mg de muestra en un crisol de alúmina y se elevó la temperatura desde temperatura ambiente a 800 °C, con una tasa de 10°C/min, en una atmósfera de nitrógeno de alta pureza. Las curvas de TGA fueron procesadas usando el software TA Universal Analysis 2.000, Versión 4.5 A. Este ensayo permitió conocer la estabilidad térmica del material, su cinética de descomposición, su contenido de humedad y la vida útil del producto.

2.6 Análisis de hidrofobicidad

La prueba de hidrofobicidad se ejecutó mediante la medición del ángulo de contacto de la gota de agua con un instrumento de medición casero de acuerdo con la norma ASTM D 5946. Por cada muestra se midió el ángulo de cuatro gotas de agua. El principal interés de esta prueba fue comprender la superficie del material y determinar las propiedades termodinámicas de la superficie.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Para efecto de análisis, a continuación, se presentan los resultados de la evaluación experimental.

3.1 Ensayos mecánicos

Se realizaron 2 ensayos mecánicos: Flexión y Dureza Shore D

3.1.1 Ensayo de flexión

Se elaboraron 4 configuraciones para determinar la proporción óptima de resina - afrecho para la fabricación de paneles aglomerados.

La Tabla 3.1 muestra la proporción de cada una de las 4 muestras evaluadas.

Tabla 3.1 Proporciones de las muestras¹.

Muestra	Proporción
A	100 R
B	70 R – 30 A
C	60 R – 40 A
D	50 R – 50 A

Por otro lado, la Tabla 3.2 muestra los valores promedio de las propiedades obtenidas mediante el ensayo de flexión para el análisis comparativo entre cada una de ellas. Los resultados detallados se encuentran en el APÉNDICE C.

Tabla 3.2 Resultados de ensayo de flexión.

Muestra	Esfuerzo Máximo σ_{max} [MPa]	Deformación Máxima δ_{max} [%]	Módulo de Young E [MPa]	Esfuerzo de Fluencia S_y [MPa]	Energía [J]
A	78,15 ± 14,19	6,52 ± 0,17	1649,96 ± 369,92	70,06 ± 12,55	0,84 ± 0,44
B	51,48 ± 3,24	2,72 ± 0,13	1955,53 ± 162,65	51,47 ± 3,24	0,17 ± 0,03
C	42,40 ± 5,40	2,18 ± 0,07	2011,85 ± 156,87	42,40 ± 6,47	0,17 ± 0,02
D	33,26 ± 3,87	1,73 ± 0,18	2042,29 ± 127,46	33,26 ± 3,87	0,07 ± 0,02

Para la proporción A, se testaron 3 probetas como se observa en la leyenda de la curva esfuerzo vs deformación, una de las principales características respecto a las otras proporciones, es su capacidad de deformación (Figura 3.1). Esto también se demostró con la cantidad de energía que pudo absorber el material según la Tabla 3.2, siendo este valor superior al resto de proporciones, pudiéndose denominar a la resina como un material de ductilidad media.

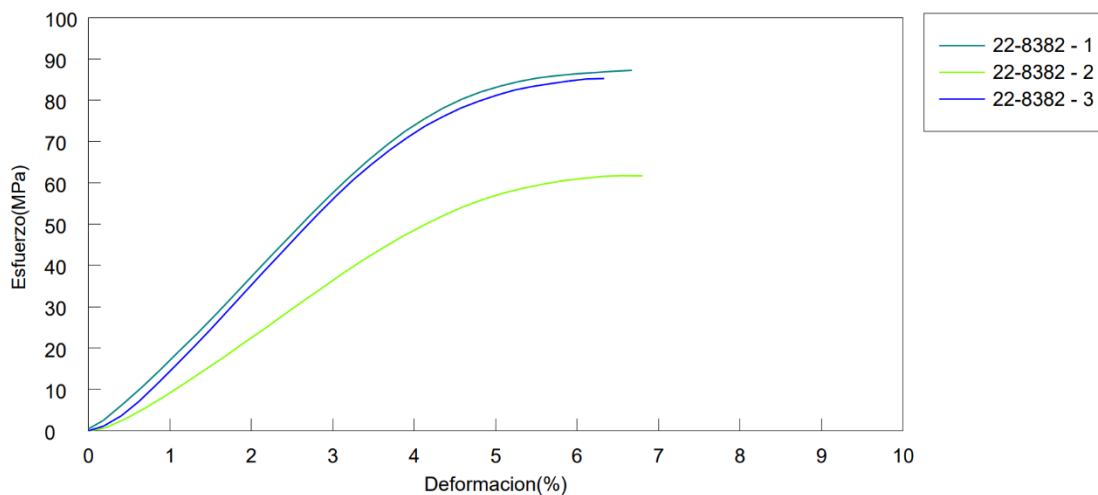


Figura 3.1 Curva esfuerzo vs deformación de la proporción A

Por otro lado, para la proporción B se testaron 5 probetas como se observa en la Figura 3.2 . Esta muestra presentó un menor esfuerzo máximo y una menor capacidad de deformación, pudiendo deformarse solo hasta un 2,72%, según lo mostrado en la Tabla 3.2. Esta proporción presentó una mejora en la rigidez del material con un módulo de Young de 1.955,53 MPa, pudiendo resistir una mayor

fuerza externa sin deformarse. En cuanto al esfuerzo de fluencia, como se observa en la Tabla 3.2, este valor coincidió con el esfuerzo máximo debido a que, esta muestra no presentó una zona plástica, su punto de ruptura se encontró en la misma zona elástica, siendo el valor de esfuerzo máximo y a su vez el esfuerzo de fluencia de 51,48 MPa.

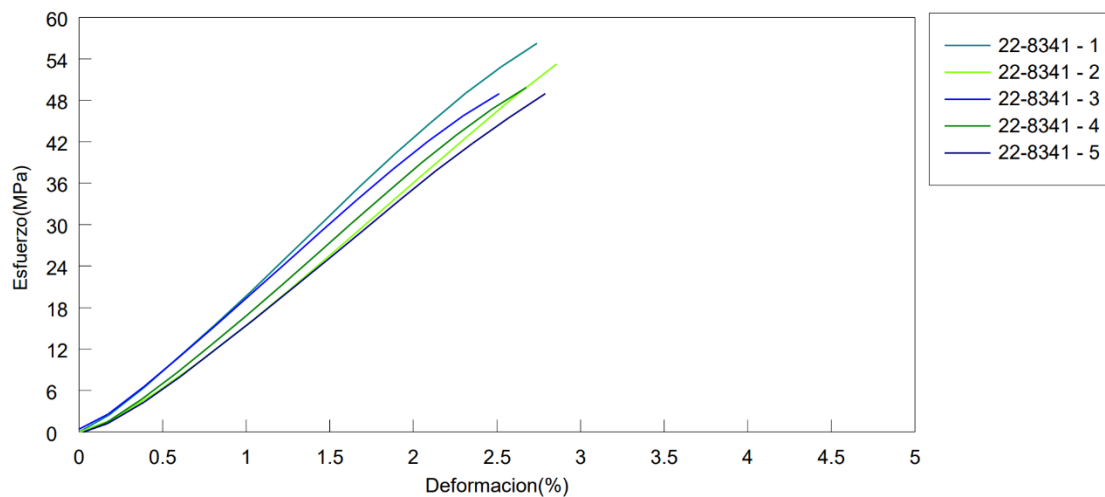


Figura 3.2 Curva esfuerzo vs deformación de la proporción B

Como se observa en la Figura 3.3 , las curvas esfuerzo-deformación obtenidas de la muestra C mostraron un comportamiento lineal en la zona elástica, sin ninguna señal de transición hacia la zona plástica, tal como se observó en la muestra B. Además, como se observa en la Tabla 3.2, presentó un valor de esfuerzo máximo y esfuerzo de fluencia de 42,40 MPa y una deformación en el punto de esfuerzo máximo de 2,18%, lo cual implica que la capacidad de cedencia y de deformación del material disminuyó al añadir afrecho en su composición. No obstante, el material presentó una mayor rigidez con un módulo de Young de 2.011,85 MPa, con un incremento del 17,99 % respecto a la muestra control. Con esto se observó que, con una cantidad determinada de afrecho, el material compuesto mejoró las propiedades mecánicas respecto a la rigidez.

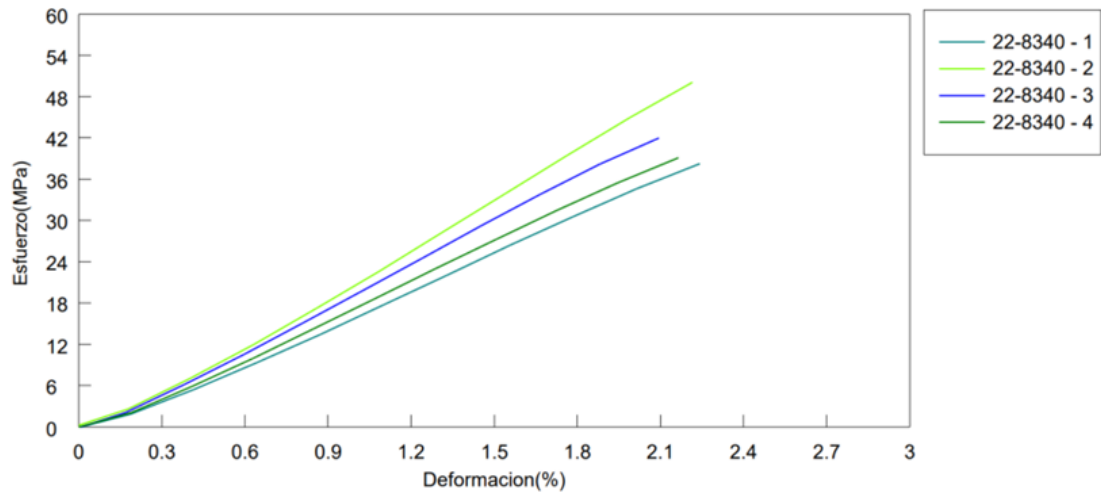


Figura 3.3 Curva esfuerzo vs deformación de la proporción C

Por último, la muestra D obtuvo la menor capacidad de cedencia y deformación entre todas las muestras con una deformación máxima de 1,73 % y un esfuerzo máximo que coincidió con el esfuerzo de fluencia de 33,26 MPa. No obstante, esta muestra presentó la mayor rigidez, con un módulo de Young de 2.042,29 MPa, lo que representó un incremento del 19,21 % respecto a la muestra control. Con esto se demuestra que el afrecho aporta a la rigidez y resistencia del material, debido a que las partículas permiten absorber las tensiones internas residuales del material [36]. Además, se observa que mientras la matriz soporta la mayor parte de la carga aplicada, las partículas de afrecho dispersas dificultan e impiden el desplazamiento de las cadenas del polímero. De esta forma se restringe la deformación plástica de tal modo que incrementa el límite elástico, rigidez y resistencia del material.

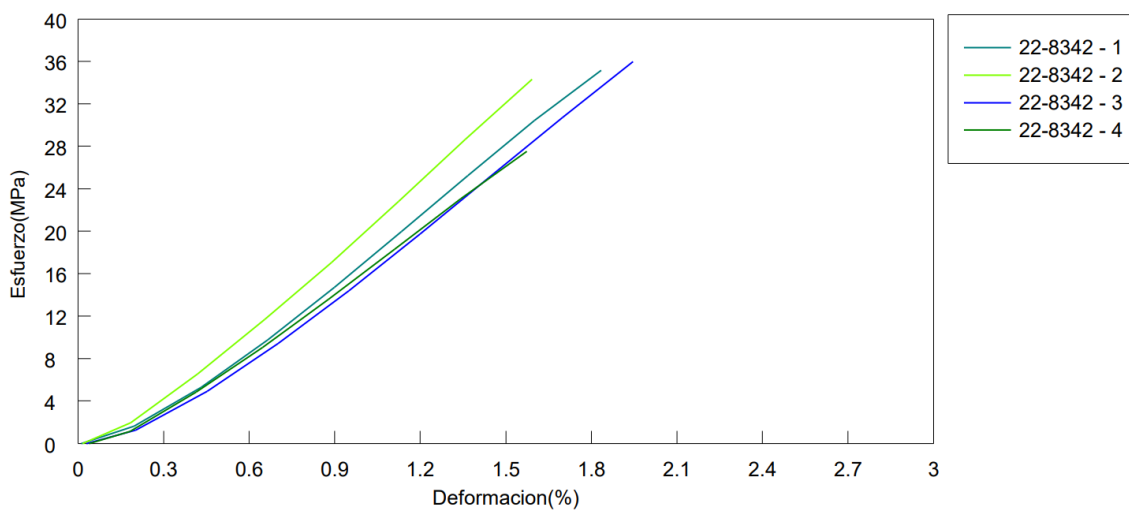


Figura 3.4 Curva esfuerzo vs deformación de la proporción D

Estos resultados permitieron determinar que la función de la resina es soportar la mayor parte de la carga aplicada y el afrecho permite restringir el movimiento de la matriz en las proximidades de cada partícula. La muestra con mayor cantidad de afrecho (muestra D) presentó las mejores propiedades mecánicas en flexión.

Para efectos de comparación, se presentan las propiedades del producto comercial en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3 Propiedades mecánicas de flexión de los tableros comerciales [37]

TABLEROS AGLOMERADOS COMERCIALES DE 4mm				
Esfuerzo Máximo σ_{max} [MPa]	Deformación Máximo δ_{max} [%]	Módulo de Young E [MPa]	Esfuerzo de Fluencia S_y [MPa]	Módulo de Tenacidad $\left[\frac{MJ}{m^3}\right]$
18,633 - 21,575	5	≥ 1.800	50	0,80

Se puede evidenciar que, respecto al esfuerzo máximo, módulo de Young y esfuerzo de fluencia, la probeta con la proporción D superó al producto comercial. Esto demuestra que la composición propuesta tiene mayor capacidad de cedencia y deformación, además de presentar una mayor rigidez.

3.1.2 Ensayo de dureza

Para el ensayo de dureza se tomaron 3 mediciones por cada una de las 16 probetas. Estos resultados se encuentran detallados en el APÉNDICE C. En la tabla 3.4 se reportan los resultados de los valores promedio de dureza de cada proporción.

Tabla 3.4 Resultados del ensayo de Dureza Shore D

Muestra	Dureza Shore [HRD]	Desv. Estándar
A	89,58	0,74
B	94,72	1,23
C	94,03	1,98
D	93,22	2,29

Según la Tabla 3.4 , a medida que aumentó la cantidad de resina en la composición, aumentó su dureza. Se determinó que el afrecho, junto con la resina, generó un aumento de un 5,43% aproximadamente respecto a la muestra control, gracias a que el tamaño de las partículas utilizadas fue relativamente pequeño, menor o igual a 212 μm , distribuidas homogéneamente en toda la matriz, lo que permitió que el reforzamiento fuera más efectivo impidiendo el movimiento de las cadenas de polímero. El incremento de dureza es una ventaja frente a los tableros comerciales, puesto que estos usualmente están recubiertos por una capa de fórmica que ayuda a mejorar su resistencia frente a rayaduras y a perfeccionar su apariencia. Con la composición de la muestra D, ya no es necesario ningún recubrimiento, puesto que su dureza es de 93,22 HRD, mientras que un tablero comercial sin recubrimiento presenta una dureza de 50 HRD y con recubrimiento su dureza es de 57 HRD[38], es decir, se superó al valor de referencia en un 63,54% aproximadamente.

3.2 Prueba de hidrofobicidad

Los ángulos de contacto fueron medidos a temperatura ambiente, colocando una gota de agua sobre la superficie. Los resultados se encuentran detallados en el APÉNDICE E

A continuación, se muestra la Tabla 3.5 con un resumen de los resultados.

Tabla 3.5 Resultados de ángulos de contacto

Muestra	Ángulo de contacto	Desv. Estándar
A	56,32	1,58
B	56,20	1,12
C	60,96	3,83
D	50,56	1,63

Según la Tabla 3.5 , el mayor ángulo corresponde a la muestra C y el menor ángulo a la D. Con los resultados obtenidos no se puede establecer una tendencia, pero sí se las puede denominar como hidrofílicas, puesto que ningún ángulo de gota sobre la superficie iguala o supera los 90°. Este comportamiento puede atribuirse a la presencia de proteínas en la composición del afrecho, puesto que, generalmente contienen numerosas cadenas polares laterales junto con las uniones peptídicas, resultando ser estructuras hidrofílicas. Entonces, la superficie no presentó el grado de hidrofobicidad esperado.

3.3 Análisis termogravimétrico (TGA)

Se realizó un ensayo termogravimétrico a cada una de las 4 muestras. En la Tabla 3.6 se muestran los resultados de rangos de temperatura de degradación determinados para cada muestra.

Tabla 3.6 Detalle de las temperaturas de degradación de las muestras

Muestra	T _o deg (°C)	T _f deg (°C)	Pérd. De masa (%)
A	281,49	386,22	90,59
B	290,29	389,13	85,25
C	292,54	--	78,91
D	299,44	--	75,41

Los ensayos TGA permiten determinar la degradación temprana del material. Para temperaturas por debajo de los 150°C, se desprenden o degradan los componentes volátiles de bajo peso molecular, disolventes y gases atrapados. Para la muestra A, se observa que, en este punto, el material no ha perdido mucho peso, es decir que esta muestra no contenía mayores elementos volátiles en su composición. El compuesto comienza a descomponerse a partir de los 281,49°C hasta los 386,22°C (Figura 3.5). Con una pérdida de masa total del 90,59% fue la muestra que más masa perdió y por ende la menos estable térmicamente.

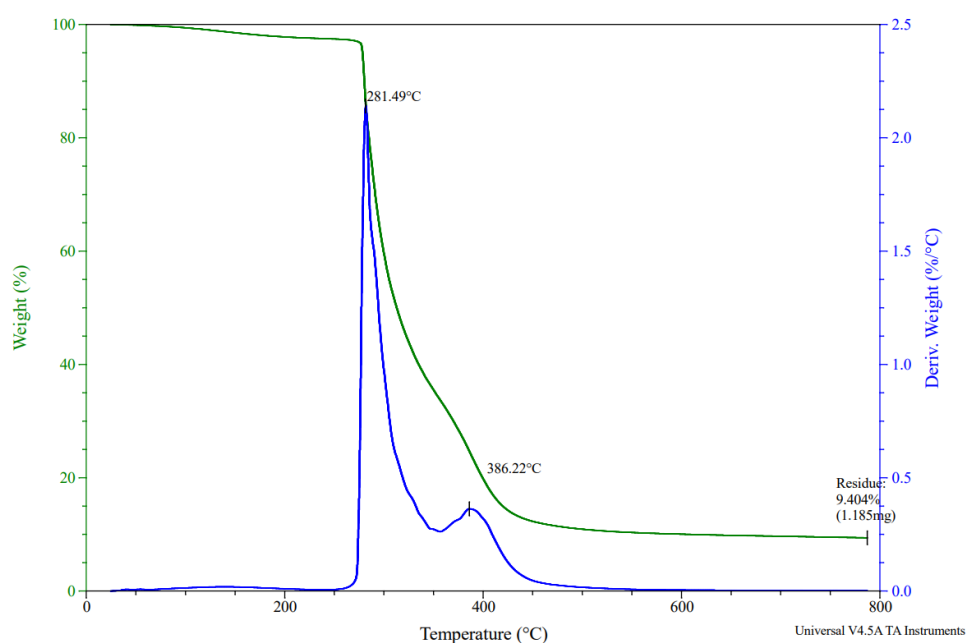


Figura 3.5 Gráfica de ensayo TGA para la muestra A

La muestra B presenta una mayor pérdida de peso a los 150°C, es decir que esta muestra contenía mayor elemento volátil, debido a la composición en agua del afrecho de cebada. Comienza a descomponerse a partir de los 290,29°C y pierde una masa total del 85,25%, es decir, es térmicamente más estable que la muestra A (Figura 3.6).

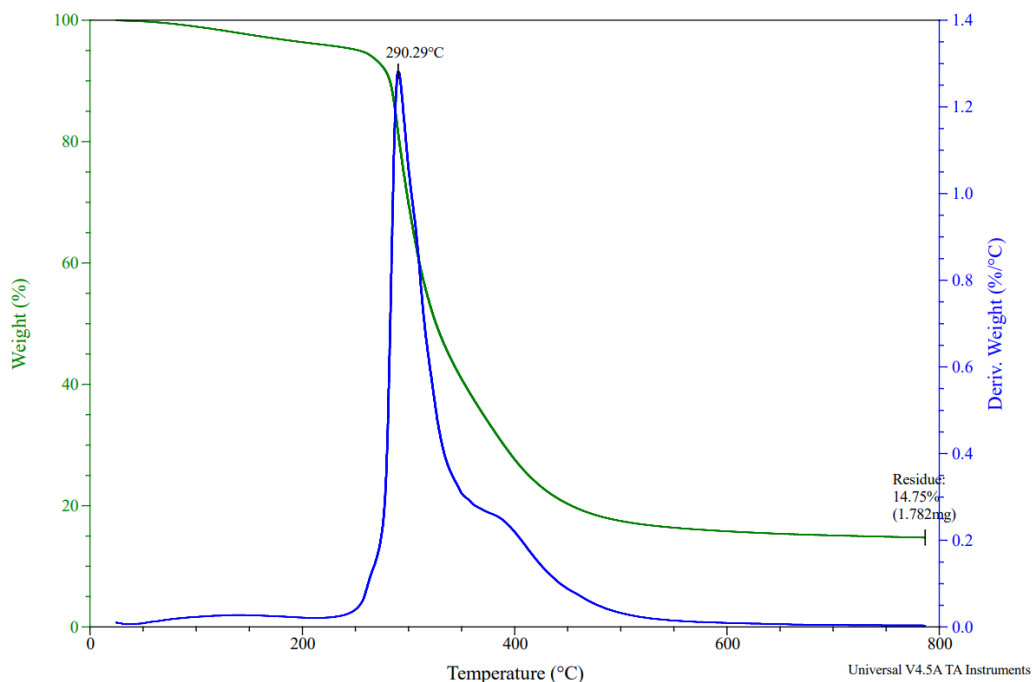


Figura 3.6 Gráfica de ensayo TGA para la muestra B

La muestra C presenta aún más pérdida de masa a los 150°C. Sin embargo, la muestra D es la que más pérdida presenta hasta esta temperatura, debido a que es la que más afrecho de cebada contiene en su composición. La muestra C comienza su degradación a los 292,54°C por las reacciones entre sus compuestos volátiles. Presenta una pérdida total 78,91% de masa (Figura 3.7); es decir, respecto a las muestras anteriores, es más estable térmicamente y la que menos se ha degradado. Sin embargo, es menos estable que la muestra D, que solo pierde el 75,41% de su masa total (Figura 3.8).

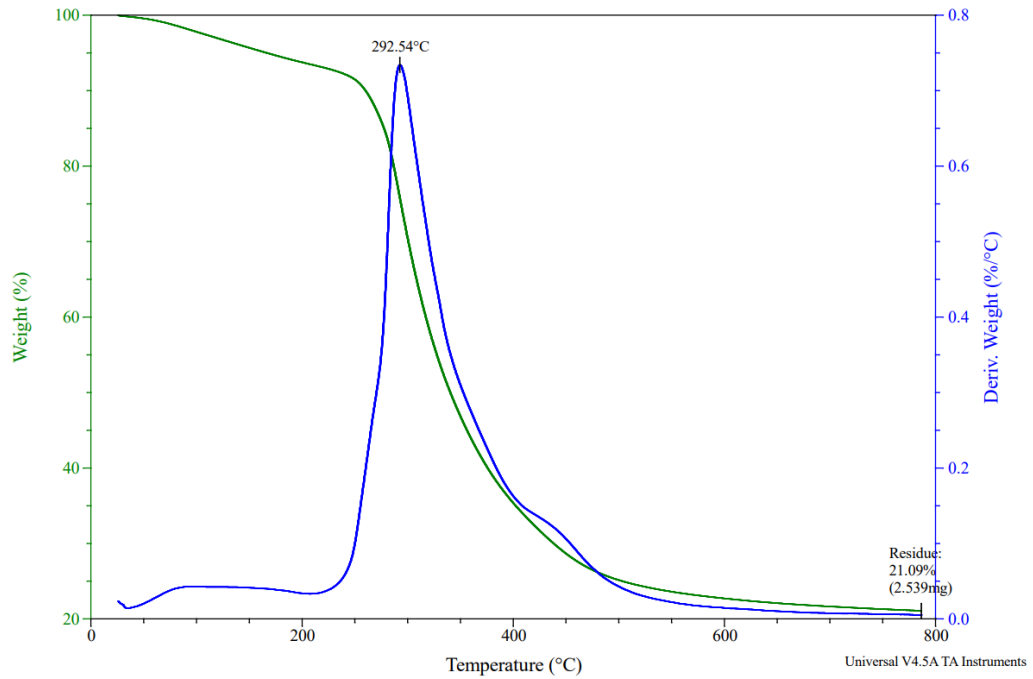


Figura 3.7 Gráfica de ensayo TGA para la muestra C

La muestra D es la más estable térmicamente debido a que contiene más afrecho, el cual actúa como estabilizador para el sistema epoxi-amina, cuya estabilidad térmica depende mayormente de la concentración de la amina [39].

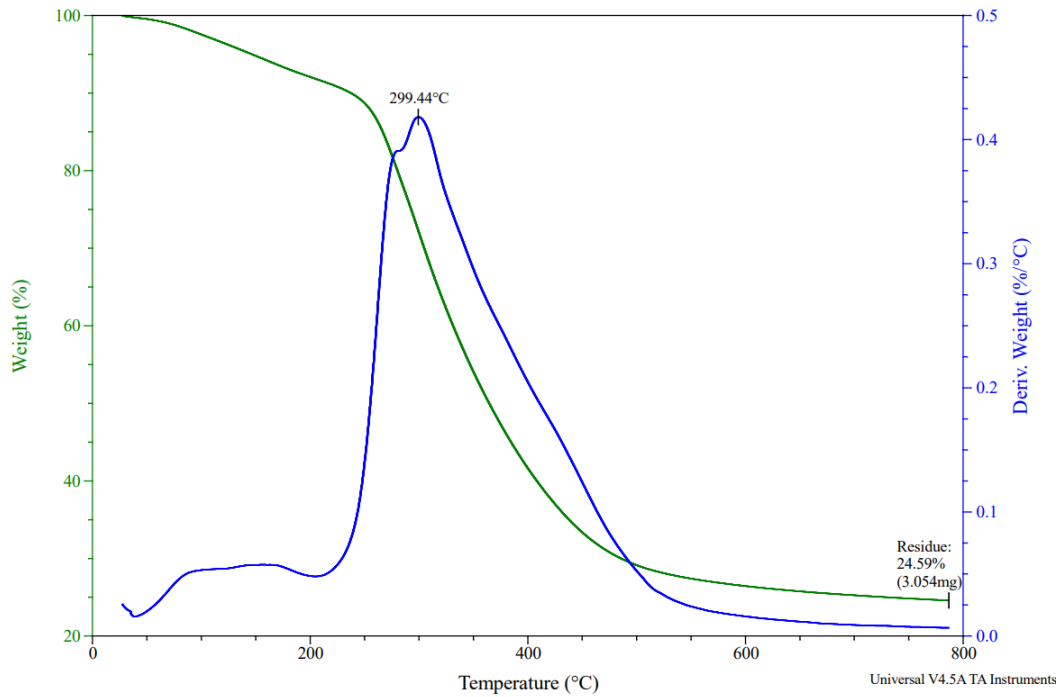


Figura 3.8 Gráfica de ensayo TGA para la muestra D

Este incremento en la estabilidad térmica se puede atribuir a que el material orgánico fue sometido a un tratamiento químico antes de su uso, puesto que, cuando este se encuentra en su forma natural presenta porosidades y canales internos propios de la estructura del material que pueden reducir la estabilidad térmica del biocompuesto debido a que sus componentes son muy complejos y no es posible separarlos cuando no han sido tratados [40].

3.4 Análisis económico

Para la estimación de los costos de producción, se ha considerado los aspectos principales como costo de materia prima, mano de obra, consumo energético y otros costos indirectos del proceso. Para la producción de un panel con dimensiones estándar de 1.220 x 2.440 x 3 mm (APÉNDICE F), se requiere una cantidad de 51,14 kg de material compuesto de resina y afrecho, como se observa en la Tabla 3.7 .

Tabla 3.7 Panel aglomerado

Variable	Valor
Volumen	0,00893 m ³
Densidad	2.659 kg/m ³
Masa	23,75 kg

La densidad del panel fue calculada en base a la densidad de cada componente de la mezcla. Se ha considerado la proporción óptima seleccionada anteriormente 50% resina - 50% afrecho para el cálculo.

Por otro lado, el costo de la materia prima depende del precio de la resina que está compuesta por sorbitol glycidyl ether y un agente curador, epikure T₄₀₃, cuyo valor representa aproximadamente el 95% del producto, el otro 5% corresponde al residuo de la cerveza. Cabe mencionar que los costos de la materia prima no incluyen el transporte. Se obtuvo un costo total de \$28,17 por panel producido. Este valor, comparado con el precio de un panel comercial, es un 12% menor, debido principalmente a que el precio del afrecho es menor que el de la madera. El detalle de costos se presenta en la Tabla 3.8 .

Tabla 3.8 Cantidad de materia prima y precio por unidad

Materia prima	Costo del panel comercial	Materia Prima	Precio panel con afrecho
Costo de la melanina urea formaldehido	\$0,55	Costo del sorbitol glycid ether	\$0,80
Cantidad de MUF [kg]	15,57	Cantidad de sorbitol glycid ether [kg]	13,90
Costo de la resina aglutinante por kg	\$0,75	Costo del epikure T 403	\$1,22
Cantidad de resina aglutinante [kg]	20,00	Cantidad de epikure T403 [kg]	11,68
Costo de partículas de madera por kg	\$0,15	Costo del afrecho por kg	\$0,11
Cantidad de partículas de madera [kg]	15,57	Cantidad de afrecho [kg]	25,57
Costo total por unidad	\$25,90	Costo total por unidad	\$28,19

Para la producción de un panel aglomerado en la prensa hidráulica, se requiere de dos operarios, uno para desmontar el molde mientras otro prepara la mezcla, por este motivo se consideran 4 personas por día cuyo costo de mano de obra por unidad es de \$2,09. Similarmente, dentro del proceso de producción existen otros consumos indirectos que afectan al costo del producto. El consumo de la energía del mezclador de 3 ejes y de la prensa es de \$0,10 por kg. Dentro de este parámetro también se incluyen el mantenimiento de la máquina, embalaje y distribución a los clientes, dando como resultado un valor de \$19,98 por unidad.

Finalmente, se obtiene el costo de producción por unidad que es de \$50,26, tal como se muestra en la Tabla 3.9 , con un margen de contribución o ganancia del 10% el precio de venta sugerido es de \$55,29, sin incluir IVA. Comparado con el tablero aglomerado comercial, el precio se excede con aproximadamente \$5.

Tabla 3.9 Costo total de producción por unidad y precio de venta.

Costo	Tablero aglomerado con afrecho
Costo de materia prima por unidad	\$28,19
Costo de mano de obra por unidad	\$2,09
Costos indirectos de fabricación por unidad	\$19,98
Costo de producción (U)	\$50,26
% Margen contribución	10%
Precio de venta sugerido (U)	\$55,29

3.4.1 Viabilidad económica del proyecto

Para el análisis de la viabilidad económica, se calcularon algunos indicadores financieros en base a la producción de tableros aglomerados a nivel nacional.

En Ecuador, se comercializa 600.000 unidades de tableros aglomerados anualmente [41]. Con el producto propuesto se piensa acaparar el 2,50% de este mercado, es decir, alrededor de 15.000 unidades en promedio, con un ingreso anual por ventas de \$829.350, tal como se muestra en la Tabla 3.10. Además, el costo anual variable por venta es de \$248.810, con lo que se obtiene una utilidad marginal de \$580.550.

Los costos fijos anuales son de \$33.650 en donde se contempla el costo de las maquinarias (mezclador de 3 ejes y prensa hidráulica), alquiler del galpón, servicios básicos y sueldos de los operarios. Los gastos financieros anuales son de \$23.780, los cuales corresponden al pago de los intereses del préstamo al banco que se hizo para la inversión inicial, que fue de \$108.270. Por otro lado, se pagó el 17% del impuesto a la renta, contemplado para empresas grandes y medianas según el servicio de rentas internas, obteniendo una utilidad neta anual de \$434.180.

Para la determinación de la viabilidad del proyecto, se calculó el valor actual neto (VAN), obteniendo una cifra positiva de \$51.370, lo que demuestra la rentabilidad del proyecto. Además, se calculó la tasa interna de retorno (TIR), que fue de 26,05%, lo que demuestra que con este proyecto se recuperará la inversión a una tasa mayor a la tasa de interés como se muestra en la Tabla 3.10 y Tabla 3.11 .

Tabla 3.10 Viabilidad económica

Precio	\$ 55,29
Tasa mínima de retorno	10%
Cantidad	15.000 unidades
Ventas	\$ 829.350
Costos variables de ventas	\$ 248.810
Utilidad marginal	\$ 580.550
Costos fijos	\$ 33.650
Gastos financieros	\$ 23.780
Utilidad del periodo	\$ 523.110
Impuesto a la renta 17%	\$ 88.930
Utilidad neta	\$ 434.180

Tabla 3.11 Indicadores Financieros

lo	Flujos netos de caja					Ko	VAN	TIR
	1	2	3	4	5			
0								
(106.370)	\$ 33.310	\$ 37.890	\$ 42.480	\$ 47.070	\$ 51.660	10%	\$51.370	26,05%

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se seleccionó el afrecho de cebada como la mejor alternativa de solución para su uso como material de relleno de los tableros aglomerados dado que su composición química es similar a la madera, garantizando la obtención de un producto con características físicas y propiedades mecánicas competitivas frente al producto convencional.
- Se determinó como la proporción óptima a aquella compuesta por 50% resina y 50% afrecho debido a que demostró la mayor resistencia, rigidez y dureza, también fue la más estable térmicamente, ya que el afrecho actuó como estabilizador. Sin embargo, no se obtuvo el grado de hidrofobicidad esperado debido a la presencia de proteínas en la composición del material orgánico. A pesar de ello, fue electa como la mejor proporción por también ser la más económicamente viable por minimizar el uso de resina, material que constituye el 95% del costo total del producto final.
- Se logró superar las propiedades del producto comercial, incrementando el valor de la rigidez en un 14% y la dureza en un 4%, lo que demuestra que el producto obtenido es más rígido, más duro y resistente que el tablero disponible en el mercado.
- Los indicadores financieros demostraron la rentabilidad del proyecto con un valor actual neto positivo de \$51.370, lo cual indica que el proyecto genera ganancias y una tasa interna de retorno del 26,05% que evidencia el valor porcentual al que el proyecto recupera la inversión.

4.2 Recomendaciones

- Se debe probar otras alternativas de residuos agroindustriales como la cascarilla de arroz que, por contener sílice en su composición, podría

aumentar la dureza del producto final y analizar un aumento en la proporción del componente orgánico como por ejemplo 70% cascarilla de arroz y 30% resina, para así minimizar el costo del producto y revalorizar más el residuo, con ello se obtendría un producto más sostenible.

- Se recomienda analizar el uso de resinas naturales a base de aceite de pino, lo cual no atenta contra sus plantaciones debido a que para su extracción se requiere mantener los árboles, lo que permite conservar los bosques y los servicios ambientales que estos proveen. Su uso tiene un buen potencial en el país debido a que se dispone de la materia prima, con el propósito de disminuir el riesgo para la salud de quienes fabrican el producto como de quienes lo utilizan.
- Para futuras investigaciones, se recomienda realizar un análisis experimental más completo, evaluando propiedades como estabilidad dimensional y resistencia a la absorción de agua mediante pruebas de envejecimiento o durabilidad, con el objetivo de establecer una mejor comparación con la normativa y fichas técnicas de los productos disponibles en el mercado. Además, para estimar su tiempo de vida útil se recomienda realizar una prueba de calorimetría diferencial de barrido y realizar un análisis termográfico para conocer la capacidad de aislamiento térmico de los aglomerados.
- Se recomienda variar la relación sorbitol-epikure, aumentando la proporción de agente curante para la obtención de una superficie con un mayor grado de hidrofobicidad o sometiendo al afrecho de cebada a un tratamiento químico para eliminar los componentes no deseados como las proteínas que disminuyen esta propiedad.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Riera, S. Maldonado, and R. Palma, "Agro-Industrial Residues Generated in Ecuador for the," *Ing. Ind.*, vol. 17, no. 3, pp. 227–246, 2018.
- [2] G. Bernache, "Riesgo de contaminación por disposición final de residuos.," *Ciesas*, no. 1, pp. 97–105, 2012.
- [3] R. Quiroga, R. Agacino, A. Malmierca, and S. Del Villar, "La pérdida de los bosques de América Latina y el Caribe 1990-2020: evidencia estadística," *Cepal*, no. 2, pp. 1–9, 2021.
- [4] J. M. Molina Aragonés, R. Bausà Peris, R. Carreras Valls, A. C. Castillo, F. Fiblà Nicolau, E. Gaynés Palou, J. Guerrero Monge, J. Inglés Torruella, J. A. López Muñoz, E. Martínez Martínez-Carrasco, J. Matllo Aguilar, J. A. Medina Lavela, M. T. Mestre Prad, P. Peña García, S. Rodríguez Vallecillos, G. Tapias Oller, M. Vilardell Ynaraja, and J. M. Molina Aragonés, "Toxicidad del formaldehído en trabajadores profesionalmente expuestos. Revisión bibliográfica," *Arch Prev Riesgos Labor*, vol. 21, no. 3, pp. 128–157, 2018.
- [5] C. Orrabalis, O. Cossio, and G. Martinez, "Aglomerado de cascarilla de arroz con adhesivo comercial poliuretánico," vol. 28, pp. 123–133, 2020.
- [6] L. K. Tibbens, "Formaldehyde Exposure and the Indoor Environment," *Univ. Pittsburgh*, pp. 8–28, 2015.
- [7] H. Korai, "Dimensional stability and strength properties of particleboard produced by a closed-press system," *J. Wood Sci.*, vol. 45, no. 5, pp. 402–410, 1999.
- [8] M. Domínguez and C. Londoño, "Elaboración de tableros aglomerados empleando diferentes formulaciones adhesivas a partir de proteína de soya.," *Univ. Pontif. Boliv.*, 2014.
- [9] C. R. Frihart, M. J. Birkeland, A. J. Allen, and J. M. Wescott, "Soy Adhesives that Can Form Durable Bonds for Plywood , Laminated Wood Flooring , and Particleboard," *Proc. Int. Conv. Soc. Wood Sci. Technol. United Nations Econ. Comm. Eur. – Timber Comm. Oct. 11-14, 2010, Geneva, Switz.*, no. August, pp. 1–13, 2010.
- [10] N. T. Subasi, "Formaldehyde Advantages and Disadvantages: Usage Areas and Harmful Effects on Human Beings," *Biochem. Toxicol. - Heavy Met. Nanomater.*,

pp. 1–10, 2020.

- [11] S. Khosravi, P. Nordqvist, F. Khabbaz, and M. Johansson, “Protein-based adhesives for particleboards-Effect of application process,” *Ind. Crops Prod.*, vol. 34, no. 3, pp. 1509–1515, 2011.
- [12] D. Vnučec, A. Kutnar, and A. Goršek, “Soy-based adhesives for wood-bonding—a review,” *J. Adhes. Sci. Technol.*, vol. 31, no. 8, pp. 910–931, 2017.
- [13] G. Qi, “Modified soy protein based adhesives and their physicochemical properties,” 2011.
- [14] Y. Jang, J. Huang, and K. Li, “A new formaldehyde-free wood adhesive from renewable materials,” *Int. J. Adhes. Adhes.*, vol. 31, no. 7, pp. 754–759, 2011.
- [15] K. Sugane, T. Mishima, and M. Shibata, “Biobased epoxy nanocomposites composed of sorbitol polyglycidyl ether, biobased carboxylic acids and microfibrillated cellulose,” *J. Polym. Res.*, vol. 28, no. 7, pp. 1–11, 2021.
- [16] Ministerio de Agricultura, “Indicadores e Instrumentos Cadena Nacional del Coco,” p. 23, 2018.
- [17] J. Fiorelli, D. D. Curtolo, N. G. Barrero, H. Savastano, E. M. de Jesus Agnolon Pallone, and R. Johnson, “Particulate composite based on coconut fiber and castor oil polyurethane adhesive: An eco-efficient product,” *Ind. Crops Prod.*, vol. 40, no. 1, pp. 69–75, 2012.
- [18] E. M. Ciannamea, P. M. Stefani, and R. A. Ruseckaite, “Medium-density particleboards from modified rice husks and soybean protein concentrate-based adhesives,” *Bioresour. Technol.*, vol. 101, no. 2, pp. 818–825, 2010.
- [19] C. Desirello, S. Cerini, R. Charadía, R. Scalfi, C. Liberman, and P. M. Stefani, “Efecto de las condiciones de procesamiento sobre las propiedades mecánicas de aglomerados de cáscara de arroz,” *Congr. Nac. Metal. y Mater. Chile y las Jornadas Argentinas Mater.*, 2004.
- [20] J. Ferrari and P. Tittonel, “Reutilización de Bagazo de Cebada Cervecera Por Secado Y Pelletización Como Suplemento Forrajero,” *Presencia*, pp. 43–46, 2017.
- [21] A. K. Bledzki, A. A. Mamun, and J. Volk, “Barley husk and coconut shell reinforced polypropylene composites: The effect of fibre physical, chemical and surface properties,” *Compos. Sci. Technol.*, vol. 70, no. 5, pp. 840–846, 2010.
- [22] L. M. Morales and D. O. Pérez, “Valorización de los residuos de café tostado y molido (borra de café) generados en el campus central de la universidad de el salvador,” pp. 70–96, 2020.

- [23] R. Acosta, "Utilización de Residuos de Café Tostado y Molido como Bioadsorbente para la Remoción de Arsénico (V) en Agua Resumen Wasted Roast and Ground Coffee as Bioadsorbent to Removal Arsenic (V) in Water Abstract," pp. 49–59, 2011.
- [24] F. E. Jaramillo, P. N. Alvarado, and R. A. Mazo, "Torrefacción de biomasa en un reactor de tornillo a escala de banco: efecto de la temperatura y del tipo de biomasa," *TecnoLógicas*, vol. 25, no. 54, p. e2269, 2022.
- [25] J. E. Ortiz García, D. E. González Morales, Y. Mejía Agudelo, L. S. García-Alzate, and X. Cifuentes-Wchima, "Evaluación de la biomasa residual (cereza) de café como sustrato para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*," *Rev. ION*, vol. 33, no. 1, 2020.
- [26] P. C. Cu and J. Casta, "Tostado Y Molido Medida Por Compactación Y Caída Libre Y Algunas Propiedades Del," vol. 52, no. 3, pp. 215–222, 2001.
- [27] S. Paucar and M. Fernanda, "TESIS Previa a la obtención del Título de: Econ . Ercilia Franco Cedeño MSc . Guayaquil – Febrero 2015 Agradecimiento," 2015.
- [28] M. A. Echeverría C. and O. A. López M., "Caracterización energética de la cascarilla de arroz para su aplicación en la generación de energía termoeléctrica," pp. 1–17, 2010.
- [29] J. 1 Alvarado, P. 2 Vega-Baudrit, J 3, and Porras M, "Caracterización del subproducto cascarillas de arroz en búsqueda de posibles aplica," vol. 23, no. 1, 2013.
- [30] G. Zambrano, C. Cedeño, V. Garcia, and A. Ulbio, "Aprovechamiento de la cascarilla de arroz (*Oryza sativa*) para la obtención de fibras de celulosa Use of rice husk (*Oryza sativa*) for the production of cellulose fibres Uso de casca de arroz (*Oryza sativa*) para obtenção de fibras de celulose Cienciasde nat," *Polo del Conoc.*, vol. 6, no. 4, pp. 415–437, 2021.
- [31] A. Rigail-Cedeño and D. F. Schmidt, "Bio-based epoxy clay nanocomposites," *AIP Conf. Proc.*, vol. 1914, no. December 2017, 2017.
- [32] E. Ge, "Erisys ® ge - 60," vol. 160, no. 68412, pp. 1–2.
- [33] "ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción " Modelación de la Cinética de Curado y Comportamiento Trabajo de Titulación previo a la obtención del Título de Magister en " CIENCIA E INGENIERIA DE ," 2018.
- [34] T. Bulletin, "JEFFAMINE ® T-403 Polyetheramine," pp. 1–2.

- [35] A. Patel, A. Maiorana, L. Yue, R. A. Gross, and I. Manas-Zloczower, "Curing Kinetics of Biobased Epoxies for Tailored Applications," *Macromolecules*, vol. 49, no. 15, pp. 5315–5324, 2016.
- [36] A. Rahhali, "Con Residuos Biogénicos De Base Proteínica :," pp. 16–25, 2016.
- [37] S. Halvarsson, H. Edlund, and M. Norgren, "Properties of medium-density fibreboard (MDF) based on wheat straw and melamine modified urea formaldehyde (UMF) resin," *Ind. Crops Prod.*, vol. 28, no. 1, pp. 37–46, 2008.
- [38] E. A. Salca and S. Hiziroglu, "Hardness and roughness of overlaid wood composites exposed to a high-humidity environment," *Coatings*, vol. 9, no. 11, 2019.
- [39] P. C. Tutores, C. Albano, Z. Brito, T. Especial, and G. li, "ESTABILIDAD TÉRMICA Y PROPIEDADES MECÁNICAS ' Estabilidad térmica y propiedades mecánicas en compositos de base epoxidica cargados con partículas metálicas ' .," 2003.
- [40] A. Desarrollo, "Centro de Investigación en," 2016.
- [41] L. Cruz and V. Cruz, "Estudio de factibilidad financiera para la exportación de tablero aglomerado de madera hacia Estados Unidos por la empresa Novopan del Ecuador S.A. (Bachelor's thesis)," p. 244, 2008.

APÉNDICES

APÉNDICE A

A. Matriz de decisión

Tabla A. Justificación de los valores de la matriz de decisión para la selección del residuo agroindustrial

Resistencia	Afrecho de cebada	Café Molido	Cascarilla de arroz	$\sum+1$	Ponderación
Afrecho de cebada		1	1	3	0,50
Café Molido	0		0,5	1,5	0,25
Cascarilla de arroz	0	0,5		1,5	0,25
			Suma	6	1

Humedad	Afrecho de cebada	Café Molido	Cascarilla de arroz	$\sum+1$	Ponderación
Afrecho de cebada		1	0	2	0,33
Café Molido	0		0	1	0,17
Cascarilla de arroz	1	1		3	0,50
			Suma	6	1

Procesabilidad	Afrecho de cebada	Café Molido	Cascarilla de arroz	$\sum+1$	Ponderación
Afrecho de cebada		1	0	2	0,33
Café Molido	0		0	1	0,17
Cascarilla de arroz	1	1		3	0,50
			Suma	6	1

Costo de producción	Afrecho de cebada	Café Molido	Cascarilla de arroz	$\Sigma+1$	Ponderación
Afrecho de cebada		1	1	3	0,50
Café Molido	0		0	1	0,17
Cascarilla de arroz	0	1		2	0,33
			Suma	6	1

APÉNDICE B

B. Cálculos estequiométricos de la resina

Cálculos correspondientes de los pesos de los reactivos para la mezcla epoxi-amina:

La fórmula para calcular el porcentaje del agente curador (T403) a usar es la ecuación (1):

$$PHR_{T403} = \frac{AHEW_{T403} * 100}{EWW_{GE60}} \quad (1)$$

Donde:

- AHEW es el peso equivalente de hidrógeno de amina, igual a 81 g/eq
- EEW es el peso equivalente del epoxi., igual a 177.5 g/eq.
- PHR es partes por cien de resina, es el valor por calcular.

$$PHR_{T403} = \frac{81 \text{ g/eq} * 100}{177.5 \text{ g/eq}} = 45.63$$

De acuerdo con el volumen del molde, se estimó mediante la ecuación (2) que la masa de resina necesaria sería 8 g:

$$m_{T403} = \frac{m_{GE60} * PHR_{T403}}{100} \quad (2)$$

$$m_{T403} = \frac{8 \text{ g} * 45.63}{100} = 3.65 \text{ g}$$

Donde:

- m_{GE60} = masa de la resina

Para la estimación de los pesos de los componentes de la mezcla epoxi-amina-afrecho, se usó la ecuación (3):

$$m_{afrecho} = \frac{(\% \text{ afrecho})(m_{GE60})}{(\% \text{ resina})} \quad (3)$$

- Proporción 50-50:

$$m_{afrecho} = \frac{(50\%)(8g)}{(50\%)} = 8 g$$

- Proporción 60-40:

$$m_{afrecho} = \frac{(40\%)(8g)}{(60\%)} = 5,333 g$$

- Proporción 70-30:

$$m_{afrecho} = \frac{(30\%)(8g)}{(70\%)} = 3,428$$

APÉNDICE C

C. Resultados de las propiedades mecánicas de flexión

Tabla C. Resultados del ensayo de flexión

Proporción	Muestra	Esfuerzo Máximo σ_{max} [MPa]	Deformación Máxima δ [%]	Módulo de Young E [MPa]	Esfuerzo de Fluencia S_y [Mpa]	Energía [J]	Módulo de Tenacidad [MJ/m ³]
100 R	A	87,320	6,670	1803,96	80,301	0,98055	0,413
		61,810	6,560	1227,92	56,060	0,70452	0,282
		85,320	6,330	1918,01	73,823	0,82310	0,366
Promedio		78,150	6,520	1649,96	70,06	0,83606	0,353
70 R - 30 A	B	56,310	2,740	2138,95	56,310	0,18749	0,078
		53,290	2,860	1721,96	53,290	0,21324	0,079
		48,960	2,510	2053,25	48,960	0,15043	0,069
		49,860	2,680	1990,64	49,860	0,15391	0,072
		48,960	2,790	1872,84	48,960	0,16201	0,072
Promedio		51,476	2,716	1955,53	51,476	0,17342	0,074
60 R - 40 A	C	38,300	2,240	1806,92	38,300	0,10717	0,046
		50,140	2,220	2140,47	50,140	0,13581	0,059
		42,010	2,090	2128,65	42,010	0,10440	0,048
		39,150	2,160	1971,36	35,150	0,10282	0,046
Promedio		42,400	2,178	2011,85	42,400	0,16812	0,049

50 R - 50 A	D	35,180	1,830	2124,94	35,180	0,07753	0,024
		34,330	1,590	2174,41	34,330	0,06616	0,028
		36,000	1,950	1908,56	36,000	0,08712	0,027
		27,540	1,570	1961,25	27,540	0,05110	0,021
Promedio		33,263	1,735	2042,29	33,263	0,07048	0,025

APÉNDICE D

D. Resultados del ensayo de dureza shore de las probetas con las diferentes proporciones

Tabla D. Resultados del ensayo de Dureza Shore

Proporción	Muestra	Dureza Shore [MPa]			Promedio
100% Resina	A 1	83,5	82,9	82,8	83,067
	A 2	91,5	91,7	91,1	91,433
	A 3	94,8	94,1	93,8	94,233
	Promedio total				89,578
70 % Resina - 30% Afrecho de Cebada	D 1	95	95,3	93,9	94,733
	D 2	94,4	95,3	96,6	95,433
	D 3	93,3	93,4	92,7	93,133
	D 4	94,3	94,8	97,6	95,567
Promedio total				94,717	
60 % Resina - 40% Afrecho de Cebada	C 1	95,7	97,2	91	94,633
	C 2	92,2	93,7	94,3	93,4
	C 3	93,8	94,9	92,3	93,667
	C 4	95,7	95,3	92,3	94,433
Promedio total				94,033	
50% Resina - 50% Afrecho de Cebada	B 1	83,9	87,8	87,3	86,333
	B 2	97,3	94,4	92,4	94,7
	B 3	97,9	96,9	94,5	96,433
	B 4	92,8	95	98,4	95,4
Promedio total				93,217	

APÉNDICE E

E. Resultados de la prueba de hidrofobicidad de las probetas con las diferentes proporciones

Tabla E. Resultados de la medición de los ángulos de contacto en la prueba de hidrofobicidad

Sustancia medida	Volumen de gota (ul)	Tiempo de aclimatación de gota (min)	T (°C) superficie	Ángulo izquierdo	Ángulo derecho	Promedio dos ejes	Min.	Max.	Prom.	Desv. Estándar	Coef. Variación (%)
Agua tipo I	15	2	Ambiente (27°C aprox)	57,44	58,05	57,75	54,63	57,75	56,32	1,58	2,80
				57,25	52,00	54,63					
				56,96	56,19	56,58					
		0		53,21	59,47	56,34	55,01	57,24	56,20	1,12	1,99
				59,26	55,22	57,24					
				54,93	55,10	55,01					
	2	58,25		55,54	56,90	56,90	64,49	60,96	3,83	6,28	
		62,25		60,73	61,49						
		67,42		61,56	64,50						
	0	52,40		51,02	51,71	48,69	51,71	50,56	1,63	3,22	
		53,28		49,24	51,26						
		49,26		48,12	48,69						

APÉNDICE F

F. Ficha técnica de tableros aglomerados de madera



NOVOPLY PELIKANO es un tablero formado por tres capas de partículas de madera de pino radiata.

Nuestro producto ha sido elaborado bajo controles establecido por un Sistema de Gestión de Calidad / Ambiental que satisface los requerimientos de la norma ISO9001:2000 / ISO:14001:1996 el cual ha sido certificado independientemente por BVQi.

Dimensiones: 2.15 X 3.66 mts (7x12 pies),
2.15 x 244 mts (7x8 pies)
1.22 x 2.15 mts (4 x 7 pies)

Espesores: 4-6-9-12-15-19-25-30-40 (mm)

ESPECIFICACIONES TECNICAS

Retención del tornillo en el canto	kg	90 kg
Retención del tornillo en la cara	kg	110 kg
Hinchamiento (24hrs)	%	16
Flexión 9-12-15-19 mm	kg/cm ²	160-180

NOVOPLY TROPICAL es un tablero aglomerado resistente a la HUMEDAD elaborado con resinas M.U.F. de acuerdo a la norma CTB-H V-313.

Identificación de los tableros: NOVOPLY TROPICAL, presenta una coloración verde que permite distinguirlo claramente del tradicional Novoply.

Medidas: (7 x 8 pies) 2.15 x 2.44 mts (7 X 12 pies) 2.15 x 3.66 mts
Espesores: 4-6-9-12-15-19-25-30-40 (mm)

ESPECIFICACIONES TECNICAS

Retención del tornillo en el canto min.	kg	117 kg
Retención del tornillo en la cara min.	kg	143 kg
Hinchamiento (24hrs)	%	5
Flexión 9-12-15-19 mm	kg/cm ²	190-220



NOVOKOR es un tablero **NOVOPLY PELIKANO** recubierto con papel decorativo impregnado con resina melamínica.

Nuestro producto ha sido elaborado bajo controles establecido por un Sistema de Gestión de Calidad / Ambiental que satisface los requerimientos de la norma **ISO9001:2000 / ISO:14001:1996** el cual ha sido certificado independientemente por **BVQI**.

Dimensiones: 2.15 X 2.44 mts (7 x 8 pies)
 Espesores: 4-6-9-12-15-16-18-19-25-30-40 (mm)
 Texturas: liso-fantasia-madereado-veteado

Colores: blanco nórdico-blanco marquez-blanco económico-champan almendra-gris-negro-grafito-granito gris-sapelli-roble-nogal-haya maple-cerezo-azul-grafito gris-nebula-haya catedral-peral-cherry-abedul nogal-palo rosa-aluminio-wenge

CARACTERÍSTICAS DE LA MELAMINA	ventajas de NOVOKOR PELIKANO
Dureza	alta resistencia al rayado
Impermeabilidad	La ausencia de poros lo hace inmune a la acción del agua y el vapor
Resistencia a las manchas	los muebles fabricados con NOVOKOR PELIKANO se pueden limpiar fácilmente y se conservarán como nuevos
Resistencia a altas temperaturas	La superficie del tablero no se afecta por el contacto con objetos calientes.

TROIKOR: es un tablero tropical recubierto con panel melamínico

NOVOFOIL es un tablero **NOVOPLY PELIKANO** recubierto con papeles decorativos, adheridos por medio de temperatura y presión.

Dimensiones: 2.15 X 2.44 mts (7 x 8 pies)
 Espesores: 4-6-9-12-15-16-18-19-25-30-40 (mm)
 Texturas: liso-fantasia-madereado-veteado

Colores: blanco nórdico-blanco marquez-blanco económico-champan almendra-granito gris-sapelli-roble-haya-maple-cerezo

Propiedades	Laminado termofundido NOVOKOR	Papel pegado finish foll NOVOFOIL
Resistencia a la abrasión (rayado)	excelente	regular
resistencia a las manchas	excelente	malo
resistencia al cigarrillo	bueno	malo
resistencia a disolventes	excelente	regular
resistencia al lavado	excelente	malo
resistencia al contacto con la olla caliente (H2O)	excelente	malo
Delaminación por golpe ciclo caliente frío	no se desprende bueno	se desprende regular



Nuestro producto ha sido elaborado bajo controles establecido por un Sistema de Gestión de Calidad / Ambiental que satisface los requerimientos de la norma ISO9001:2000 / ISO:14001:1996 el cual ha sido certificado independientemente por BVQi.

NOVOPANEL Decorativo Pelikano es un tablero aglomerado NOVOPLY, enchapado por ambas caras con chapas de madera natural importadas.

Aplicación:

Los usos habituales de Novopanel Decorativo están orientados a muebles en general y revestimientos decorativos.

Chapa	Calibre	Dimensiones
Caoba		1.20 x 2.42 mts
Haya	5-7-10	(4 x 8 pies)
Okume	13-16-18	2.13 x 2.44 mts
Ethimoe	19-21	(7 x 8 pies)
Sapelly		



Gris Grafito NK



Grafito NK



Nebula NK



Granito Gris NK



Gris NK - NF



Blanco Nórdico
NK - NF



Azul NK



Blanco Marquez
NK - NF



Negro NK



Champán NK - NF



Almendra NK - NF



Maple NK - NF



Haya NK - NF



Haya Catedral NK



Peral NK



Roble NK - NF



Cerezo NK - NF



Cerezo Catedral NK



Cherry NK



Abedul NK



Sapelly NK - NF



Palo Rosa NK



Nogal NK



Wenge NK



Aluminio NK

TEXTURAS: LISA - FANTASÍA - MADERA - VETA