



Universidad Nacional Autónoma de México

---

Facultad de Estudios Superiores Aragón

---

Licenciatura en Diseño Industrial

---

Titulación por actividad de investigación  
Presentan:

Maldonado Luna Natalia  
Medina Pérez Pedro Isaac

"Investigación: Tablero compuesto  
de poliestireno reciclado y fibra  
natural"

Mayo-2022

Directora:  
M. en Arq. Patricia Díaz Pérez

Proyecto de titulación con apoyo del  
proyecto PAPIME PE 108220



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



# INVESTIGACIÓN

## Tablero compuesto de poliestireno reciclado y fibra natural

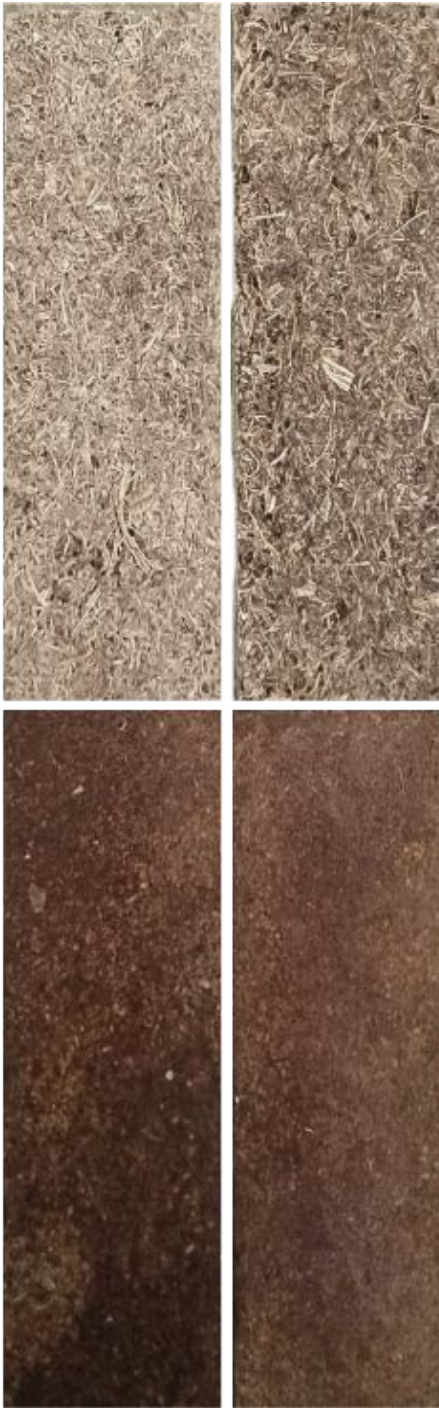
---



Autores:

Maldonado Luna Natalia

Medina Pérez Pedro Isaac



Jurado _____	02
Agradecimientos _____	03
Resumen/Abstract _____	08
Introducción _____	09
Antecedentes _____	10
Problema de investigación _____	12
Justificación _____	13
Hipótesis _____	19
Objetivos _____	19
Marco Teórico _____	20
Metodología _____	30
Memoria descriptiva _____	33
Resultados de la investigación _____	81
Discusión de resultados de la investigación _____	84
Conclusiones _____	86
Referencias _____	89
Anexos _____	92
Glosario _____	102

# Jurado

---

D.I. Felipe Cornejo Cardenas

M. en Arq. Patricia Díaz Pérez

M. en Arq. Javier García Figueroa

D. I. Miguel Ángel Rodríguez Arroyo

D.I. Javier Sombrero Hernandez

# Agradecimientos

---

En honor a nuestro querido M. en Arq. Manuel Borja Vázquez QPD.

Sin su enseñanza, su gran apoyo y consejos este trabajo no hubiera sido posible pues desde el primer momento, usted confió en el.

A nuestra querida M. en Arq Patricia Díaz Pérez por todo el tiempo dedicado, confianza y ayuda durante esta investigación, sin todo el apoyo brindado no hubiera sido posible tener resultados favorables.

A nuestros apreciables asesores D.I. Felipe Cornejo Cardenas, M. en Arq. Javier García Figueroa, D.I. Miguel Ángel Rodríguez Arroyo y D.I. Javier Sombrero Hernández por el tiempo, consejos y dedicación que han invertido en nosotros, les estamos eternamente agradecidos.

A nuestra máxima casa de estudios, la Universidad Nacional Autónoma de México y Facultad de Estudios Superiores Aragón por estos cinco años de experiencias inigualables, donde crecimos y maduramos en el ámbito profesional.

Agradecemos al proyecto PAPIME PE 108220 por todo el apoyo y por los principios que este proyecto brindó a esta investigación.

---

A la Ingeniera Daniela Contreras Velazco jefa del Laboratorio L-1 Diseño y Manufactura, FES Aragón, por su interés, cooperación y apoyo durante todo el desarrollo de la investigación, estaremos siempre agradecidos

A nuestro Jefe de carrera D.I Ricardo Alberto Obregón, le estamos muy agradecidos por su apoyo y orientación en todos los retos que esta investigación impuso.

Un gran agradecimiento al Ingeniero Sergio Alfonso Martínez González por su tiempo y sugerencias para el desarrollo del tablero NIM.

Al MDI. Rubén Sahagún Angulo por haber abierto ante nosotros un camino excepcional de la Sustentabilidad y el Diseño, por acogernos en su red y motivarnos a seguir adelante.

A la Red de Sustentabilidad y Diseño por permitirnos presentar nuestro proyecto de investigación en fase de desarrollo.

# Agradecimientos

Maldonado Luna Natalia

---

A mis padres:

Quiero agradecerles por haberme dado la vida, llena de felicidad, amor, con tropiezos y logros, porque si, así me han mostrado que es la vida, imperfecta, valiosa y hermosa. Por la formación y educación que siempre me han brindado con tanto esfuerzo e ímpetu; por las enseñanzas, los valores y vivencias que desde que era una niña tocaron nuestra puerta pero que sin duda nos convirtieron en personas fuertes y unidas, porque los problemas vienen y van pero el amor permanece.

Les agradezco por ser un padre y una madre ejemplares, por permitirme aprender de sus aciertos y desaciertos, por sus abrazos y sus palabras tan reconfortantes que me hacen saber que todo estará bien. Sin embargo, la vida no me alcanzaría para agradecerles todo lo que han hecho por mí. Los amo.

A mi madre Verónica María Goretti Luna Méndez:

Te doy las gracias por haberme cargado en tu vientre por 9 meses, por criarme y educarme con mucho amor; un amor que considero el más puro y hermoso que puede existir en esta vida.

---

Gracias por toda la comprensión y el apoyo que me has brindado a lo largo de mi vida, por estar ahí siempre, por guiarme y acompañarme en mis momentos buenos y malos pero en los cuales siempre me has mostrado la luz al final del túnel.

Por ayudarme con mis tareas y por mostrarme desde niña que siempre hay que ir por más, a no ser conformista y a "volar alto". Te agradezco por entender mi silencio y por enseñarme lo valioso que es saber perdonar y dejar ir, pues siempre hay que desear el bien pero principalmente, por todo el esfuerzo que has puesto para que yo, mis hermanos y hermana podamos tener una vida plena, gracias por tu amor y tu comprensión. Te amo mamá.

A mi padre Edmundo Regino Maldonado Gonzalez:

Te doy las gracias por enseñarme todas las cosas bonitas de la vida, a escuchar, a observar, a mantener la calma y resolver los problemas con inteligencia y paciencia. Desde pequeña tu me enseñaste a amar la naturaleza y a los fenómenos tan extraordinarios que tiene por mostrarnos esto que llamamos universo, gracias por enseñarme a ver las estrellas.

---

Gracias por enseñarme que el cuerpo mismo es nuestro templo y que si no estamos bien por dentro, nada estará bien por fuera, gracias por enseñarme a sentir con cada uno de nuestros sentidos y principalmente por todo el esfuerzo que has puesto para que yo, mis hermanos y hermana podamos tener una vida plena, gracias por tu amor y tu comprensión. Te amo papá.

A mi hermano Jorge, por tus consejos y preguntas que me haces confiando en que soy una diseñadora industrial, por haberme regalado a mí y a Fer esa revista de muebles cuando éramos niñas, sin ella hoy no seríamos diseñadoras. Te amo hermano.

A mi hermana Fernanda, por todo tu apoyo incondicional cuando no entendía sobre el diseño; por todas las pláticas, las risas nocturnas y por ser la mejor hermana mayor a quien admiro por todo lo bonito que hace. Te amo hermana.

A mi hermano Iván, por todas las risas, bromas y enseñanzas que me das siendo mi hermano menor, por las pláticas de UFOs que nos hacen expandir nuestra mente, por entender mi silencio y sentido del humor. Te amo hermano.

---

A la Sra. Guadalupe Contreras, por su apoyo y consejos para seguir adelante.

A Gerardo García, durante 11 años me enseñaste muchas cosas, me diste tu amor, apoyo, comprensión y una lección de vida que siempre voy a atesorar, gracias por compartir una parte de tu vida conmigo, te estaré eternamente agradecida por todo lo que me diste.

A mi amigo Isaac Medina, por enseñarme lo que es la amistad, por tu apoyo incondicional en mis momentos más difíciles, por estar ahí y no dejarme caer; principalmente, gracias por toda tu fuerza e ímpetu para hacer realidad este trabajo.

A Jennifer, Verónica, Cristhian, Juliette, Atzin, Irving, Ana. Fanny, Julio, Jocelyn, Yadah, Carpio, Estrella, Cecilia Sara y Miguel, por sus animos, consejos y por los momentos divertidos que voy a atesorar siempre.

A cada profesora y profesor que contribuyó en mi formación como profesionista. Sin su enseñanza y dedicación no podría haber llegado hasta aquí.



# Agradecimientos

Medina Pérez Pedro Isaac

---

A mis Padres:

Sra. Elena Pérez Moreno QPD. Teniendo fe en que esta investigación pueda llegar tan cerca del cielo, agradezco por tu apoyo incondicional, paciencia y enseñanzas en los mejores y peores tiempos. Sin todos los sacrificios que tuviste que hacer por mi y mis hermanos no seríamos lo que hoy somos, intentado ser los hijos de la mujer más alegre y fuerte que hemos conocido.

Sr. Pedro Medina Pérez. Te doy gracias por enseñarme que aunque se muchas dificultades, lo más importante es jamás rendirse, sin todo el apoyo que me has dado no hubiese logrado todos los retos que he pasado, ni mucho menos no hubiese podido levantarme de mis peores fracasos sin ti. Siempre intentando ser el mejor hijo para el mejor padre

A mis hermanos:  
Maria de los Angeles. Te doy las gracias por tu comprensión y apoyo, que aunque la distancia y cercanía festejando mis logros y apoyo en mis fracasos

Elizabeth Medina. Gracias por, saber escucharme, dándome tus mejores consejos y apoyo cuando decaía. Tus palabras de impulso fueron el combustible para llegar a mis metas.

---

Eduardo Medina. Por todos tus palabras de aliento y consejos, sin darte cuenta te convertiste en una inspiración para mi, siempre dando lo mejor de ti para todos, te agradezco por siempre estar al pendiente de mis triunfos y fracasos

A mi querida Jessica Ledesma. Durante casi 10 años que has estado a mi lado, viéndome crecer y madurar, te doy las gracias por tu apoyo desmedido, por escucharme y entenderme gracias eso siempre tenías las palabras indicadas para dar lo mejor de mi. Es necesario aclarar que el estar a tu lado me incita a siempre dar y superarse tal y como tu lo haces.

A mi amiga Natalia Maldonado. Por formar parte de este gran proyecto, ser mi compañera y mejor amiga en toda la carrera compartiendo momentos amargos y dulces te doy las gracias por ser mi compañera retos con la siempre sé que podremos enfrentar cualquier meta.

---

A nuestra querida Maestra Paty Díaz. Por todo el tiempo que ha invertido en nosotros, todas sus palabras de aliento, y por apoyarnos todo el tiempo aunque este fue uno de los mayores retos en nuestra carrera muchas gracias

A mis Profesores:

Que desde la infancia hasta mi vida adulta fueron y serán parte de mis mayores logros, sus conocimientos y experiencias son causantes de la culminación de un etapa en mi carrera académica.

A mis amigos:

Carlos Ramón y Osvaldo Aldair. Amigos que desde la infancia han estado aplaudiendo cada logro, podrán contar siempre conmigo como ustedes lo han hecho tanto tiempo.

# Resumen

---

El material más popular y más utilizado en los últimos años en la industria del mobiliario son los aglomerados, tal es el caso del MDF, por su precio económico y su fácil manufactura en comparación con las maderas.

Sin embargo, su deficiente resistencia al entorno da como resultado un tiempo de vida muy corto lo que ocasiona un deterioro y fractura del material a pesar del acabado o el laminado que se le haya aplicado.

Aunado a ello, su fabricación y manufactura resulta ser altamente contaminante y tóxica para los ecosistemas, por la deforestación, los gases de efecto invernadero y la contaminación de suelos que provoca su fabricación, manufactura y desecho.

Por ende, la investigación nos lleva a estudiar un un tablero compuesto que promueva la economía circular y reduzca la huella de carbono, enfocado hacia el mobiliario Ready To Assemble (RTA).

## Palabras clave:

MDF, RTA, ecodiseño, huella de carbono, poliestireno, fibras naturales, reciclaje, sustentable, economía circular, ciclo de vida.

# Abstract

---

The most popular and widely used material in recent years in the furniture industry is chipboard, such as MDF and plywood, due to its economic price and ease of manufacture compared to wood.

However, their poor resistance to the environment results in a very short lifetime which causes deterioration and fracture of the material despite the finish or laminate that has been applied.

In addition, its manufacture and fabrication is highly polluting and toxic to ecosystems, due to deforestation, greenhouse gases and soil contamination caused by its manufacture, fabrication and disposal.

Therefore, the research leads us to study a composite board that promotes the circular economy and reduces the carbon footprint, focused on Ready To Assemble (RTA) furniture.

## Keywords:

MDF, RTA, ecodesign, carbon footprint, natural fibers, recycling, sustainable, circular economy, life cycle.

# Introducción

---

La presente investigación tiene como objetivo generar una hipótesis que evalúe las propiedades de un tablero compuesto con poliestireno expandido reciclado y fibras derivadas de un subproducto. Con la finalidad de promover una economía circular basada en el ecodiseño, orientado hacia el mobiliario RTA, tomando como punto de comparación el material existente y el más utilizado en este tipo de mobiliario, el MDF.

El propósito del mobiliario conocido como *“ready to assemble”*, es ahorrar en material, manufactura, tiempo y espacio, con ello se trata de evitar el desperdicio del material durante su producción, así como reducir los gastos que se generan en el embalaje y transporte.

En cuanto a la fabricación de tableros aglomerados de partículas o fibras, se talan bosques y selvas nacionales, provocando problemas de deforestación.

---

Para su elaboración son usados productos derivados del formaldehído por sus propiedades y bajo costo, sin embargo el formaldehído es altamente tóxico pues es nocivo para la salud durante su fabricación y por supuesto, a lo largo de su tiempo de vida útil.

Además de requerir un sellador hidrófugo ya que uno de los principales problemas es la humedad en su interior. A pesar de ello, el tiempo de degradación de los tableros es de 5 a 15 años dependiendo de los acabados que contenga.

Por tal motivo se pretende investigar y proponer un material alternativo para mobiliario que aproveche la materia prima utilizada y los residuos ya existentes para tener un mejor desempeño en el objeto de diseño y un ciclo de vida que no altere el medio en el que se degrade ni en el que se desenvuelva.

# Antecedentes

---

Durante la primera guerra mundial alrededor de 1914, los países en disputa se vieron en la necesidad de construir armamento, equipo de protección y bases militares en un tiempo demasiado corto, el tener una materia prima adecuada podría ayudar a acelerar el tiempo de elaboración de bases militares temporales y la opción más adecuada para ello era el uso de tableros aglomerados, ya que estos tenían un rendimiento alto en la construcción.

Sin embargo, es en el año de 1925 en donde por accidente William Mason, crea los tableros de fibras de densidad media, mejor conocido como MDF, que eran obtenidos por el proceso de vía seca. Su origen viene de las investigaciones realizadas por Torbin Yates, con la invención de *cultured wood* y los desarrollos de Miller Hofft y Schuber basados en la obtención de fibras mediante su desfibrado termomecánico utilizando la vía seca. (Farlex, 2003).

En la actualidad los tableros de MDF (Fibra de Madera de Densidad Media), están fabricados industrialmente a partir de fibras de madera aglutinadas mediante resinas, presión y calor, además, es el más utilizado en la fabricación de mobiliario (Santana, s.f).

Por otro lado, la constante de innovación, como podemos observar, es la satisfacción de las necesidades y con ella reflexionamos que en el contexto cada vez más creciente y preocupante de la crisis climática ha llevado a algunas industrias a la búsqueda de materiales ecológicos y/o compuestos en donde los principales factores de contaminación hace más urgente la necesidad de encontrar soluciones sostenibles.

# MDF

# Línea de tiempo



Fotografía de una calle en el Barrio Cristiano, tomada alrededor de 1870. Cedita por la Biblioteca Nacional de Israel a EFE. Recuperado de 20 minutos (2019).

S. XIX

Nace el tablero aglomerado MACOPAN.



Productora de madera en 1925. Recuperada de Columbia Forest Products (2019).

1925

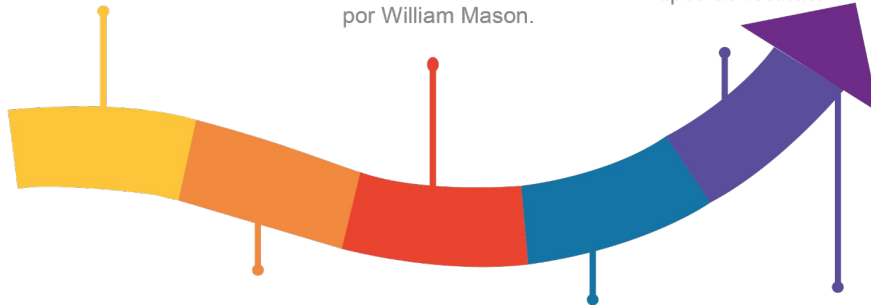
Se desarrolla por primera vez en los Estados Unidos el MDF por William Mason.



Escritorio, estilo Retro. Elaborado en MDF. Morton Subastas (2021).

S. XX

Con el MDF se prueban partículas cada vez más pequeñas y diferentes tipos de resinas.



1905

Thomas Autzen de la empresa Portland Manufacturing, fabrica la primera madera contrachapada con especies de madera blanda.



Autzen House. Recuperado de Oregon Encyclopedia (2021).

1940

En la Segunda Guerra Mundial en Bremen, Alemania, se utilizó material de desecho, viruta, trozos sobrantes del corte de madera, aserrín y polvo, mezclado con una resina fenólica.



Soldados en Segunda Guerra Mundial. Recuperado de Etecé (s.f).

S. XXI

Materiales compuestos toman relevancia debido a la gran demanda de recursos no renovables.



Prototipos de concentrados y piezas fabricadas con poliolefinas y fibra de agave fabricados. Recuperado de CIQA (s.f).

Gráfico No. 1: Línea del tiempo que acontece los hechos más relevantes de la historia del MDF. Recuperado de MACOSA (s.f) y del Material didáctico Unidad 3. Tableros contrachapados por Cruz O. (2017).

# Problema de investigación

Los tableros más utilizados en la industria del mobiliario son los aglomerados, tal es el caso del MDF, ya que estos ofrecen un rendimiento operativo alto y económico desde su producción hasta su aplicación. Sin embargo, sufren una deformación como se muestra en la imagen 01, debido a su poca resistencia en climas mayormente tropicales, dando como resultado un tiempo de vida corto. Para solucionar dicho problema, se requiere un acabado o mantenimiento adicional; en el caso de los acabados existen barnices, lacas o pinturas de poliuretano. Para el mantenimiento son utilizados limpiadores de base aceite o resonadores de base agua. Si dichos tableros son comparados con el acero, polímeros o hasta concretos resulta que el MDF es inapropiado para estos climas; dicha información fue recuperada de encuestas (*anexo no. 1*) realizadas a carpinteros, diseñadores o usuarios que utilizan los tableros para distintos trabajos; además de pruebas realizadas en esta investigación



Imagen 01. Tablero de MDF con chapa plástica expuesto a un clima cálido húmedo. El fenol formaldehído pierde su fuerza como aglutinante, haciendo que las partículas de madera acumulen humedad y por consecuencia se pierden las propiedades mecánicas.

# Justificación

El motivo que tenemos como diseñadores industriales nos lleva a investigar un tablero compuesto de un polímero reciclado y fibras naturales derivadas de un subproducto, que busque minimizar el impacto ambiental y la destrucción de los ecosistemas debido a los desechos de plásticos en los basureros que constantemente dañan a los ecosistemas.

Según Greenpeace (2019), en México se producen más de siete millones de toneladas de plástico al año, imagen 02; que no necesariamente terminarán siendo reciclados ya que la capacidad real de reciclaje del total de residuos valorizables, apenas llega al 6.07% en el país.

Asimismo la fabricación de aglomerados contribuye a la deforestación del 15 al 22% a nivel nacional según la FAO (2010) como se muestra en la imagen 03 y 04. Además, el CIRC (Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer) reporta que para la producción de tableros el nivel de toxicidad es 37 veces más alto de lo permitido, (imagen 05).

Por ello nuestra intención consta en aprovechar los residuos de los polímeros, debido a que nuestra hipótesis trata de demostrar que este tablero propuesto tiene mejores propiedades ante la poca resistencia que muestra el MDF y Triplay; aplicados en la industria del mobiliario basados en la economía circular y la vida útil de un producto, además de aplicar herramientas del ecodiseño, cualitativas; Ecodesign Checklist y cuantitativas; Ecolizer 2.0.



Imagen 02. Centro de recolección de plástico. Recuperado de Greenpeace-Jocelyn Soto 2019



Imagen 03. Tala excesiva de árboles. Recuperada de FAO – Hanako Tanaguchi 2010

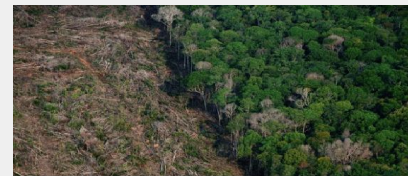


Imagen 04. La deforestación y sus impactos. Recuperada de FAO 2018



Imagen 05. Las personas que cortan o moldean pueden inhalar cantidades no saludables de polvo de madera. Recuperada del Instituto Nacional del Cáncer 2015



---

A Continuación se especifican las pruebas de los cuadros de comparativos de los tableros: MDF y el compuesto, con la finalidad de entender los criterios de los usuario que usan dichos tableros. Cada parámetro se retomó de los programas operativos de la materia de “*Materiales y Procesos Industriales I, II, III y IV*” de la carrera de Diseño Industrial en la Facultad de Estudios Superiores Aragón y los principios del Ecodiseño en el Ecodesign checklist y Ecolizer 2.0.

## Pruebas de aspecto

### Color:

Para esta prueba se considera un análisis del color resultante de la experimentación en la reacción química y secado de las muestras.

### Textura:

Se realiza un análisis de las texturas resultantes de la experimentación en las muestras.

### Peso:

La prueba de peso se realiza en comparación con el tablero MDF, esperando obtener un peso ligero comparado con tableros convencionales.

## Pruebas de resistencia al entorno o comportamiento

### Prueba de flexión:

Para esta prueba se someten las muestras obtenidas de los tableros propuestos y el MDF a pesos específicos.

### Recubrimientos y acabados:

Esta prueba considera algunos de los acabados más comunes en la industria del mobiliario.

### Toxicidad:

Se hace una comparativa entre la toxicidad de las sustancias utilizadas en el proceso del MDF y los tableros propuestos.

---

### Lijado:

Las muestras se someten a pruebas de desgaste con la misma intensidad y sentido, aplicada en tableros de MDF y los tableros propuestos.

### Reacción al fuego:

Las muestras se someten a flama directa durante un intervalo de tiempo.

## Pruebas de rendimiento operativo

### Uniones mecánicas y maquinaria manual:

La prueba de uniones mecánicas se describe como el resultado final que emplean los tableros tras unir con pijas, tornillos, insertos etc.

### Uniones por ensamble:

En esta prueba de uniones, se replica el ensamble RTA en las muestras de los tableros propuestos.

## Pruebas de ciclo de vida productivo

### Reciclable:

Para la prueba se utilizarán algunos desechos de corte de las muestras obtenidas, con el fin de saber si existe la posibilidad de que los tableros propuestos pueden ser reciclables.

### Economía circular:

En esta prueba se analizan los procesos industriales y sistemas que se emplean para la producción de los tableros propuestos y poder determinar si pueden ser aplicados para una economía circular, haciendo uso de herramientas tales como el Ecodesign Checklist y Rueda Ecológica.

### Uso:

Para esta prueba se analiza el tipo de uso que tendrán los tableros convencionales y los propuestos, además se complementa con el análisis de cada etapa de su ciclo de vida con ayuda de la herramienta Ecolizer 2.0 y Ecodesign checklist.

Los siguientes cuadros muestran una calificación del tablero MDF. Cada parámetro se retomó de los programas operativos de la materia de *“Materiales y Procesos Industriales I, II, III y IV”* de la carrera de Diseño Industrial en la Facultad de Estudios Superiores Aragón y los principios del Ecodiseño del SAM (Selección Ambiental de Materiales) dirigida por MDI. Ruben Sahagun Ángulo. Las calificaciones obtenidas son resultado de la encuesta de opinión pública (Revisar anexo No.1)

Calificaciones: Bueno, bajo ligero = -1/ Neutro, medio = 1/ Malo, alto, elevado = 2

Aspecto	Parámetro (propiedad, característica)	Calf. MDF
	Color	-1
	Peso	-1

Cuadro evaluativo de MDF (1): Aspecto

Calificaciones: Bueno, bajo ligero = -1/ Neutro, medio = 1/ Malo, alto, elevado = 2

	Parámetro (propiedad, característica)	Calif. MDF
Resistencia al entorno	Prueba de flexión	-1
	Humedad	-1
	Hongos	1
	Recubrimientos y acabados	2
	Toxicidad	-1
	Rayaduras	1
	Reacción al calor	-1

Cuadro evaluativo de MDF (2): Resistencia al entorno

	Parámetro (propiedad, característica)	Calif. MDF
Rendimiento operativo	Planos de corte	2
	Uniones mecánicas	1
	Uniones por ensambles	2
	Maquinaria manual	2

Cuadro evaluativo de MDF (3): Rendimiento operativo

Calificaciones: Bueno, bajo ligero = -1/ Neutro, medio = 1/ Malo, alto, elevado = 2

	Parámetro (propiedad, característica)	Calif. MDF
Ciclo de vida productivo	Preservación	1
	Proceso de formado	2
	Saturación de fibra	2
	Deforestación	-1
	Cantidad de maquinaria para producción	1
	Uso	-1
	Reutilizable	1
	Reciclado	-1
	Compostable	1
	Economía circular	1
	Disposición final	2

Cuadro evaluativo de MDF (4): Ciclo de vida productivo

Tabla No. 01. Cuadro evaluativo de MDF

# Justificación

---

De acuerdo los cuadros evaluativos, el MDF es excelente en su rendimiento operativo, sin embargo su resistencia al entorno tiene una déficit, teniendo una oportunidad en el mercado, así como la búsqueda de un cumplimiento óptimo del ciclo de vida.

# Hipótesis

---

Sí el mobiliario RTA actual de venta en la CDMX fabricado con MDF, produce impactos ambientales no deseables desde su fabricación hasta su desecho. Y se ha demostrado que las toneladas de desperdicio no son reciclados, provocando niveles inaceptables de toxicidad, entonces, generar mobiliario RTA con un tablero compuesto de poliestireno expandido y fibra natural, reducirá la huella de carbono.

# Objetivo general

---

Elaborar un tablero compuesto por medio de la experimentación, con poliestireno expandido reciclado, transformándolo en resina mediante la acetona y fibra natural derivadas de un subproducto, con la finalidad de aplicarlo en la industria del mobiliario RTA (Ready to Assemble). Promoviendo así una economía circular y el ecodiseño desde la obtención de materia prima hasta el diseño de mobiliario.

## Objetivo específico

Evaluar la propiedad mecánica por deformación ante la flexión y las características de color, peso y textura del tablero compuesto de poliestireno expandido y fibra natural, ante el MDF; siendo este último el más utilizado en la industria de mobiliario. Ya que se busca dar una opción del tablero compuesto sustentable a dichas industrias.

## Objetivo específico

Comparar el rendimiento operativo de los siguientes tableros: MDF y compuesto de poliestireno expandido y fibra natural. Con la finalidad de demostrar que el tablero compuesto puede ser utilizado como un tablero aglomerado.

# Marco teórico

El cuidado del ambiente no dio pauta a la evolución, sin embargo esto pudo observarse gracias a algunas formas de cuidar el entorno cercano de los pueblos, con el fin de no afectar las zonas de las cuales dependía la vida. (Sahagún, 2013).

Pero antes de la revolución industrial el mobiliario y los objetos útiles solían fabricarlos los artesanos de cada región a partir de materias primas locales. Sin embargo, la inversión en procesos mecánicos fue creciendo y se modificaron las conductas e intereses del ser humano.

Por ejemplo en Gran Bretaña, el manejo de productos como el algodón, generó un cambio significativo en el modo de producción de hilos y textiles como primer paso hacia el desarrollo industrial posterior; es durante los primeros cincuenta años del siglo XIX, cuando la mitad de la población rural emigró a las ciudades para laborar en los recientes centros de producción, también llamados fábricas. (Sahagún, 2013).

Por otro lado, los creadores del Movimiento de Artes y Oficios notaron que el incremento de las nuevas industrias se asociaba con la degradación ambiental y los llevó a considerar métodos nuevos que permitieran reducir estos efectos.

A principios del siglo pasado se habían iniciado los primeros movimientos de vanguardia y estos nuevos estilos afirmaban que la forma de un objeto debía adecuarse a su función, y que las formas simples favorecen la duración, la calidad y el ahorro en los objetos.



Imagen 06. Buckminster Fuller, con su coche y una de sus cúpulas. Colorado, 1980. Recuperado de El Mundo.es (2010).

---

De manera simultánea el arquitecto Adolf Loos, explicaba que el ornamento era el símbolo de una cultura primitiva y que *la evolución cultural equivale a eliminar el ornamento del objeto de uso cotidiano*. La economía en el uso de materiales y de energía se desarrolló de manera paralela al funcionalismo y el modernismo.

En el periodo de 1940 a 1950 hubo una escasez de materiales y energía, lo que llevó a una racionalización del diseño, que se tradujo en la frase: *Menos es más*.

Por otro lado, el primero que pensó en la reutilización y la reducción como conceptos útiles, fue Buckminster Fuller y a lo largo de su vida, desarrolló diversos proyectos que contemplaban aspectos ambientales, por ejemplo el coche *Dymaxion* (Imagen 06), el baño y la casa del mismo nombre; lo cual dió pie a este tipo de propuestas.

En la década de los sesenta, el movimiento hippie cuestionó el consumismo y llamó la *vuelta a la naturaleza*.

---

En 1971, se declaró la primera crisis energética, y hacia 1974, cuando el precio del barril de petróleo se elevó, los tecnólogos empezaron a diseñar productos de menor consumo de energía para reducir la dependencia al petróleo.

A consecuencia de esta crisis se examinó y criticó por primera vez la vida útil de un producto y las consiguientes necesidades energéticas del mismo, pues es Víctor Papanek el que confrontó a los profesionales del diseño para llamar la atención en cuanto a su responsabilidad social.

Es aquí cuando los diseñadores empiezan a hablar de las preocupaciones por el ambiente. A partir de lo trabajado y analizado por Fuller y Papanek, Victor Margolin expone estas ideas como las precursoras de la sustentabilidad en el mundo en su ensayo "Expansión o sustentabilidad: dos modelos de desarrollo" (Margolin, 2005: 115).



---

Se definió por vez primera el término “desarrollo sustentable” en la publicación del informe Brundtland, Our Common Future, escrito en 1987 por la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo. En donde el desarrollo sustentable es: *“la satisfacción de las necesidades esenciales del presente sin que se comprometan las correspondientes a las generaciones futuras”*. (Sahagún, 2013):

En los últimos diez años, las comunidades académicas a nivel mundial cómo lo son la UAM Azcapotzalco CYAD en México, Politecnico de Milano, Delft University, entre otras; han establecido una nueva terminología para describir los tipos particulares de diseño ecológico, tal es el caso del Ecodiseño.

*El ecodiseño consiste en integrar los aspectos ambientales en la concepción y desarrollo de un producto, con el objetivo de mejorar su calidad y, a la vez, reducir los costes de fabricación a través de metodologías basadas en el estudio de todas las etapas de su vida (ciclo de vida del producto) desde la obtención de materias primas y componentes hasta su eliminación y reciclado una vez desechado.* (Sanz, 2014).

---

Ante la necesidad de considerar los aspectos ambientales, los innovadores, diseñadores, artistas, químicos, biólogos e ingenieros, crean composiciones de materiales, biodegradables, compostables y/o sustentables. (Lee, 2019).

Además, debido al cambio climático y calentamiento global, la mercadotecnia también ha tenido su papel, pues en la actualidad hay una tendencia en la que muchas compañías, buscan ser asociadas con el cuidado del planeta.

Todo lo ya mencionado ha dado un impulso debido a la preocupación de que las marcas sean *eco friendly*, por ello cada vez hay más estrategias que se enfocan en ese aspecto.

---

Esta tendencia representa la mejor oportunidad de destacar en el mercado y sobre todo, de *salvar al planeta*. (Gariboy, 2018).

Claramente tenemos de ejemplo las investigaciones y los productos de Suzanne Lee, diseñadora de modas y directora del proyecto de investigación BioCouture, en dónde trabaja la biofabricación a base de células y organismos vivos con técnicas de alta costura; en concreto una gama de chaquetas y zapatos, como se observa en la imagen número 07.

Este proceso resulta ser increíble, pues es extraordinaria la manera en la que la naturaleza siempre tiene algo inédito por mostrar; pues todo esto se lleva a cabo a partir de la fermentación de glucosa en donde crece una colonia de bacterias en la superficie del líquido; lo que da por resultado un tipo de material que se asemeja al cuero, esto es visible en la imagen número 08.

Además, la imagen número 09, muestra lo inverosímil que resulta ser. No es solo biodegradable, es compostable. Así que se podría tirar como se haría con las cáscaras de verduras. (Lee, 2014).



Imagen 07. BioCouture. Vía Suzanne Lee. Recuperado de Biology Studio (2020).



Imagen 08. Fermentación de Crecimiento Bacterial. Vía Suzanne Lee.



Imagen 09. Polímero de celulosa bacteriana. Vía Natalia Maldonado Luna.

---

Otro ejemplo son las pruebas de extrusión e inyección para la obtención de mezclas de polipropileno con fibras de raquis de banano, realizada por José Carlos Mora, Marianelly Esquivel, Marlen Durán, y Roy Zamora del Laboratorio de Investigación de Polímeros en el Laboratorio de Investigación de Polímeros (POLIUNA, 2015.), en la Escuela de Química, Universidad Nacional, Costa Rica

En el caso particular del uso de raquis de banano para la obtención de materiales compuestos, el Laboratorio de Investigación de Polímeros, señala que “el uso del raquis para la obtención de nuevos materiales compuestos podría ser una alternativa importante para nuevas aplicaciones, a partir de un desecho biomásico y una resina sintética como el polipropileno”. (POLIUNA, 2015).

Sin embargo, en esta misma investigación se demostró que al aumentar el material fibroso de raquis, el porcentaje de elongación y resistencia a la flexión decrecen y la tensión aumenta, en otras palabras, el material resulta ser más rígido, como puede observarse en las imagenes 10-15.



Imagen 10.  
Fotografía de  
placas de PP y  
MC. Recuperado  
de Revista  
Iberoamericana  
de Polímeros  
(2015)



Imagen 11.  
Fotografía de  
placas de PP y  
MC. Recuperado  
de Revista  
Iberoamericana  
de Polímeros  
(2015)



Imagen 12.  
Fotografía de  
placas de PP y  
MC. Recuperado  
de Revista  
Iberoamericana  
de Polímeros  
(2015)



Imagen 13.  
Fotografía de  
placas de PP y  
MC. Recuperado  
de Revista  
Iberoamericana  
de Polímeros  
(2015)



Imagen 14.  
Fotografía de  
placas de PP y  
MC. Recuperado  
de Revista  
Iberoamericana  
de Polímeros  
(2015)



Imagen 15.  
Fotografía de  
placas de PP y  
MC. Recuperado  
de Revista  
Iberoamericana  
de Polímeros  
(2015)

---

Cabe señalar que también se observó la formación de grumos, lo que indica que no es buena la transferencia de esfuerzos, entre la matriz (PP) y la fibra, ya que en esta prueba los materiales se someten a cambios de estrés causados por eventos de deformación.

De acuerdo con el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), algunos materiales provienen de los residuos del agave que genera la industria tequilera y mezcalera en México, como son el bagazo, las hojas y restos de fibra natural, que constituyen cerca del 45% de la planta.

Entre los prototipos y posibles aplicaciones que utilizan fibra de agave que se han desarrollado recientemente por parte del CIQA se encuentran: cascos para patinaje y ciclismo, ruedas para patines, raquetas, palas de padel, suelas para tenis deportivos y calzado en general (imagen 16).



Imagen 16. Productos derivados del agave y polímeros, proceso de extrusión realizado por CIQA

También se han desarrollado propuestas para la manufactura de tableros y paneles aglomerados para muebles a partir de fibra de agave *tequilana weber*, mangos de herramientas (palas), y prototipos poliméricos microcelulares sustentables (plásticos espumados) a partir de poliolefinas y fibra naturales.

---

La armadora de autos Ford Motor Company anunció su alianza estratégica con la tequilera José Cuervo para el desarrollo de un bioplástico a partir del agave, con el fin de utilizarlo en la fabricación de componentes automotrices.

José Cuervo reutiliza la fibra de agave que desecha del proceso de producción del tequila como abono para sus cultivos o para la entrega a los artesanos de la región para elaborar sus artesanías y papel de agave. Así que como parte de su plan de sostenibilidad la tequilera explora esta nueva opción con la armadora, como se muestra en la imagen 17 y 18.

"En Ford el objetivo es reducir nuestro impacto sobre el medio ambiente. Como líder en el tema de sustentabilidad estamos desarrollando nuevas tecnologías para emplear eficientemente los materiales y fibras desechadas.

Mientras que potencialmente se disminuye el uso de productos petroquímicos y se aligeran los vehículos para ahorrar combustible", explica Debbie Mielewski, líder técnico de la compañía.



Imagen 17. "Agave Still-1" máquina procesadora de fibra de agave . Vía Ford media center.



Imagen 18. Cultivo de Agave Guadalajara, Jalisco México. Vía Ford media center.

---

Este tipo de acciones retoman la economía circular, ya que todo el desperdicio, o una buena parte de los consumibles de agave que existen en la industria tequilera, son aprovechados, es decir, se genera un producto de un subproducto.

Es por ello que habría que mirar hacia todo el desecho que existe en nuestro país tanto de material como de materia prima, pues cabe señalar que en México se desechan 48 kg de plásticos por persona al año, (Salgado, 2021) y que los plásticos de un solo uso representan en 50% los desechos marinos (PlasticsEurope, 2016; United Nations Environment Programme, UNEP, 2015).

En México se producen 300 millones de toneladas de plásticos al año, de las cuales sólo se recicla el 3% (Santillán, 2018), entre ellos, de los más consumidos y desechados son el PS y EPS (imagen 19), por ser utilizados en la industria alimentaria, mayormente para el embalaje de los alimentos, como botes para lácteos, helados, dulces, envases como, vasos (imagen 20), platos, cubiertos, charolas de supermercado y rosticería, hieleras, contrapuestas y anaqueles, juguetes, blisters, etc. (FECYT, 2018)



Imagen 19. Textura EPS. Recuperado de Plastics Technology México (2017)



Imagen 20. Comercio del EPS. Vía Revista MxCity

---

Por otro lado, el mobiliario RTA (ready to assemble) que en español se puede llamar *listo para armar*, tiene su primera aparición desde el año 1859 con la silla de madera curvada Thonet No. 14, como se ejemplifica en la imagen 22 y 23 (fabricada, como su nombre lo indica, por Michael Thonet, imagen 21), la cual hizo específicamente para desmontarse fácilmente y ahorrar espacio durante el transporte.

El objetivo de este mobiliario es por una parte, reducir los costos de almacenamiento y entrega. Dado que el trabajo de montaje lo realiza el consumidor en lugar del fabricante, por ende, su precio puede ser menor.

Pero podemos verlo desde el lado de la sustentabilidad y el Ecodiseño, pues este tipo de mobiliario al estar dividido en partes y al ser unidos por medio de ensamblajes no requieren de ningún tipo de herroje especial, por lo cual también genera un gran ahorro en la producción de estos productos provenientes del metal.

---

Asimismo, en 1956 la marca IKEA (fundada por Ingvar Kamprad en Suecia) comienza con la idea y la producción de mobiliario RTA, concepto que ha tenido éxito gracias a las ventajas que tiene en comparación con los muebles tradicionales, pues permite reducir y distribuir de manera más eficiente, para así, evitar el desperdicio de material.



Imagen 21. Michael Thonet.  
Recuperado de arteac.es  
(s.f).

---

Además, resulta eficiente la manera en que se reducen a un formato más pequeño las dimensiones de estos muebles para su embalaje.

Sin embargo, cabe mencionar que el mobiliario RTA, como lo son ciertos productos de *IKEA*, si requieren herrajes, como tornillos o herramientas como el taladro, pero estos ya son prefabricados con medidas universales, pues como se dijo anteriormente no requieren de herrajes a la medida o específicos, dado que este tipo de mobiliario resulta ser simplificado, pero no por ello quiere decir que carezca de composición, pues ya lo dice Ingvar Kamprad: “La simplicidad y el sentido común deben caracterizar la planificación y la dirección estratégica”.



Imagen 22. Silla de madera curvada. Modelo Thonet No. 14. Recuperado de XL Semanal (2020).



Imagen 23. Silla de madera curvada. Modelo Thonet No. 14. Recuperado de IKEA (2020).



# Metodología

---

La metodología se compone de técnicas de muestreo, cómo lo es la encuesta de opinión pública (revisar anexo No.1) o pruebas, además de una fase experimental basada en las ciencias físico-matemáticas y química para el diseño del tablero propuesto.

## Diseño de investigación

El presente estudio tiene, de acuerdo a las características de la investigación, un enfoque de tipo mixto, la cual busca mediante la experimentación, el desarrollo un tablero compuesto y posteriormente realizar estudios de comparación con tableros aglomerados.

## Enfoque de investigación

Consiste en la elaboración de muestras de un tablero propuesto de fibra coco y/o fibra de agave con poliestireno expandido reciclado que, posteriormente serán sometidas a diversas pruebas: de deformación, utilidad, maquinado e impacto ambiental. La variable fija del estudio de comparación es el tablero MDF.

## Tamaño y tipo de la muestra

Experimentación de tablero:

Se desarrollarán probetas de fibra de coco y agave con porcentajes de poliestireno expandido (EPS/unicel) Posteriormente, al encontrar el tablero con mejores calificaciones en los cuadros evaluativos, Ecolizer 2.0 y Ecodesign Checklist; se hará un estudio comparación mediante tablas con el MDF.

---

Estudios de comparación:

Obtenidos los datos de la experimentación del desarrollo de tableros compuestos de fibra y EPS, se colocan los datos del tablero MDF en cuadros de comparación para promediar una calificación y proponerlo como un tablero para la industria.

## Técnicas de análisis de datos

Las pruebas de medición se dividen en 2 tipos de parámetros: Cualitativas y cuantitativas. De acuerdo al tipo de parámetros será la técnica de medición: Opinión pública mediante entrevistas, Ecolizer 2.0, Ecodesign Checklist, instrumentos de medición, pruebas estandarizadas o aplicación de normas. Teniendo como punto de comparación el MDF, dependiendo del parámetro a medir.

## Objetivos de la experimentación y comparación:

1. Comprobar su comportamiento al entorno desde su producción, rendimiento operativo y reciclaje.
2. Comparar las propiedades y características del material compuesto por poliestireno expandido y fibra natural ante el MDF, con la finalidad de brindar una opción a la industria del mobiliario RTA.
3. Evaluar características del tablero compuesto de poliestireno expandido y fibra natural, ante el MDF; siendo este último el más utilizado en la industria de mobiliario.
4. Comparar el rendimiento operativo de los siguientes tableros: MDF y compuesto de poliestireno expandido y fibra natural. Con la finalidad de demostrar que el tablero compuesto puede ser utilizado como un tablero aglomerado.

---

## Expectativas de los resultados:

1. Obtener un tablero compuesto que contenga niveles de toxicidad bajos comparados con el fenol formaldehído.
2. Conseguir un tablero compuesto con una apariencia uniforme y homogénea.
3. Obtener un tablero con mayor cantidad de fibra que de poliestireno para que el impacto ambiental sea menor.
4. Constatar que el tablero compuesto sea óptimo para la elaboración de mobiliario RTA.
5. Usar el menor porcentaje de agentes tóxicos para el desarrollo del tablero.

# Memoria descriptiva

---

Fase experimental con un tipo de polímero; EPS y dos tipos de fibras; coco (sustrato orgánico) y agave (*salmiana*).

Se siguieron los pasos mencionados en la metodología (página 37) con una variación en las cantidades del polímero, la fibra y acetona para obtener un muestreo más amplio en características y propiedades.

Se optó por diferentes tipos de moldes para tener grosores diferentes, además de diferentes materiales (madera, acero galvanizado y vidrio), así como las dos fibras mencionadas anteriormente. Todo con el fin de analizar el comportamiento del material compuesto ante diversas proporciones y materiales.

A continuación se documenta la experimentación en tres fases, la primera fase, la de desarrollo, se muestran las tablas con los porcentajes que manejamos a lo largo de la experimentación con cada componente hasta llegar a la escala con mejores características y propiedades.

La segunda fase, contiene algunas pruebas realizadas a las probetas resultantes del muestreo, además se muestran algunas tablas comparativas entre tableros compuestos de coco, agave y el MDF. Para la última y tercera fase se analizó el ciclo de vida del material compuesto con herramientas cualitativas (Ecodesign Checklist) y cuantitativas (Ecolizer 2.0),

## Primera fase: Desarrollo de tablero compuesto

### Materiales

Material	Especificación	Unidad	Cantidad	Costo*
Acetona pura (C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O)	Se usa para disolver otras sustancias y se usa en la fabricación de plásticos, fibras y otros químicos.	Lt	5	\$468
Poliestireno expandido blanco y café	Recolectado de platos, vasos, desechables, material de construcción y embalajes.	Kg	1	\$200
Fibra de coco	La fibra de coco es un tipo de sustrato que se obtiene como residuo de las fibras de los frutos del cocotero.	Kg	2	\$200
Fibra de agave	Fibra de agave <i>salmiana</i> obtenida a partir de un subproducto del pulque.	Kg	1	\$300
Vaselina sólida	Es una masa blanda, untuosa, ligeramente amarillo, transluciente u opaca, homogénea, casi inodora e insípida.	Gr	60	\$17
Tablero de MDF 15x5 cm. (6mm y 9 mm).	Tablero de fibra de densidad media fabricado a partir de fibras de maderas y resinas sintéticas comprimidas.	NA	2	NA

Tabla No. 02. Insumos utilizados en la fase experimental.

**Nota:** En el caso del EPS (unicel), la fibra de coco y agave, solo se pagó por el envasado y el transporte hasta la CDMX, pues son materiales de desecho que ya vienen de un subproducto.

## Imágenes de los materiales

Imagen	Especificación	Imagen	Especificación	Imagen	Especificación
	Poliestireno expandido recuperado de envases desechables de comida y embalajes de diversos productos.		Acetona pura, se usa en la fabricación de plásticos, fibras, drogas y otros químicos. También se usa como solvente.		Vaselina sólida, es una masa blanda, untuosa, utilizada en este caso, como un desmoldante.
	Fibra de coco pura. Sustrato orgánico.		Fibra de agave <i>salmiana</i> utilizada para productos biodegradables. Además, es un subproducto del pulque.		MDF. Tablero de fibra de densidad media fabricado a partir de fibras de maderas y resinas sintéticas comprimidas.

Tabla No. 03. Imágenes de los insumos utilizados en la fase experimental.

## Instrumentos de experimentación

Instrumento	Especificación	Marca	Cantidad	Costo*
Recipientes metálicos y/o de vidrio	Contener compuesto para mezcla y vaciado en moldes.	Sin marca	2	NA
Agitadores	Permitirá mezclar el compuesto.	Sin marca	2	NA
Termómetro digital	Medir temperatura	EMAGIE	1	\$179
Mascarilla de un filtro	Evitará respirar posibles toxinas de la acetona o EPS.	Cabel	2	\$80 c/u
Guantes de nylon con nitrilo espumado	Evitar contacto directo con acetona.	DermaCare	2 pares	\$40 c/u
Báscula digital	Permite pesar las cantidades a usar de cada ingrediente y las muestras resultantes.	Sin marca	1	\$180
Tijeras, colador	Utilizados para moler y cernir la fibra.	Sin marca	1 c/u	NA
Cuña	Auxiliar para el desmoldado de muestras.	Sin marca	1	\$10
Lámina de acero galvanizado calibre 20 (50x25 cm)	Utilizado para moldes	NA	1	\$120
Listones de madera	Utilizado para moldes	NA	4	\$22 c/u

Tabla No. 04. Instrumentos utilizados en la fase experimental.

---

## Fase experimental de producción de tablero:

Procedimiento:

El procedimiento para el desarrollo del tablero se compone de 4 pasos:

1. Limpieza y corte de EPS.
2. Preparación de fibras naturales.
3. Dilución de EPS en acetona.
4. Mezclar la fibra natural con el EPS en acetona y vaciado en molde.

Cabe resaltar que todas estos pasos se realizaron en el laboratorio L1 de diseño y manufactura en la Facultad de Estudios Superiores Aragón, en un período de tiempo de 6 meses.



Imagen 24. Experimentación en Laboratorio de Manufactura L1 en Facultad de Estudios Superiores Aragón.



Imagen 25. Experimentación en Laboratorio de manufactura L1 en Facultad de Estudios Superiores Aragón.



Imagen 26. Muestreo de fibras: Coco y agave.



---

## 1. Limpieza y corte de EPS

Para el primer paso el EPS es recolectado en depósitos de basura, posteriormente debe ser lavado con detergentes y agua para descontaminar en caso de que el unigel recolectado haya sido de envases de comida o bloques de construcción, para después triturarlo.

En esta investigación, el EPS se recuperó de envases de comida, bloques para la industria de la construcción, envases secundarios o de protección de aparatos electrodomésticos.

El EPS o unigel se tritura para poder disolverse de manera rápida y eficiente en un recipiente que contenga la acetona.



Imagen 27. Corte de EPS obtenido de embalajes y bloques.



Imagen 28. Corte de EPS obtenido de envases de comida.



Imagen 29. Lavado de EPS.



Imagen 30. Secado del EPS.

## 2. Preparación de fibras naturales

Se decidió usar fibra de coco y agave para realizar tableros diferentes respectivamente, ya que estas tienen buenas propiedades de resistencia al entorno, además de tener industrias nacionales productoras y que posteriormente las desechan.

Las fibras deberán ser lavadas con detergentes y agua para después ser secadas en un espacio abierto durante 24 horas, con la finalidad de no añadir polvo, piedras u algún otro tipo de fibra que intervenga en el desarrollo del tablero.

Para este tipo de pruebas se analizaron los tamaños de la fibra usada, la siguiente tabla e imágenes que muestran la longitud aproximada usada en la investigación durante el desarrollo y estudio de las muestras del tablero.

Fibra natural	Longitud de la fibra	Observaciones
Coco	$\leq 8$ milímetros	Aunque presenta una mayor resistencia, el aspecto se pierde ya que no genera una superficie plana
Coco	$\leq 2$ milímetros	Presenta un acabado plano aunque no presenta la misma resistencia a la flexión
Agave	$\leq 8$ milímetros	No presenta un acabado plano y genera burbujas en sus superficies
Agave	$\leq 2$ milímetros	Presenta un acabado plano sin embargo no logra absorber acetona de la misma manera que la de coco

Tabla No. 05. Especificaciones del tamaño de la fibra.



Imagen 31. Corte de fibra de agave.



Imagen 32. Fibra de coco molida y tamizada.



Imagen 33. Fibra de agave con un primer proceso de corte..

---

Como resultados se obtiene que es necesario cortar las fibras de coco y agave de una longitud menor o igual a 2 milímetros, para la obtención de una resistencia favorable, un acabado plano en sus superficies y libre de burbujas que podrían generar poros.

### 3. Dilución del EPS en acetona

El tercer paso es la dilución de EPS en acetona, para esto es importante describir la reacción química que ocurre con el EPS dentro de la acetona.

La capacidad de un solvente para diluir va a depender de su polaridad. Esta se describe como la propiedad de las moléculas que representa la separación de las cargas eléctricas de la misma molécula. Todos los derivados del petróleo son poco polares o no polares, la acetona es un fluido no polar y en cambio, el EPS es poco polar, esto logra que al ingresar EPS dentro de la acetona haya una liberación de gases, donde el EPS sufre un cambio de sólido a semisólido.

Durante la investigación se buscó el uso mínimo de acetona para no tener un nivel alto de toxicidad en la fabricación. A continuación se muestra una tabla de escalas usadas en el desarrollo del tablero.



Imagen 34. Dilución de EPS en acetona.

Escala	Cantidad de EPS	Cantidad de acetona	Observaciones
1:1	50 gr	50 ml	Aunque la reacción se genera de manera adecuada no alcanza a que todo el EPS introducido cambie de sólido a semisólido.
1:2	50 gr	100 ml	Muestra una reacción química adecuada en donde se tiene un sobrante de 12 a 15 ml de acetona.
1:3	50 gr	150 ml	Muestra una reacción química adecuada en donde se tiene un sobrante de 14 a 20 ml de acetona.

Tabla No. 06. Escalas de acetona para la dilución de EPS.

Como resultados obtuvimos que para una reacción química adecuada es necesario una escala mayor o igual a 1:2 para no tener restos sólidos de EPS, además, el sobrante de acetona permite un periodo de tiempo para moldear (descrito en el paso 4, página 42). La escala 1:3 fue descartada por la cantidad de sobrante de acetona.



Imagen 35. Dilución de EPS en Acetona, escala 1:3.



Imagen 36. Dilución de EPS en Acetona, escala 1:2.



Imagen 37. Dilución de EPS en Acetona, escala 1:1.

---

#### 4. Mezclar la fibra natural con EPS en acetona y vaciado en molde

La mezcla de la fibra natural se añade una vez que el EPS haya sido disuelto por la acetona completamente, esto se puede verificar por el aspecto del EPS, ya que este se observa con un color blanco o amarillo y una viscosidad similar a la de una crema cosmética.

La fibra de coco y agave con la longitud de menor o igual a 2 milímetros se deben comenzar a agregar progresivamente junto con el EPS, esto con la finalidad de obtener una mezcla homogénea durante el conformado del tablero, esto es muy importante para lograr que el EPS aglomere a la fibra.

Una vez obtenida la mezcla se inicia un proceso de moldeo, para ello es requerido una superficie plana de un material que no absorba la acetona sobrante. Pueden utilizarse como moldes: lámina de acero al carbón, lámina galvanizada o vidrio, sin embargo es requerido el uso de desmoldantes; en esta investigación se utilizó vaselina con la finalidad de evitar que la mezcla se adhiera al material del molde.

Es muy importante que durante el proceso de moldeo la mezcla de fibra y EPS tenga un sobrante de acetona del 10% para su manipulación, ya que después de un período de 8 a 12 minutos puede iniciar su proceso de secado y será complicada su manipulación.



Imagen 38. Mezcla de fibra de coco con EPS y Acetona.



Imagen 39. Masa resultante del proceso de mezclado.



Imagen 40. Compresión manual de la muestra en molde.

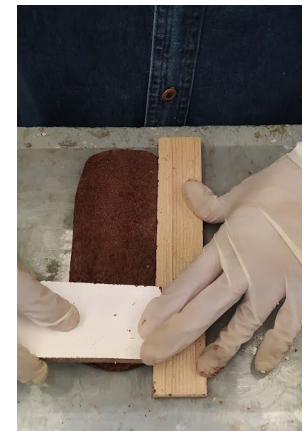


Imagen 41. Moldeado manual de la muestra.

---

Para el proceso de secado es necesario entender que el punto de evaporación de la acetona es de 55°C; la temperatura ambiente ronda alrededor de los 17°C a 30°C (en primavera), y con ella se puede iniciar el proceso. Una vez pasados los 8 a 12 minutos la mezcla comienza adherirse en los materiales que no contengan desmoldante, es por ello que en este período debe ser moldeada y perfilada para su proceso de secado, cabe aclarar que para evitar irritación en la piel es necesario usar guantes de látex o nylon con nitrilo espumado para su manipulación.

El tiempo de secado depende según la temperatura y humedad que exista en el ambiente, pero regularmente el secado se logra en un tiempo de 24 a 34 horas, es muy importante que durante las primeras 3 horas la mezcla se gire o de vuelta cada 20 minutos para evitar que por gravedad la acetona baje, provocando que ambas superficies no sequen de manera adecuada; además, se debe ejercer una presión en la superficies para evitar burbujas de gas provocado por la evaporación de la acetona.

El resultado de apariencia y compactación del tablero puede ser mejorado por un proceso de compresión por medio de un prensado similar al proceso industrial del MDF, sin embargo para este estudio el alcance obtenido fue limitado.



Imagen 42. Secado de muestras a temperatura ambiente.



Imagen 43. Secado de muestras a temperatura ambiente

## Desarrollo de proporción y muestreo

Fibra	Cont. en gr.	Polímero	Cont. en gr.	Acetona (ml)	Medidas (mm)	Observaciones
Coco	30	EPS	60	120	200x150x3	Mezclar de manera más homogénea, añadir más cantidad de EPS, se requiere presión para sacar excedente de acetona.
Coco	17	EPS	60	120	200x150x3	Aumentar cantidad de fibra. La mezcla suele pegarse tanto en vidrio como en acero galvanizado.
Coco	8.5	EPS	30	60	60x30x10	Se intentó un moldeado manual tipo pastillaje, además de un volteado constante de la muestra para el secado de ambas caras.
Coco	8	EPS	30	60	90x90x5	Se intentó un moldeado manual tipo pastillaje, además de un volteado constante de la muestra para el secado de ambas caras. La masa puede ser moldeada en formas cuadradas y circulares.
Coco	10	EPS	30	40	90x90x5	8 -12 minutos después de su compresión se comienza a pegar tanto en vidrio como en acero galvanizado
Coco	15	EPS	30	40	90x90x5	La mezcla suele pegarse tanto en vidrio como en acero galvanizado.
Coco	8	EPS	30	45	90x90x5	Se intentó secar con pistola de calor midiendo la temperatura con termómetro infrarrojo.
Agave	20	EPS	30	45	90x90x5	Se intentó secar con pistola de calor midiendo la temperatura con termómetro infrarrojo.

Fibra	Cont. en gr.	Polímero	Cont. en gr.	Acetona (ml)	Medidas (mm)	Observaciones
Agave	30	EPS	30	60	90x90x5	Se intentó secar con pistola de calor midiendo la temperatura con termómetro infrarrojo. Sin embargo, el calor provocó erupciones en la muestra.
Agave	11	EPS	30	46	90x90x5	8 - 12 minutos después de su compresión se comienza a pegar tanto en vidrio como en acero galvanizado y madera.
Coco	15	EPS	30	60	90x90x5	La acetona baja a la superficie de la base y no permite un secado uniforme. Se optó por utilizar un desmoldante (vaselina) para evitar que la mezcla se pegará a los diferentes moldes.
Coco	15	EPS	35	60	90x90x5	La muestra resultó ser muy endeble
Agave	10	EPS	30	60	90x90x5	Hay un sobrante de acetona, la fibra no la absorbe en su totalidad
Agave	20	EPS	30	60	NA	Moldeado manual tipo pastillaje
Coco	4.5	EPS	8	11	NA	Se probaron moldes prefabricados (PP) y caucho de silicón (p-48) con algunas figuras para ver el comportamiento del material.
Agave	4.5	EPS	8	11	NA	Se probaron moldes prefabricados (PP) con algunas figuras para ver el comportamiento del material.
Agave	20	EPS	25	60	90x90x10	La proporción aún se queda un poco corta en EPS, pues la fibra no termina de aglutinar completamente.
Coco	15	EPS	35	60	90x90x10	La proporción aún se queda un poco corta en EPS, pues la fibra no termina de aglutinar completamente. Sin embargo, se optó por un secado al aire libre sin pistola de calor.



Fibra	Cont. en gr.	Polímero	Cont. en gr.	Acetona( ml)	Medidas (mm)	Observaciones
Coco	25	EPS	66	120	150x50x9	Esta proporción resultó ser homogénea, sin exceso de fibra, acetona y/o EPS. Además permitió su moldeado tanto en molde como de manera manual (tipo pastillaje). La vaselina funciona sin problema como desmoldante.
Coco	15	EPS	40	60	150x50x6	Esta proporción resultó ser homogénea, sin exceso de fibra, acetona y/o EPS. Además permitió su moldeado tanto en molde de manera manual. La vaselina funciona sin problema como desmoldante.
Agave	40	EPS	60	100	150x50x9	Esta proporción resultó ser homogénea, sin exceso de fibra, acetona y/o EPS. Además permitió su moldeado tanto en molde de manera manual. La vaselina funciona sin problema como desmoldante.
Agave	20	EPS	30	60	150x150x6	Esta proporción resultó ser homogénea, sin exceso de fibra, acetona y/o EPS. Además permitió su moldeado tanto en molde de manera manual. La vaselina funciona sin problema como desmoldante.

Tabla No. 07. Control experimental y de muestreo.

En esta fase, cómo ya se mencionó, se experimentó con diferentes cantidades tanto de EPS, acetona y fibras, todo con la finalidad de encontrar una proporción homogénea en donde las cantidades de polímero no fueran excesivas para un degradado eficaz, sin dejar de lado el objetivo de que sea lo suficientemente resistente para mobiliario RTA. A lo largo de la experimentación se utilizaron moldes de vidrio, acero galvanizado y madera, así como el uso de temperatura con la ayuda de una pistola de calor para acelerar el secado, considerando que la acetona se evapora a los 50°C y el EPS comienza a perder propiedades a los 80°. Sin embargo, esta idea fue descartada ya que a pesar de que la pistola de calor alcanzaba hasta los 60°C y contábamos con termómetro infrarrojo, se necesita de un control de temperatura más preciso, pues el calor provoca erupciones en las muestras, incluso llega a carbonizarse, por lo tanto se optó por un secado al aire libre.

## Segunda fase: Pruebas y comparativas de tablero NIM

Una vez obtenidas las proporciones en la fase experimental de producción de tablero, se realizaron las probetas mostradas en la tabla número 08.

Acetona	Cantidad de EPS	Cantidad de fibra	Tipo de fibra	Tamaño de probeta
120 ml	66 gr	25 gr	Coco	150x50x9 mm 150x50x6 mm
60 ml	40 gr	15 gr	Coco	150x50x9 mm 150x50x6 mm
100 ml	60 gr	40 gr	Agave	150x50x9 mm 150x50x6 mm
60 ml	35 gr	20 gr	Agave	150x50x9 mm 150x50x6 mm

Tabla No. 08. Proporciones utilizadas para la realización de muestras finales.

Las pruebas que se realizaron tienen como objetivo comprobar que el tablero NIM cumple con los requerimientos para el diseño y producción de mobiliario RTA. Además de introducir posibles usos en múltiples industrias según los requerimientos especificados.



Imagen 44. Muestras de 150x50 mm de fibra de coco y agave con EPS.

---

## Color

Los colores obtenidos en el tablero son muy similares a la fibra usada. Aunque cada fibra puede sufrir un cambio de tonalidad en el color ya que la acetona puede llegar a “quemar” la fibra por una acumulación de la misma, tal y como lo muestra en la imagen número 45.

El color que adopta es más oscuro similar al de la fibra cuando es puesta en agua; para evitar ese cambio de tonalidad son requeridos dos pasos importantes en el desarrollo del tablero: el primero es durante el período de mezcla y manipulación, después de que la fibra y el EPS sean mezclados se obtendrá una mezcla homogénea, así que en un lapso de tiempo de 8 a 12 minutos es cuando tendrá que moldearse para evitar acumulaciones excesivas de acetona.

El segundo paso es girar la pieza en su proceso de secado las primeras 3 horas cada 20 minutos ya que la acetona tiende a bajar a la superficie y esto a su vez provoca una acumulación en el centro de la pieza. Aunque el color de las piezas es un parámetro subjetivo, el tablero NIM puede resistir acabados de tipo acrílico, nitrocelulosa, vinilica y tintas de madera de base alcohol (estos tipos de de acabados se pueden leer en las pruebas de pegamentos y recubrimientos, página 55).



Imagen 45. Diversidad de tonos en muestras obtenidas.



Imagen 46. Diversidad de tonos en muestras obtenidas.

---

## Textura

De acuerdo al proceso de moldeado, secado y tamaño de fibra se obtendrá el tipo de textura. En el caso del tablero compuesto de fibra de agave la textura obtenida contiene más relieves ya que esta fibra tiene una baja absorción comparada con la fibra de coco, por lo cual, la superficie no se logra aglutinar completamente. Por otro lado, el tablero compuesto de fibra de coco obtiene una textura mayormente lisa si se evita la acumulación de burbujas en su proceso.

## Peso

La siguiente tabla muestra los pesos obtenidos, en conclusión si es comprado con el MDF los tableros NIM de agave y coco tienen un mayor peso.

Medidas generales	MDF	Coco	Agave
9 mm/ 150 mm x 50 mm	43 gr	47 gr	59 gr
6mm/ 150 mm x 50 mm	32 gr	40 gr	39 gr

Tabla No. 09. Peso en muestras.



Imagen 47. Textura en MDF.



Imagen 48. Textura en muestras de fibra de coco con EPS.



Imagen 49. Textura en muestras de fibra de agave con EPS.

## Humedad

Las muestras se sumergieron en 3 litros de agua (tratada) por un lapso de tiempo de 48 horas. La siguiente tabla muestra los pesos en seco y húmedo además del porcentaje obtenido con un higrómetro, en conclusión, comparadas con el MDF los tableros NIM de agave y coco tiene un menor porcentaje de humedad, además, el MDF comienza a perder propiedades ante la fricción y genera un olor similar al del cartón mojado.

Medidas generales	MDF peso en seco	Coco peso en seco	Agave peso en seco	Grado de humedad
9 mm/ 150 mm x 50 mm	43 gr	47 gr	59 gr	0%
6mm/ 150 mm x 50 mm	32 gr	40 gr	39 gr	0%
Medidas generales	MDF peso húmedo	Coco peso húmedo	Agave peso húmedo	Grado de humedad
9 mm/ 150 mm x 50 mm	78 gr	56 gr	75 gr	MDF: 44% Coco: 38% Agave: 41%
6mm/ 150 mm x 50 mm	58 gr	46 gr	49 gr	MDF: 43% Coco: 37% Agave: 41%

Tabla No. 10. Grado de humedad en muestras.



Imagen 50. Muestras secas de MDF, fibra de agave y coco con EPS.



Imagen 51. Muestras en agua de MDF, fibra de coco y agave con EPS.



Imagen 52. Muestras húmedas de MDF, fibra de coco y agave con EPS.

## Prueba de flexión

La prueba para la propiedad mecánica por deformación ante la de flexión se realizó aplicando un peso específico durante 60 segundos sobre un extremo de las probetas de coco, agave y MDF, las probetas fueron presadas por la mitad para que la tensión fuera distribuida, este peso fue incrementando de medio kilogramo en medio kilogramo, el siguiente diagrama muestra la prueba de flexión aplicada.

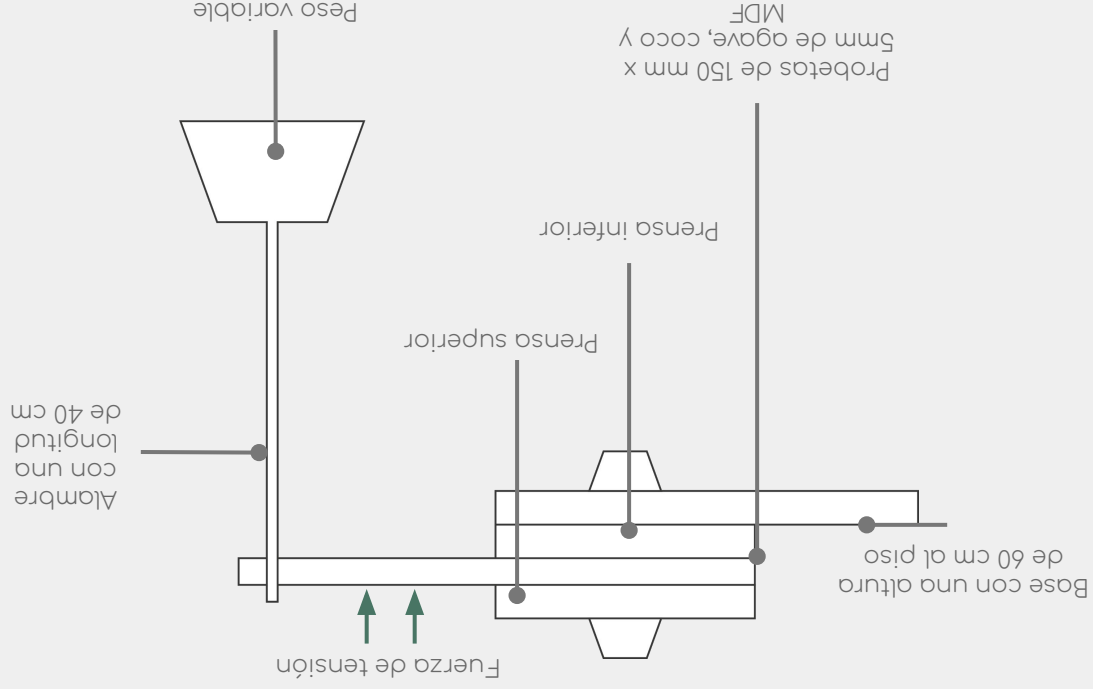


Gráfico No. 2. Diagrama de la prueba de flexión.



Imagen 53. Muestra de fibra de agave con EPS (150x50x6 mm) después de ser sometida a prueba de flexión.



Imagen 54. Muestra de fibra de agave con EPS (150x50x9 mm) después de ser sometida a prueba de flexión.



Imagen 55. Muestra de fibra de coco con EPS (150x50x6 mm) después de ser sometida a prueba de flexión.



Imagen 56. Muestra de fibra de coco con EPS (150x50x9 mm) después de ser sometida a prueba de flexión.



Imagen 57. Muestra de MDF (150x50x6 mm) después de ser sometida a prueba de flexión.



Imagen 58. Muestra de MDF (150x50x9 mm) después de ser sometida a prueba de flexión.

Kg	MDF	Coco	Agave	Observaciones
.250	6 mm 9mm	6 mm 9mm	6 mm 9mm	Sin cambios aparentes.
.500	6 mm 9mm	6 mm 9mm	6 mm 9mm	Sin cambios aparentes.
1	6 mm 9mm	6 mm 9mm	6 mm 9mm	Sin cambios aparentes.
1.5	6 mm 9mm	6 mm 9mm	6 mm 9mm	Sin cambios aparentes.
2	6 mm 9mm	6 mm 9mm	6 mm 9mm	Sin cambios aparentes.
2.5	6 mm 9mm	6 mm 9mm	6 mm 9mm	Sin cambios aparentes.
3	6 mm 9mm	6 mm 9mm	6 mm 9mm	Sin cambios aparentes.
3.5	6 mm 9mm	6 mm 9mm	6 mm 9mm	Sin cambios aparentes.



Imagen 59. Flexión en muestra de agave de 6 mm a los 4.5 kg.



Imagen 60. Flexión en muestra de coco de 6 mm a los 5 kg.



Imagen 61. Flexión en muestra de coco de 9 mm a los 5.5 kg.

Kg	MDF	Coco	Agave	Observaciones
4	6 mm 9mm	6 mm 9mm	6 mm 9mm	Sin cambios aparentes.
4.5	6 mm 9mm	6 mm 9mm	6 mm 9mm	La muestra de agave de 6 mm se flexionó 5 mm. Al quitar el peso no regresó a su forma plana.
5	6 mm 9mm	6 mm 9mm	6 mm 9mm	La muestra de agave de 6 mm sufre una rotura. Y la muestra de coco muestra una flexión de 5 mm.
5.5	6 mm 9mm	6 mm 9mm	6 mm 9mm	La muestra de coco de 6 mm sufre una rotura. Y la muestra de agave de 9 mm sufre una primera flexión de 2 mm. El MDF de 6 mm comienza a flexionar 3 mm.
6	6 mm 9mm	6 mm 9mm	6 mm 9mm	La muestra de coco de 9 mm sufre una rotura.
6.5	mm 9mm	6 mm 9mm	6 mm 9mm	Sin cambios aparentes.
7	6 mm 9mm	6 mm 9mm	6 mm 9mm	Sin cambios aparentes.
7.5	6 mm 9mm	6 mm 9mm	6 mm 9mm	Sin cambios aparentes.



Imagen 62. Rotura en muestra de agave de 6 mm a los 5 kg.



Imagen 63. Rotura en muestra de coco de 6 mm a los 5.5 kg.



Imagen 64. Rotura en muestra de coco de 9 mm a los 6 kg.



Kg	MDF	Coco	Agave	Observaciones
8	6 mm 9mm	6 mm 9mm	6 mm 9mm	Sin cambios aparentes.
8.5	6 mm 9mm	6 mm 9mm	6 mm 9mm	Sin cambios aparentes.
9	6 mm 9mm	6 mm 9mm	6 mm 9mm	Sin cambios aparentes.
9.5	6 mm 9mm	6 mm 9mm	6 mm 9mm	Sin cambios aparentes.
10	6 mm 9mm	6 mm 9mm	6 mm 9mm	La muestra de agave de 9 mm sufre una flexión de 3 mm.
10.5	6 mm 9mm	6 mm 9mm	6 mm 9mm	La muestra de agave de 9 mm sufre una rotura.
14.5	6 mm 9mm	6 mm 9mm	6 mm 9mm	La muestra de MDF de 6 mm sufre una rotura.
25.5	6 mm 9 mm	6 mm 9 mm	6 mm 9 mm	La muestra de MDF de 9 mm sufre una rotura.

Nota: En la tabla anterior se puede observar un salto de los 10.5 kg a los 25.5 kg debido a que no hubo ningún cambio significativo el cual documentar.

Tabla No. 11. Kilogramos utilizados para la prueba de flexión en muestras.



Imagen 65. Flexión en muestra de agave de 9 mm a los 10 kg.



Imagen 66. Rotura en muestra de agave de 9 mm a los 10.5 kg.



Imagen 67. Imagen 66. Rotura en muestra de MDF de 9 mm.

## Recubrimientos y acabados

La prueba de recubrimientos y acabados se realizó sobre las probetas de 150 mm x 50 mm, en donde se seleccionaron cuatro tipos de acabado aplicados en 3 capas, descritos en la siguiente tabla, sin embargo no se recomienda un acabado ya que dificulta el proceso de reciclado.

Material	Vinilica	Nitrocelulosa	Tinta al alcohol	Esmalte Acrílico
MDF	Se logra un acabado uniforme a las 3 capas aplicadas..	Obtiene un acabado brillante sin embargo da una apariencia húmeda.	No obtiene un acabado uniforme ya que este absorbe la tinta.	Obtiene un acabado no uniforme y tiende a absorber la pintura.
Coco	Se logra un acabado uniforme a las 3 capas aplicadas.	Obtiene un acabado brillante y requiere más tiempo de secado.	Obtiene un acabado uniforme sin embargo resalta los poros de la muestra.	Se logra un acabado uniforme a las 3 capas aplicadas.
Agave	Se visualiza la textura del material.	Obtiene un acabado brillante y requiere más tiempo de secado.	Se visualiza la textura del material.	Se visualiza la textura del material.

Tabla No. 12. Acabados más comunes del mobiliario aplicados a muestras de tablero NIM.



Imagen 68. Muestras con nitrocelulosa y esmalte acrílico.



Imagen 69. Muestras con tinta al alcohol y vinilica.

## Toxicidad

Se recopiló información de los riesgos toxicológicos del fenol formaldehído usado para fabricación de MDF y acetona para el tablero NIM, recuperados de *Carl Roth (2021)* Empresa dedicada al asesoramiento, producción de químicos y distribución de material para laboratorio. Los datos demuestran que aunque ambas sustancias tiene un grado de toxicidad, el fenol formaldehído ocasiona daños severos a los órganos

Criterio	Fenol formaldehído	Acetona
Corrosión o irritación cutánea	Provoca quemaduras graves.	No se clasifica como corrosivo/irritante para la piel.
Lesiones oculares graves o irritación ocular	Provoca lesiones oculares graves.	Provoca irritación ocular grave.
Sensibilización respiratoria o cutánea	No se clasifica como sensibilizante respiratoria o sensibilizante cutánea.	No se clasifica como sensibilizante respiratoria o sensibilizante cutánea.

## Pictogramas de riesgo químico en la acetona



Imagen 70. GHS07

Toxicidad aguda categoría 4, (peligro al inhalar)



Imagen 71. GHS07

Sustancias inflamables

## Pictogramas de riesgo químico en el fenol



Imagen 72. GHS05

Sustancias corrosivas



Imagen 73. GHS06

Toxicidad aguda categoría 1, 2 y 3

Criterio	Fenol formaldehído	Acetona
Mutagenicidad en células germinales	Se sospecha que provoca defectos genéticos.	No se clasificará como mutágeno en células germinales.
Carcinogenicidad	Con alto nivel de riesgo.	No se clasifica como carcinógeno.
Toxicidad para la reproducción	Puede provocar riesgos para la reproducción.	No se clasifica como tóxico para la reproducción.
Toxicidad específica en determinados órganos	Puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas.	No se clasifica como tóxico específico en determinados órganos (exposición repetida).
Peligro por aspiración	No se clasifica como peligroso en caso de aspiración.	No se clasifica como peligroso en caso de aspiración.

Tabla No. 13. Toxicidad en las sustancias utilizadas en el proceso del MDF y los tableros NIM.



Imagen 74. GHS08  
Cancerígeno, mutágeno



Imagen 75. GHS09  
Dañino para el medio ambiente acuático

## Lijado

Para el proceso de lijado se establecieron las lijas de agua numeración 80, 120 y 320. Se seleccionaron lijas de agua ya que el tablero NIM contiene un polímero y cualquier otra lija para esmeril o madera podría tapar el grano de estas. No se seleccionaron lijas de mayor numeración ya que estas son para acabados específicos como el pulido. El tiempo de lijado fue alrededor de 5 minutos, en un solo sentido procurando mantener la misma fuerza, la siguiente tabla muestra los datos obtenidos.

Material	Lija 80	Lija 120	Lija 320
MDF	Presenta un acabado rugoso y tiende a dañar el acabado del propio con daños irreparables sobre este, presenta menor oposición al desbaste.	Presenta un acabado rugoso y tiende a dañar el acabado del propio aunque puede repararse.	Presenta un acabado uniforme aunque no es recomendable lijar con más fuerza o tiempo.
Coco	Presenta un acabado rugoso aunque no existe riesgo de daños en su acabado.	Presenta un acabado rugoso aunque no existe riesgo de daños en su acabado.	Obtiene un acabado uniforme sin embargo es requerido el uso de lijas de menor número.
Agave	Presenta un acabado rugoso y es requerido mayor tiempo de lijado, presenta mayor oposición al desbaste.	Presenta un acabado rugoso y es requerido mayor tiempo de lijado.	Presenta un acabado rugoso y es requerido mayor tiempo de lijado.

Tabla No. 14. Comparativa de lijado entre las muestras.

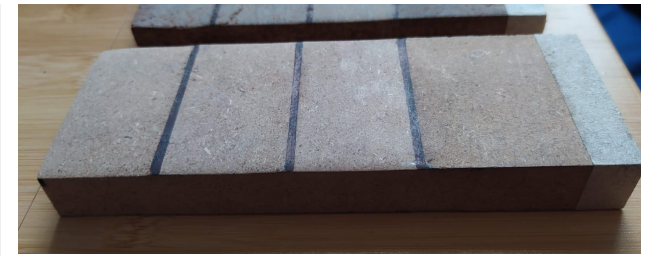


Imagen 76. Muestra de lijado en MDF.

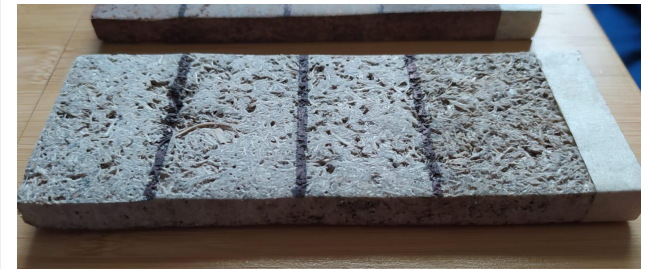


Imagen 77. Muestra de lijado en agave.

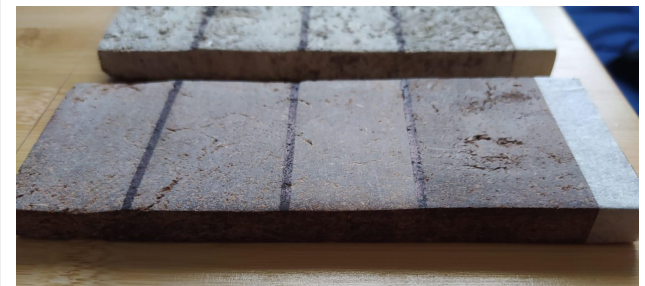


Imagen 78. Muestra de lijado en coco.

## Reacción al fuego

Para esta prueba sometimos algunas muestras a flama directa con un encendedor comercial de rueda que al girar genera una chispa y libera el gas butano para generar fuego instantáneamente. Todo con la finalidad de observar el tiempo en que se incendiaba el material y el tipo de humo que liberaba.

Material	Segundos en incendiarse	Observaciones
MDF	9	El humo liberado fue de color gris, indicado que es un material compuesto de celulosa o fibras artificiales. El fuego fue consumido hasta los 16 segundos El material se carbonizó.
Coco	4	El humo liberado fue de color negro oscuro indicando que es un material de plastico que en este caso es EPS. El fuego fue consumido hasta los 10 segundos El material se carbonizó.
Agave	6	El humo liberado fue de color negro oscuro indicando que es un material de plastico que en este caso es EPS. El fuego fue consumido hasta los 8 segundos El material se carbonizó.

Tabla No. 15. Observaciones en la reacción de las muestras ante el fuego.



Imagen 79. Muestra de MDF expuesto a flama directa.



Imagen 80. Muestra de agave expuesta a flama directa.



Imagen 81. Muestra de coco expuesta a flama directa.

## Uniones mecánicas y maquinado manual

Para la prueba de uniones mecánicas y maquinado se cortaron piezas y se barrenaron con la intención de conocer sus uniones por medio de tornillo de  $\frac{1}{8}$ " x 2" estándar con roldana y tuerca hexagonal, pijas de madera de 14x3mm  $\frac{1}{2}$ ", tuerca inserto M5 con tornillo milimétrico con cabeza hexagonal plana y clavos de 1". Los resultados pudieron haber sido afectados por el grosor de las muestras, los cuales se muestran en las siguientes tablas:

Material	Corte en sierra cinta	Barrenado
Coco	No presenta fracturas ni roturas al momento del corte, si es comparado con el MDF el corte es más suave y rápido. No es requerido un sentido de corte longitudinal ni transversal	No presenta fracturas ni roturas y la viruta desprendida es similar a la de un plástico. En los cantos el material se fracturó, para ello se recomienda un grosor mayor del material o una broca que sea menor a la de $\frac{1}{3}$ del tamaño del canto.
Agave	No presenta fracturas ni roturas al momento del corte, si es comparado el MDF el corte es más suave y rápido aunque presenta oposición de corte. No es requerido un sentido de corte longitudinal ni transversal	No presenta fracturas ni roturas y la viruta desprendida es similar a la de un plástico aunque presenta mayor dificultad de perforación además de presentar un incremento de temperatura. se recomienda un grosor mayor del material o una broca que sea menor a la de $\frac{1}{3}$ del tamaño del canto.



Imagen 82. Muestra de agave de 9 mm sometida a corte en sierra cinta.

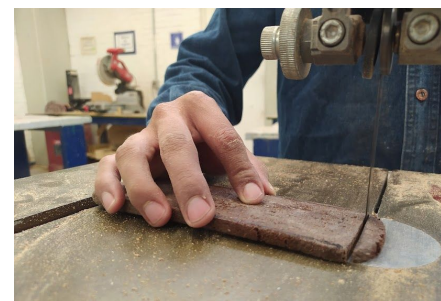


Imagen 83. Muestra de coco de 6 mm sometida a corte en sierra cinta.



Imagen 84. Muestra de coco de 6 mm sometida a barrenado con taladro.



Imagen 85. Barrenado en muestra de coco de 6 mm.

Material	Coco	Agave
Tornillo de 1/8" x 2" estándar con rondana y tuerca hexagonal	No presenta riesgos de fractura o tensión en el material y contiene buen agarre. No es recomendable usar en cantos ya que el grosor del material puede causar una fractura.	No presenta riesgos de fractura o tensión en el material y contiene buen agarre. No es recomendable usar en cantos ya que el grosor del material puede causar una fractura.
Pijas para madera de 14x3mm 1/2"	Presenta pequeñas fracturas cuando se ejerce demasiada presión y contiene un agarre deficiente. En cantos provoca una fractura del material.	No presenta riesgos de fractura o tensión en el material y contiene un buen agarre. En cantos provoca una fractura del material.
Tuerca inserto M5 con tornillo milimétrico con cabeza hexagonal plana	No presenta riesgos de fractura o tensión en el material, presenta un agarre muy bueno. En cantos provoca una fractura del material por el grosor. Se recomienda usar este tipo de uniones por la facilidad acoplamiento de la tuerca.	No presenta riesgos de fractura o tensión en el material, presenta un agarre muy bueno. En cantos provoca una fractura del material por el grosor. Se recomienda usar este tipo de uniones por la facilidad acoplamiento de la tuerca.
Clavos de 1"	No soporta el impacto el material tiende a fracturarse.	Soporta el impacto aunque no presenta buen agarre.

Tabla No. 16. Observaciones en prueba de uniones mecánicas y maquinado manual.



Imagen 86. Barrenado en muestra de coco de 9 mm y 6 mm.

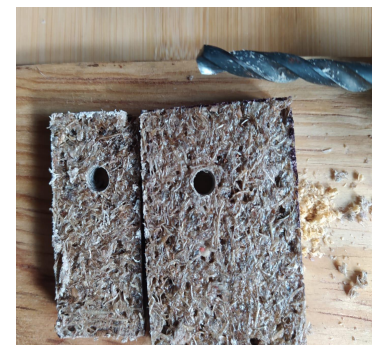


Imagen 87. Barrenado en muestra de agave de 9 mm y 6 mm.



Imagen 88. Unión con pija en muestra de coco de 6 mm.





Imagen 89. Fractura en muestra de coco de 6 mm con clavo de 1"



Imagen 90. Muestra de agave de 9 mm con clavo de 1"



Imagen 91. Muestra de agave de 6 mm con tuerca inserto M5 y tornillo milimétrico con cabeza hexagonal plana.



Imagen 92. Muestra de coco de 6 mm y 9 mm con tuerca inserto M5 y tornillo milimétrico con cabeza hexagonal plana.



Imagen 93. Muestra de agave de 6 mm y 9 mm con pija para madera de 14x3mm 1/2"



Imagen 94. Muestra de coco de 6 mm con pija para madera de 14x3mm 1/2"



Imagen 95. Muestra de coco de 6 mm con tornillo de 1/8" x 2" estándar con rondana y tuerca hexagonal.



Imagen 96. Muestra de agave de 6 mm y 9 mm con tornillo de 1/8" x 2" estándar con rondana y tuerca hexagonal.

---

## Uniones por ensamble

En esta prueba tomamos muestras de 9 mm tanto de coco como de agave para replicar el ensamble de ranura más usado en el RTA, observar y analizar el comportamiento del material.

En primer lugar se cortaron por la mitad dos muestras de 150x50 mm (tanto de agave como de coco) en la sierra cinta, así como los cortes de ensamble RTA con la misma máquina.

Posteriormente se procedió a ensamblar las piezas; en el caso del coco no hubo mayor problema pero en el caso del agave se requirió lijar la cara debido a la textura conferida de la fibra.

Se recomienda tener caras totalmente planas para obtener un ensamble eficaz, ya que si las caras son irregulares, esto dificulta la entrada del ensamble y se obtendrá un resultado desfavorable y torcido.



Imagen 97. Prueba de ensamble de ranura en muestras de coco y agave de 9 mm.



Imagen 98. Prueba de ensamble de ranura en muestra de coco de 9 mm.

## Pegamentos

Para esta prueba utilizamos muestras de 9 mm tanto de coco como de agave para observar su comportamiento con diferentes pegamentos, tales como: pegamento blanco (acetato de polivinilo), epóxico (componente A y B), de contacto y cianoacrilato.

Para ello se decidió aplicar pegamento de manera suficiente y uniforme en la cara y en el canto del material.

Material	Pegamento	Observaciones
Coco	Acetato de polivinilo	Mostró un pegado eficiente en 30 minutos y uno completo en 24 hrs. Con una fijación aceptable. Se recomienda lijar un poco, tanto la cara como el canto para una mayor adhesión. Así como caras totalmente planas.
Agave	Acetato de polivinilo	Mostró un pegado eficiente en 30 minutos y uno completo en 24 hrs. Con una fijación aceptable. Se recomienda lijar un poco, tanto la cara como el canto para una mayor adhesión. Así como caras totalmente planas.
Coco	Epóxico	Mostró un pegado eficiente en 1 hrs y uno completo en 24 hrs. Con una fijación aceptable. No es requerido un lijado de caras y cantos.
Agave	Epóxico	Mostró un pegado eficiente en 1 hrs y uno completo en 24 hrs. Con una fijación aceptable. No es requerido un lijado de caras y cantos.



Imagen 99. Muestra de coco de 6 mm con pegamento acetato de polivinilo.



Imagen 100. Muestra de agave de 6 mm con pegamento acetato de polivinilo.



Imagen 101. Muestra de coco de 9 mm con pegamento epóxico.



Imagen 102. Muestra de agave de 9 mm con pegamento epóxico.

Material	Pegamento	Observaciones
Coco	Contacto	Mostró un pegado eficiente en 10 minutos y uno completo en 6 hrs. Con una fijación aceptable. No es requerido un lijado de caras y cantos.
Agave	Contacto	Mostró un pegado eficiente en 10 minutos y uno completo en 6 hrs. Con una fijación aceptable. No es requerido un lijado de caras y cantos.
Coco	Cianoacrilato	Mostró un pegado eficiente a los 30 segundos. Sin embargo la adhesión en 24 horas no es eficiente. Se recomienda lijar un poco, tanto la cara como el canto para una mayor adhesión. Así como caras totalmente planas.
Agave	Cianoacrilato	Mostró un pegado nulo en cara con canto debido a la textura del propio material. Se recomienda más uniformidad en el mismo, así como caras totalmente planas. Sin embargo, logró adherirse canto con canto.

Tabla No. 17. Observaciones en la utilización de pegamentos en muestras.



Imagen 103. Muestra de coco de 9 mm con pegamento de contacto.



Imagen 104. Muestra de agave de 9 mm con pegamento de contacto.



Imagen 105. Muestra de coco de 9 mm con pegamento cianoacrilato.



Imagen 106. Muestra de agave de 9 mm con pegamento cianoacrilato.

---

## Reciclado

Afortunadamente el tablero NIM tiene la posibilidad de ser reciclado, aunque los requerimientos de su proceso son diferentes a su proceso inicial. Para iniciar su proceso de reciclado, el tablero de coco o agave a reciclar es pesado en la báscula digital, para que se agregue el 200% de su peso del tablero NIM en mililitros de acetona.

El tiempo de cambio de sólido a semi sólido puede variar de 24 a 30 horas, esto va depender de la temperatura ambiente en la se encuentre, se sugiere un ambiente que no supere una temperatura mayor a 25°C para evitar que la acetona se evapore. Terminado el cambio de estado de sólido a semisólido se puede iniciar el proceso de moldeado y secado. El proceso de secado es de 30 a 38 horas con supervisión las primeras 5 horas evitando adhiera a las superficies del molde

Es necesario que el tablero NIM de coco y agave no contenga ningún otro acabado para poder ser reciclado, ya que puede interferir en la apariencia, ya sea en su color o textura.



Imagen 107. Sobrantes de muestras de coco sumergidas en acetona.



Imagen 108. Sobrantes de muestras de agave sumergidas en acetona.



Imagen 109. Sobrantes de muestras de coco sumergidas en acetona después de 30 hrs.



Imagen 110. Sobrantes de muestras de agave sumergidas en acetona después de 30 hrs.



Imagen 111. Moldeado de sobrantes de coco después de ser sumergidos en acetona.



Imagen 112. Moldeado de sobrantes de agave después de ser sumergidos en acetona.

## Economía circular

La economía circular se puede definir como un sistema en donde se aprovechan al máximo todos los recursos, además, se disminuye la producción al mínimo indispensable y cuando sea necesario hacer uso del producto. Así como reutilizar los elementos que por sus propiedades, no pueden volver al medio ambiente.

En otras palabras, se trata de un ciclo que exige contemplar desde el principio todo el ciclo de la cadena de valor: uso de los materiales, diseño del producto, forma y modelo de producción, consumo energético, modelo de consumo, distribución, reparación y reutilización, volver de nuevo al ciclo del proceso productivo y cerrarlo (Profeco, 2021).

Es por ello que el tablero NIM cumple con la economía circular pues se recolectan materiales de subproductos, por ejemplo, en el caso del EPS (unicel) se recupera de los desechos de embalaje, material para construcción y desechables (vasos, platos, etc). En el caso de las fibras, la de agave cumple su función de destilado y extracción de jugos convirtiéndose en un desecho más, sin embargo, esta fibra se recupera así como la fibra de coco, la cual se obtiene como residuo de las fibras de los frutos del cocotero.

Asimismo, se cumple con la reparación, (al lavarse cada uno de los materiales) la reutilización de las fibras y el reciclado del EPS, dándole un nuevo uso a lo que en su momento fue un desecho convirtiéndose en un nuevo material.

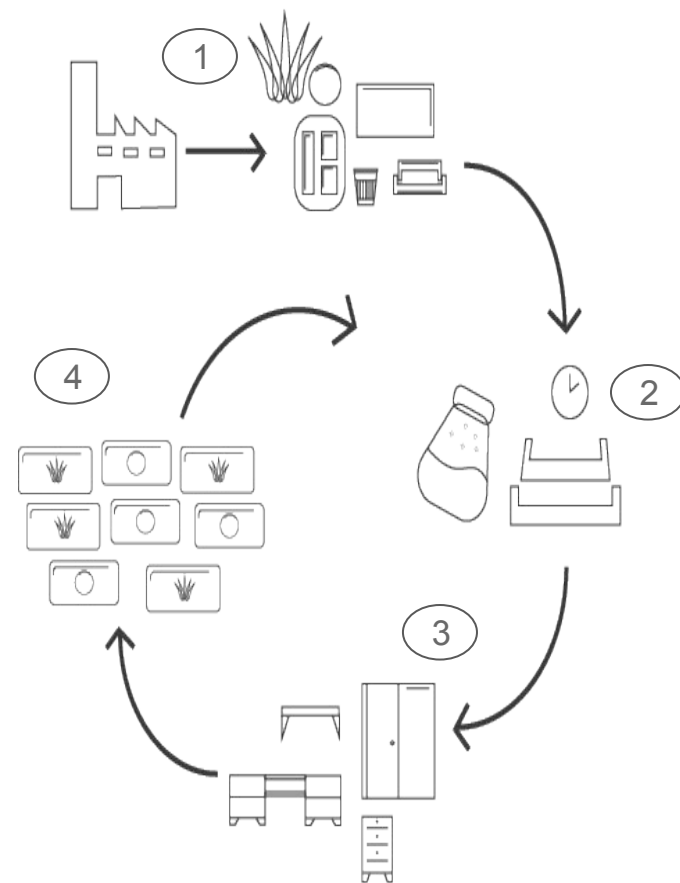


Gráfico No. 3. Diagrama de economía circular en tablero NIM

1: Recolección de EPS para su reciclado y obtención de fibras de coco y agave como desperdicio industrial.

2: Proceso de desarrollo NIM.

3: Desarrollo y vida útil de tablero NIM en diferentes objetos del mobiliario.

4: Trituración del tablero NIM sin ningún recubrimiento y acabada del mobiliario para poder iniciar el proceso 2.

---

## Uso

El uso del tablero NIM pudiera cumplir con algunos requerimientos de la industria del mobiliario, sin embargo se sugiere utilizar para objetos que no sean sometidos a pesos mayores a 10 kg pues si es utilizado para sillas, mesas, libreros etc; estos tendrán fracturas o rompimientos.

Se realizó un estudio para su uso en moldes y demostró tener las propiedades adecuadas para ello, pues logra copiar los detalles mínimos del molde. Los moldes usados fueron de polipropileno y caucho de silicón P-48, los resultados se muestran en la imagen 114 y 116, además, en este caso no es necesario sacar antes de tiempo la muestra para su secado ya que logra hacerlo sin problemas a las 12 hrs de haberse realizado.

Sin embargo, se propone un estudio específico para obtener resultados a los requerimientos que sugieren los objetos por molde.



Imagen 113. Prueba en molde comercial de PP. Marca: *Belle Cuisine*.



Imagen 114. Muestras resultantes de moldes de PP.



Imagen 115. Prueba en molde comercial de caucho de silicón. Derechos de autor del molde a: Sergio Alejandro Viaña Fragoso.



Imagen 116. Muestra resultante de molde de silicón.

## Ecolizer 2.0

El Ecolizer es una herramienta cuantitativa utilizada en el Ecodiseño para calcular el impacto medioambiental total de un producto y por cada fase en el ciclo de vida del mismo. Es por ello que recurrimos a ella para analizar el material propuesto. Cabe aclarar que es una herramienta Europea, con datos de ese continente por lo que los valores serán aproximados, por lo tanto, en algunos rubros será necesario utilizar los datos de Grecia por ser el peor evaluado y el que más se acerca a los datos de México.

Producto o componente: Tablero compuesto de poliestireno expandido y fibra natural		Producto: Tablero NIM	
Fecha: Mayo 2022		Autor: Maldonado Luna Natalia Medina Pérez Pedro Isaac	
<i>Aunque los materiales usados vienen de un subproducto, se analizará el proceso de cada uno, pues al final es un hecho que no puede omitirse al ser parte del ciclo de vida del tablero. Además de los materiales auxiliares para su fabricación.</i>			
Producción			
Material o proceso	Cantidad kg	Indicador	Resultado
EPS	1	384	384
Acetona	5	170	850
Fibra natural	3	50	150
Acero galvanizado	0.8	551	440.8
Listones de madera	2	173	346



Material o proceso	Cantidad	Indicador	Resultado
Vidrio	0.3	91	81.9
<i>Mobiliario RTA con un tablero compuesto de poliestireno expandido (acetona utilizado como agente disolvente del polímero) y fibra natural.</i>			
			<b>Subtotal: 2, 252.7</b>
<b>Transporte:</b>			
Material o proceso	Cantidad	Indicador	Resultado
Peso total	4 kg = 0.004 toneladas		
VAN		186	
Distancia de transporte	550.8 km = 2.203 tkm		409.7
			<b>Subtotal: 409.7</b>
<b>Uso</b>			
Proceso	Cantidad	Indicador	Resultado
Electricidad de Bajo Voltaje (Basado en el indicador de Grecia)	12 volts	113	1356

Proceso	Cantidad	Indicador	Resultado
Electricidad con procedencia del petróleo	79.38 volts	85	6748
<i>Se considera la energía utilizada en la manufactura de mobiliario RTA, se analizó la energía que gasta un taladro y una sierra cinta.</i>			
			Subtotal: 8, 104
Eliminación de residuos			
Material y tipo de procesamiento	Cantidad en kg	Indicador	Resultado
Tratamiento de residuos			
Mezcla doméstica de plásticos	1	93	93
			Subtotal: 93
Reciclaje de EPS			-363
<i>Se consideró un tratamiento de residuos como mezcla doméstica de plásticos en el caso del tablero, por utilizar materiales de subproductos.</i>			
			Total [mPt]: 10, 496.4

Tabla 18. Ecolizer 2.0. Recuperado de ecolizer.be

---

**Nota:** Los eco-indicadores de materiales y procesos se han establecido por el Ecolizer 2.0, el cual es un criterio para medir el impacto medioambiental de un material o proceso. Cuanto más alto sea el indicador, mayor será la carga medioambiental.

El eco-indicador es literalmente un indicador: es meramente indicativo. Lo que cuenta es la comparación relativa de materiales y procesos. Un punto del eco-indicador corresponde a una milésima parte de la carga medioambiental total anual causada por un europeo medio. La unidad utilizada en Ecolizer 2.0 es un milipunto (mPt) y, por tanto, corresponde a una millonésima parte de esa carga medioambiental. (*Ecolizer, 2009*).

Entonces, podemos decir que hasta el momento un mobiliario RTA, fabricado a partir de este tablero compuesto y de manera semi-industrial sería de 10, 496.4 milipuntos de carga medioambiental, sin embargo podríamos reducir los números al descartar o cambiar los utensilios y/o las herramienta de corte, como en el caso de la sierra cinta, la cual aumentó de manera considerable los milipuntos de carga medioambiental; aún así todo cambiará si se decide producirlo en masa e industrialmente.

Como se mencionó anteriormente, se consideran los materiales como el EPS y fibras naturales por ser parte del ciclo de vida del tablero propuesto, sin embargo estos son tomados de subproductos, así que se consideró y resto al total la parte del reciclaje en el caso del polímero.

# Ecodesign Checklist

El Ecodesign Checklist, es una lista de comprobación del ecodiseño, la cual sirve de apoyo para el análisis del impacto de un producto en el medio ambiente, además proporciona las preguntas pertinentes que deben formularse al establecer los cuellos de botella medioambientales durante el ciclo de vida del producto. Asimismo, sugiere opciones de mejora para las áreas en las que se identifican problemas medioambientales. (Brezet, Hemel, 1997).

Análisis de necesidades		
Preguntas	Evaluación	Justificación
¿Cuáles son las funciones principales y auxiliares del producto?	4	La función principal del material es tener una alternativa de tablero con una vida útil mayor a la de otros en el mobiliario RTA. Además, los materiales que lo componen vienen de un subproducto, promoviendo con ello una economía circular.
¿El producto cumple con estas funciones efectiva y eficazmente?	2	Según las pruebas de laboratorio el tablero deberá utilizarse para objetos que no excedan un peso mayor a 10 kg.
¿Qué necesidades del usuario cumple actualmente el producto?	5	La necesidad que satisface el material es la de reducir la cantidad de basura que generan los polímeros (EPS), así como darle un segundo uso a desechos orgánicos para generar mobiliario RTA, además de evitar la contaminación del suelo y tala de árboles que genera la producción de otros aglomerados y evitar con ello la intoxicación del ambiente, la mano de obra con la producción y uso del fenol formaldehído.
¿Las funciones del producto pueden ser expandidas y mejoradas para el mejor cumplimiento de las necesidades del usuario?	4	El material permite los ensamblajes en mobiliario para evitar material extra en herrajes.

Análisis de necesidades		
Preguntas	Evaluación	Justificación
¿Esto necesitará cambios al paso de determinado periodo de tiempo?	3	Como es una etapa de investigación y experimental son posibles sus cambios.
¿Podemos anticipar esto mediante algún producto de innovación?	3	Podría optarse por diferentes polímeros y fibras naturales que se encuentren en el desecho, sin embargo también habría que hacer pruebas.

Tabla 19. Ecodesign Checklist. Etapa 0. Análisis de necesidades, desarrollo de concepto.

ETAPA N° 1: Producción y suministro de materiales y componentes.		
Preguntas	Evaluación	Justificación
¿Cuántos y qué tipos de plásticos son utilizados?	4	Se utiliza un solo plástico, EPS el cual ya viene de un subproducto, es decir, no es virgen.
¿Cuántos y qué tipos de aditivos son utilizados?	1	Se utiliza la acetona como disolvente del polímero.
¿Cuántos y qué tipos de metales son utilizados?	3	Se utilizó acero galvanizado para moldes.
¿Cuántos y qué tipos de otros materiales (vidrio, cerámica, etc.) son utilizados?	3	Se utiliza EPS, acetona, vidrio, madera, acero galvanizado y una fibra orgánica de algún subproducto (fibra de coco o agave).
¿Cuántos y qué tipos de tratamientos superficiales son utilizados?	5	No utiliza ningún tipo de tratamiento superficial, ya que el acabado final y el color están dados por el material y el proceso productivo.

### ETAPA N° 1: Producción y suministro de materiales y componentes.

Preguntas	Evaluación	Justificación
¿Cuál es el perfil ambiental de los componentes?	5	El producto está pensado para generar una economía circular.
¿Cuánta energía se necesita para transportar los componentes y materiales?	3	Al utilizar material de desecho, (fibra de coco, agave y EPS) se considera la energía de transporte y envasado desde Guadalajara a CDMX, México

Tabla 20. Ecodesign Checklist. Etapa 1. Producción y suministro de materiales y componentes.

### ETAPA N° 2: Producción.

Preguntas	Evaluación	Justificación
¿Cuántos y qué tipos de procesos de producción se utilizan (incluyendo conexiones, tratamientos superficiales, impresiones y etiquetado)?	3	Por el momento el proceso de producción consta en la elaboración de moldes, recolección del polímero y fibra, disolver el polímero, agregarlo a la fibra pulverizada y moldear.
¿Cuántos y qué tipos de materiales auxiliares son necesarios?	3	Es necesario metal (acero galvanizado) y madera de reuso para poder realizar los moldes, además se necesitan otros materiales como agitadores, tijeras, navajas, mascarillas y guantes.
¿Cuánta energía se consume?	5	No se requiere ningún tipo de energía para producir el tablero, pues se utilizan moldes con medidas para producirlo.
¿Cuántos residuos se generan?	5	No se producen residuos durante el proceso.

### ETAPA N° 2: Producción.

Preguntas	Evaluación	Justificación
¿Cuántos productos no cumplen con los requerimientos de calidad?	-	No se tiene información para analizar este punto por el momento ya que el proceso es artesanal.

Tabla 21. Ecodesign Checklist. Etapa 2. Producción.

### ETAPA N° 3: Distribución.

Preguntas	Evaluación	Justificación
¿Qué tipo de envases y embalajes se utilizan (volumen, peso, materiales, reutilización)?	5	No se planea utilizar material para embalaje.
¿Qué tipos de sistema de transporte son utilizados?	3	En dado caso, se utilizarían camionetas tipo VAN para su transporte.
¿Está el transporte organizado eficientemente?	4	Se planea que si.

Tabla 22. Ecodesign Checklist. Etapa 3. Distribución.

### ETAPA N° 4: Uso.

Preguntas	Evaluación	Justificación
¿Cuántas y qué tipo de energía se necesita, directa o indirectamente?	3	La energía adicional que se necesitaría, sería para la manufactura del mobiliario RTA, sierra cinta y taladro.

### ETAPA N° 4: Uso.

Preguntas	Evaluación	Justificación
¿Cuántos y qué tipos de consumibles se necesitan?	5	No se necesitaría ningún tipo de consumible para su uso.
¿Cuál es la vida útil desde el punto de vista técnico?	5	Se planea que la vida útil del producto sea prolongada.
¿Qué tipo de mantenimiento y reparaciones se necesitan?	-	La investigación no cubre esta información para responder este rubro.
¿Qué tipo y qué cantidad de materiales auxiliares y energía se necesitan para el mantenimiento y reparación?	-	La investigación no cubre esta información para responder este rubro.
¿Puede el producto ser desmontado?	5	El producto si puede ser desmontado en su totalidad por ser RTA.
¿Se requiere a menudo piezas de recambio?	5	No.
¿Cuál es la vida útil desde el punto de vista estético?	3	Aún no se tiene una estética fija, lo mejor sería que fuera atemporal, sin embargo el aspecto que se consiguió fue uniforme y homogéneo.

Tabla 23. Ecodesign Checklist. Etapa 4. Uso.



Tabla 24. Ecodesing Checklist. Etapa 5. Recuperación y eliminación.

ETAPA N° 5: Recuperación y eliminación.		
Preguntas	Evaluación	Justificación
¿Cómo se gestiona el producto actualmente?	4	Se planea que el final de vida del producto no dañe en demasía al medio ambiente ni a los ecosistemas.
¿Se están reutilizando componentes o materiales?	5	El EPS y fibra natural ya vienen de un subproducto.
¿Qué componentes pueden ser reutilizados?	-	El tablero en si podría reutilizarse.
¿Pueden los componentes ser desmontados sin dañarlos?	5	Si, pues el mobiliario será RTA.
¿Qué materiales son reciclables?	5	El tablero puede reciclarse con acetona y moldearse de nueva cuenta
¿Pueden identificarse los diferentes tipos de materiales?	4	Si.
¿Pueden ser desmontados fácilmente?	5	Si, por ser RTA.
¿Contiene alguna tinta, cola o tratamiento superficial que sean incompatibles para su reciclaje?	5	No y se recomienda no usar ningún tipo de acabado para un reciclaje eficaz.
¿Los componentes peligrosos son fáciles de desmontar?	-	No contiene componentes peligrosos, sin embargo, en algún futuro podría realizarse una prueba toxicológica.
¿Surge algún problema durante la incineración de los componentes no reutilizables?	1	A flama directa se incendia de los 4 a los 6 segundos por su contenido en EPS y se carboniza.

# Rueda ecológica

La rueda ecológica ofrece un primer acercamiento hacia la consideración de parámetros ambientales y adaptables en diversos sectores. Los números retomados del Ecodesign Checklist se promedian para visualizarlos a manera de gráfica y analizar de manera más eficiente en qué parte del ciclo de vida se puede mejorar. Los valores utilizados fueron del 1-5, en donde 1 es un valor bajo o malo.

Punto	NIM
0. Desarrollo de un nuevo concepto	3.50
1. Materiales de bajo impacto.	3.83
2. Reducción de uso de materiales	3.89
3. Técnicas para optimizar la producción	4.00
4. Optimización del sistema de distribución	4.00
5. Reducción del impacto durante el uso	3.80
6. Optimización de la vida útil	3.00
7. Optimización del sistema de fin de vida	3.80

Tabla 25. Parámetros de rueda ecológica.

# Rueda ecológica

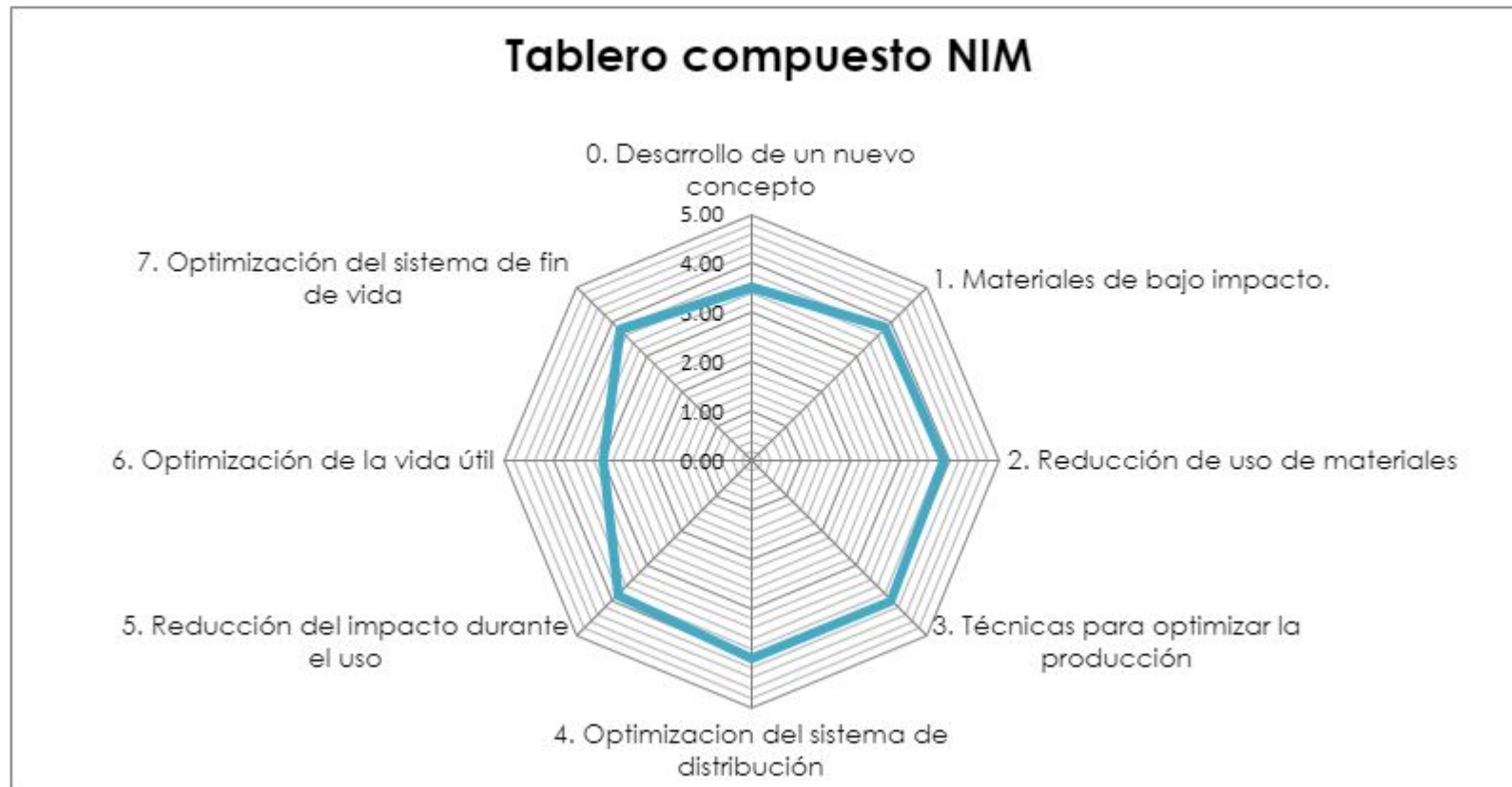


Gráfico No. 4. Rueda ecológica.

Cómo podemos observar en el gráfico No. 4, los rubros de materiales, reducción de los mismos, técnicas para optimizar la producción y la distribución, están bien promediados, sin embargo la reducción del impacto durante el uso, la optimización de la vida útil y del sistema de fin de vida aún se encuentran evaluados muy bajo debido a que los resultados arrojados son de 3.80, 3.00 y 3.80, respectivamente, siendo 1 el más bajo y 5 el más alto como un resultado óptimo para la rueda ecológica; esto es debido al punto de la investigación en la cual concluyó. Por otra parte hay que mencionar, que los rubros mencionados dejan el campo abierto para futuras investigaciones.

# Resultados de investigación

Pruebas	Resultados
Color	Los colores obtenidos corresponden a los colores conferidos de las fibras de coco, asemejado al código pantone 4R14 SP y agave, asemejado al código pantone 10334C (página 43, imagen 42). Sin embargo, este se puede oscurecer dependiendo la cantidad de acetona utilizada y el secado que se le de.
Textura	Ambos tableros presentan textura rugosa en su superficie. La de agave más porosa y áspera, la derivada de coco menos uniforme pero lisa (página 49, imagen 47-49).
Peso	Tablero de coco: 150 mm x 50mm con 9mm de espesor tiene un peso de 47 gr. 150 mm x 50 mm con 6 mm de espesor tiene un peso de 40 gr. Tablero de agave: 150 mm x 50mm con 9mm de espesor tiene un peso de 59 gr. 150 mm x 50 mm con 6 mm de espesor tiene un peso de 39 gr.
Humedad	De acuerdo a los resultados del higrómetro (página 50) el tablero desarrollado de coco y agave tiene un menor grado de humedad comparado con el MDF, siendo el tablero con composición de coco con un menor grado de humedad de 37-38%.
Prueba de flexión	En el caso de la muestra de fibra de coco el punto de flexión en el cual sufrió una rotura fue de 6 kg en el caso de los 9 mm y 5.5 kg en el de 6 mm. (Página 51, imagen 55-56). En la fibra de agave, el punto de flexión en el cual sufrió una rotura fue de 10.5 kg en los 9 mm y 5 kg en los 6 mm (Página 51, imagen 53-54).
Recubrimientos y acabados	Ambas pruebas de coco y agave pueden soportar el recubrimiento de tipo vinílica, esmalte acrílico, barniz de nitrocelulosa y tinta al alcohol sin sufrir ningún tipo de deterioro aparente en el material (página 55).

# Resultados de investigación

Pruebas	Resultados
Toxicidad	En comparación con el MDF el proceso de formado para el tablero NIM tiene un menor impacto a la salud, solo si es comprado el fenol formaldehído (utilizado en la fabricación del MDF) con la acetona. Revisar tabla No. 13. Toxicidad en las sustancias utilizadas en el proceso del MDF y los tableros NIM. (Página 56-57).
Lijado	Ambos tableros de coco y agave pueden ser lijados sin embargo, el que presentó mayor resistencia a la abrasión fue el de agave, comprado con el tablero de MDF. (Página 58)
Reacción al fuego	Al ser sometidas las muestras a flama directa tienden a mantener una llama constante y carbonizarse más rápido comparadas con el MDF. Al tener un polímero flamable en la composición y de acuerdo al tipo de humo observado se concluye que es tóxico para el usuario. (Página 59, imagen 80-81)
Uniones mecánicas y maquinado manual	Los tableros no presentaron dificultades al momento de ser utilizadas las herramientas manuales (imagen 82-83) aunque las pijas de madera demostraron que ambos tableros no obtienen una buena sujeción, ya que el material tiende a sufrir roturas o desgarres. (Página 60-61, imagen 88-89).
Uniones por ensamble	Ambas muestras exponen un ensamble de ranura eficaz, con la observación de habría que obtener caras totalmente planas y con ensambles a 90°. (Página 63, imagen 97-98).
Pegamentos	Para mantener sujeción permanente se aplicaron pegamentos de contacto, cianocrilato, epóxico y acetato de polivinilo; no demostró ninguna dificultad, o para su óptimo pegado sin degradación del material, aunque el derivado de agave presentó problemas por su irregularidad en el superficie en el caso de cianocrilato. (Página 64-65)

# Resultados de investigación

Pruebas	Resultados
Reciclado	El tablero NIM de coco y agave, tienen la posibilidad de ser reciclados, de acuerdo a la prueba realizada (página 66), usando el mismo proceso de formado con un 200% de acetona, tomando en cuenta que el resultado tendrá un color más oscuro en ambas fibras.
Economía circular	El tablero NIM cumple con los requisitos para una economía circular debido a la obtención de su materia prima, específicamente del EPS y fibras naturales además de tener la posibilidad de reciclaje. (Revisar página 67, gráfico no.3. Diagrama de economía circular en tablero NIM).
Uso	Durante el proceso de formado se demostró que el tablero NIM tiene la capacidad de ser moldeado para obtener diferentes formas, usando múltiples moldes de polipropileno, silicón o acero inoxidable. (Página 68 imagen 113-116)
Ecolizer	El Ecolizer demostró que un mobiliario RTA, fabricado a partir de este tablero compuesto sería de 10, 496.4 milipuntos de carga medioambiental. (Revisar tabla 18. Ecolizer 2.0).
Ecodesign check list/ Rueda ecológica	La reducción del impacto durante el uso, la optimización de la vida útil y del sistema de fin de vida aún se encuentran evaluados muy bajo debido a que los resultados arrojados son de 3.80, 3.00 y 3.80, siendo 1 el más bajo y 5 el más alto. (Revisar tabla 19-25 y gráfico no. 4. Rueda ecológica).

## Discusión de resultados

---

Una vez que se terminó el proceso de elaboración de los tableros con fibras naturales se hizo evidente que realizar un análisis comparativo entre estos con el MDF, no nos estaba llevando a resultados fiables dado que el MDF ya se ha estudiado por muchos años con la intención de implementar mayor producción a un menor costo y tiempo, además de procesos más eficaces para el aspecto homogéneo y con resistencia al entorno.

Debido a esta circunstancia, el tablero NIM ya sea de fibra de coco o agave, tiene un proceso experimental para la investigación y no industrializado, que tiene como objetivo adoptar un número mínimo de procesos y elementos químicos para su desarrollo, en otras palabras, un proceso semi-industrial. Es por ello que la resistencia a la flexión del MDF es superior al del tablero NIM.

Por otro lado, el aspecto del tablero NIM no tiene como objetivo tener la aceptación de todos los usuarios,

---

pues se buscaba obtener mínimo un acabado uniforme y homogéneo así como resistencia, hablando de la propiedad mecánica por deformación ante la flexión

Aunque el aspecto del tablero es un parámetro subjetivo, se obtuvo uno con texturas similares a las fibras usadas en la investigación, aunque con un proceso de lijado pueden mejorar las superficies irregulares. Además, el tablero NIM tiene la capacidad de soportar cualquier tipo de los acabados mencionados en la página 55 sin dañarse.

Si bien los ensambles usados para el mobiliario RTA tienen un buen agarre en ambos tableros, por otro lado se demuestra que al tener en su composición un tipo de plástico no es recomendable usar uniones mecánicas ya que en las pruebas realizadas, ambos tableros tienden a sufrir fracturas al momento de aplicar pijas de madera en los cantos. Sin embargo se recomienda hacer pruebas en mayores grosores del material y otro tipo de herrajes.

---

Para el proceso de transformación del EPS a un aglutinante, se requiere la acetona y si es comparada con el fenol formaldehído, el tablero NIM no representa daños severos a la salud durante su conformado, sin embargo es requerido el uso de mascarillas y guantes, ya que aunque la acetona tiene menor riesgo que el fenol formaldehído, las hojas de seguridad indican que puede provocar daños a la salud por ser tóxico al inhalar y ser una sustancia flamable.

La resistencia a la humedad es un punto a favor del tablero NIM ya que como indican las tablas del porcentaje de humedad, este es bajo a pesar de haber estado sumergido en agua por 48 horas.

El tablero NIM demostró que gracias a su componente básico de fibra natural combinado con un proceso de reciclado de EPS, puede promover una economía circular y después realizar una evaluación con la técnica Ecolizer 2.0 y rueda ecológica, indican un promedio bajo para el impacto ambiental.

---

Como ya se mencionó, los puntos a favor del tablero NIM, son el riesgo mínimo toxicológico en su conformado, así como resistencia al agua o un impacto ambiental menor; por ello se recomienda que para próximas investigaciones, se retomen estos hallazgos hacia posibles sugerencias o reforzamientos.

O bien, podría utilizarse perfectamente para realizar modelos e incluso para maquetas arquitectónicas, dioramas y de interiorismo. Así como material de encofrado para moldes de yeso, en lugar del MDF y madera, pues cabe resaltar que con el tablero NIM la deforestación queda totalmente descartada, cosa que con el MDF y la madera es obvia su contribución al problema y con el tablero NIM, como se ha mencionado anteriormente, se utiliza material de desecho.



## Conclusiones

---

Como ya hemos mencionado, el tablero aglomerado más popular de los últimos años es el MDF, pues resuelve de manera rápida y eficiente diseños de mobiliario, ya que resulta ser barato comparado con las maderas, además, su manufactura y acabados no requieren de tanto tiempo para llevarse a cabo.

Sin embargo, su tiempo de vida útil es baja aunque se les aplique diversos acabados con barnices, lacas o pinturas de poliuretano; incluso con melaminas, estos terminarán por pudrirse o simplemente perderán sus propiedades.

Considerando lo anterior, se buscó demostrar la hipótesis sobre un tablero compuesto por una fibra natural (coco o agave) y un polímero (EPS), el cual tuviera una mejor propiedad mecánica por deformación ante la flexión y que pudiera ser aplicado en la industria del mobiliario, basado en la economía circular y la vida útil de un producto.

---

Después de la investigación y la experimentación realizada se pudo concluir que la hipótesis es nula, es decir, no se cumplió, debido a que las pruebas realizadas al tablero compuesto (NIM), específicamente la de la propiedad mecánica por deformación ante la flexión en donde se les aplicó peso (kg).

En los resultados obtenidos, en el caso del agave no soportó más de 10.5 kg y en el de coco, solo soportó 6 kg, tratándose de tableros de 9 mm. Sin embargo, podría sugerirse para hacer uso del mismo en el interiorismo como loseta decorativa, en museografía, incluso en stands que no requieran soportar más del peso mencionado.

---

El único punto a discusión que contraviene los principios de la economía circular sería el uso de la acetona en el proceso, pues resulta ser un producto que necesita usarse de manera pura, lo cual no resulta ser viable por su costo y producción, sin embargo en investigaciones futuras habría posibilidad de investigar un método no industrial para producir esa acetona, pues esta sustancia química se encuentra de manera natural en la cebolla, uvas, tomates, leche, árboles y gases volcánicos, pero todo cambia si se tiene en mente que esto se pueda producir de manera industrial.

Por otra parte, el obtener una hipótesis nula nos permitió visualizar algunas posibles aplicaciones del tablero NIM en diferentes campos gracias a su propiedad mecánica por deformación ante la flexión, sus características (color y textura), maquinado, acabados y pegamentos documentados, así como su capacidad de moldearse y reciclarse. Asimismo, se pudo verificar que puede copiar los detalles en los moldes, por lo que funcionaría perfectamente para figuras, llaveros, objetos ornamentales, etc.

---

Para continuar con la investigación como se planteó durante la discusión de resultados, es requerido estudios especializados para diferentes propiedades y/o características, a continuación se muestran pruebas estandarizadas en los que se obtienen resultados exactos; cabe aclarar que estas pruebas son para el estudio de tableros aglomerado como son MDF, triplay, OSB, y polímeros pero pudieran aplicarse al tablero NIM:

-Prueba ante deformaciones: Prueba estandarizada Norma ASTM D1037

-Prueba de humedad: Prueba estandarizada Norma ASTM D 1151-84

-Prueba de uniones mecánicas: Prueba estandarizada Norma ASTM F 1306 (1990).

-Prueba de preservación: Prueba estandarizada Norma ASTM D 1828-709

-Prueba de "Especificación Standard para los plásticos compostables: Prueba ASTM D6400-9

---

-Método de ensayo standard para la determinación de la degradación aeróbica de los materiales plásticos en condiciones controladas de compostaje: Prueba ASTM D5338-98

Si bien el tablero NIM puede tener diferentes usos en la industria, este tiene la intención de utilizar desechos de las industrias alargando su vida útil y tener un mínimo de desperdicios.

Si nuevamente lo comparamos ante el tablero MDF, este tenía la intención de usar los desperdicios de maderas. Sin embargo, por las exigencias de la industria por producir un mayor número de tableros, la manufactura se vio obligada a usar no solo los desperdicios de madera si no usar y talar árboles.

Dejamos en reflexión si es necesario la obtención de nueva materia prima sin preocuparnos por los desechos desmedidos; volteemos a ver nuestros basureros y más allá de reconocer nuestros errores, encontraremos nuevas oportunidades de salvar nuestro planeta.

---

«Convertid un árbol en leña y arderá para vosotros, pero no producirá flores ni frutos para vuestros hijos» (Rabindranath Tagore. Nobel de Literatura 1913).

# Referencias

- Acosta, I. (2013). Discurso sobre el diseño, la relación con el entorno natural y la sustentabilidad (Primera edición). UAM Azcapotzalco.
- Chan, M. Araujo, O. Azueta, M. Solis, L. (2004). Tableros de madera de partículas. Revista ingeniería. <https://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen8/tableros.pdf>
- Composite panel association. (s. f). Estándar de sostenibilidad ECC. <https://www.compositepanel.org/sustainability/ecc/the-eco-certied-composite-sustainability-standard.html>
- Covarrubias, H. Sáenz, A. Castañeda, A. (2016). Resinas termoestables de feno.-formaldehído (volumen 17). Universidad Autónoma de Coahuila. <http://www.ehu.eus/reviberpol/pdf/NOV16/covarrubias.pdf>
- Cruz O. (2017). Material didáctico: Unidad 3. tableros contrachapados. Recuperado octubre de 2020, de: <https://core.ac.uk/download/pdf/154797629.pdf>
- Cultured Wood. (1995, 19 septiembre). Madera cultivada. <http://www.bio.net/mm/ag-forst/1995-September/001932.html>
- Desbrado. (s. f). TheFreeDictionary.com. Recuperado octubre de 2020, de <https://es.thefreedictionary.com/desbradohttps://es.slideshare.net/dobleADuran/rta-ready-to-assemble>
- Durán A. (2012). RTA (Ready to Assemble). Recuperado noviembre de 2020, de <https://es.slideshare.net/dobleADuran/rta-ready-to-assemble>
- Emman (s.f). Planta. Recuperado septiembre de 2020, de: <http://tablerosemman.com/>
- Franco, S. (2011). Materiales compuestos. Materiales y materias primas. <http://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2012/11/materiales-compuestos.pdf>
- Gaitán, A. Fonthal, G. Ariza, H. Ariza, H. (2016). Fabricación y propiedades físicas de aglomerados de Pennisetum purpureum schum, Philodendron longirrhizum y Musa acuminata. Recuperado octubre de 2020, de: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2071-00542016000100001](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542016000100001)
- García R. (2013). Diseño y comportamiento de uniones estructurales mecánicas y adhesivas . Condiciones superficiales y operacionales. Pp.111-114 Recuperado de [http://oa.upm.es/22235/1/RICARDO\\_GARCIA\\_LEDESMA.pdf](http://oa.upm.es/22235/1/RICARDO_GARCIA_LEDESMA.pdf)
- Guatibonza, M. . (2010). MDF Materiales y Métodos de Fabricación. [Publicación]. blogspot. <http://mueblesdomoticos.blogspot.-com/2010/11/mdf-materiales-y-metodos-de-fabricacion.html>

# Referencias

- IKEA. (1999-2021). Nuestro legado. IKEA. <https://www.ikea.com/es/es/this-is-ikea/about-us/nuestra-historia-pubad29a981>
- Informe Nacional MÃ©xico. (s. f.). FAO. Recuperado 16 de octubre de 2020, de <http://www.fao.org/3/j2215s/j2215s08.htm>  
[https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe\\_resumen/08\\_residuos/cap8.html](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_resumen/08_residuos/cap8.html)
- Informe Nacional MÃ©xico. (s. f.). FAO. Recuperado 16 de octubre de 2020, de <http://www.fao.org/3/j2215s/j2215s08.htm>
- Macosa (s.f). Historia. Recuperado octubre de 2020, de: <http://www.macosa.com.mx/index.php?seccion=quienes>
- Méndez, E. (2020). Ha perdido más de 127 mil hectáreas de bosque. Excelsior.  
<https://www.excelsior.com.mx/nacional/ha-perdido-mexico-mas-de-127-mil-hectareas-de-bosque/1395425>
- Mora, J. Esquivel, M. Durán, M. Zamora, R. (2015). Obtención y evaluación de mezclas de polipropileno con fibras de roquis de banano. (Musa AAA) (volumen 16). POLIUNA. <http://www.ehu.es/reviberpol/pdf/MAR15/mora.pdf>
- Plastivida (2009). Posición de PLASTIVIDA® Argentina respecto a los plásticos biodegradables. Boletín técnico informativo No° 22.  
<http://ecoplas.org.ar/pdf/22.pdf>
- QuimiNet.com / Marketizer.com / elIndustria.com. (2018, 30 enero). Biografía de Ingvar Kamprad, el modesto emprendedor sueco que logró amueblar todo el mundo | QuimiNet.com. 2000-2021 QuimiNet, S.A. de C.V.  
<https://www.quiminet.com/articulos/biograa-de-ingvar-kamprad-el-modesto-emprendedor-sueco-que-logro-amueblar-todo-el-mundo-4140535.htm>
- Riesgos toxicológicos de los polvos de paneles de fibra madera. (2009). Archives des maladies professionnellest et de l'environment.  
<https://prevencion.umh.es/files/2011/10/riesgos-toxicologicos-de-los-polvos-de-paneles-de-fibra-de-madera.pdf>
- Sahagún R. (s.f). Selección Ambiental de Materiales. Recuperado noviembre de 2020, de: <https://leed.webnode.mx/sam/>
- Sahagún R: (s.f) Del diseño sustentable a los sustentos del diseño. Recuperado de [https://disenosustentable.webnode.mx/\\_les/200000005-49a434a9c5/Del%20Dise%C3%B1o%20Sustentable%20a%20los%20Sustentos%20del%20Dise%C3%B1o.pdf](https://disenosustentable.webnode.mx/_les/200000005-49a434a9c5/Del%20Dise%C3%B1o%20Sustentable%20a%20los%20Sustentos%20del%20Dise%C3%B1o.pdf)
- Sahagún, R. (2016). El diseño industrial como herramienta para un futuro posible. <https://disenosustentable.webnode.mx/tema-13/>.  
<http://tallerservicio24horas.azc.uam.mx/?journal=AP&page=article&op=view&path%5B%5D=161>

# Referencias

- SEGOB. (s. f.). Límites máximos permisibles de emisión y contenido de formaldehído en tableros de partículas. Recuperado 15 de octubre de 2020, de [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5433570&fecha=19/04/2016#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5433570&fecha=19/04/2016#gsc.tab=0)
- SEMARNAT. (s. f.). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. gob.mx. <https://www.gob.mx/tramites/cha/aviso-de-funcionamiento-de-carpinterias-madererias-centros-de-produccion-de-muebles-y-otros-no-integrados-a-un-centro-de-transformacion-primaria-ante-la-semarnat/SEMARNAT1727>
- Tecnológico de Monterrey :: Campus Estado de México. (s. f.). OLA. Recuperado octubre de 2020, de <http://www.cem.itesm.mx/ola/ahorro/index.html#:%7E:tex>
- Universidad Estatal de Portland y Sociedad Histórica de Oregon. (2020). Thomas J. Autzen (1888-1958). Recuperado octubre de 2020, de: [https://www.oregonencyclopedia.org/articles/autzen\\_thomas\\_j\\_1888\\_1958\\_/#.X\\_zTe-gzblU](https://www.oregonencyclopedia.org/articles/autzen_thomas_j_1888_1958_/#.X_zTe-gzblU)
- V. (s. f.). Forest Monitoring, Land Use & Deforestation Trends | Global Forest Watch. Global Forest Watch. Recuperado 21 de octubre de 2020, de <https://www.globalforestwatch.org/>
- Zarocostas, J. (s. f.). Día Mundial de la Propiedad Intelectual 2020: La búsqueda de materiales ecológicos en la industria del automóvil. OMPI. Recuperado octubre de 2020, de [https://www.wipo.int/ip-outreach/es/ipday/2020/articles/auto\\_industry.html](https://www.wipo.int/ip-outreach/es/ipday/2020/articles/auto_industry.html)

# Anexo no. 1

## Metodología de la encuesta

La encuesta que se muestra a continuación, se realizó con base en los criterios expuestos en los programas operativos de la materia de “*Materiales y Procesos Industriales I, II, III y IV*” de la carrera de Diseño Industrial en la Facultad de Estudios Superiores Aragón.

Los criterios sustraídos son los competentes al MDF, sin embargo se realizó una hibridación para complementar algunos omitidos en los programas operativos ya mencionados.

Es por ello que se tomó como referencia el ensayo sobre los *Riesgos toxicológicos de los polvos de paneles de madera*. (Archives des maladies professionnelles et de l’environnement, 2009); además de la *Generación de residuos sólidos municipales* (FAO, 2020) y *La herramienta de Selección Ambiental de Materiales* (Sahagún, s.f).

Con la finalidad de tomar en cuenta los aspectos importantes de los materiales y los de una economía circular, así como los principios del Ecodiseño con las herramientas cualitativas Ecodesign Checklist, rueda ecológica y la herramienta cuantitativa, Ecolizer 2.0, en donde cada etapa del ciclo de vida del producto es importante. Los criterios recabados fueron indispensables para la encuesta, pues son las preguntas de esta.



Imagen 117. Código QR del informe de resultados de la entrevista

# Encuesta

---

La encuesta fue de opinión pública con opción múltiple, el usuario seleccionado fue del sector de la carpintería, teatro, escenografía, estudiantes de diseño industrial y del área de manufactura, que en específico trataran constantemente con el material ya mencionados (MDF), con la finalidad de tener datos verídicos.

En el caso de las respuestas. se utilizó un rango que se muestra a continuación:

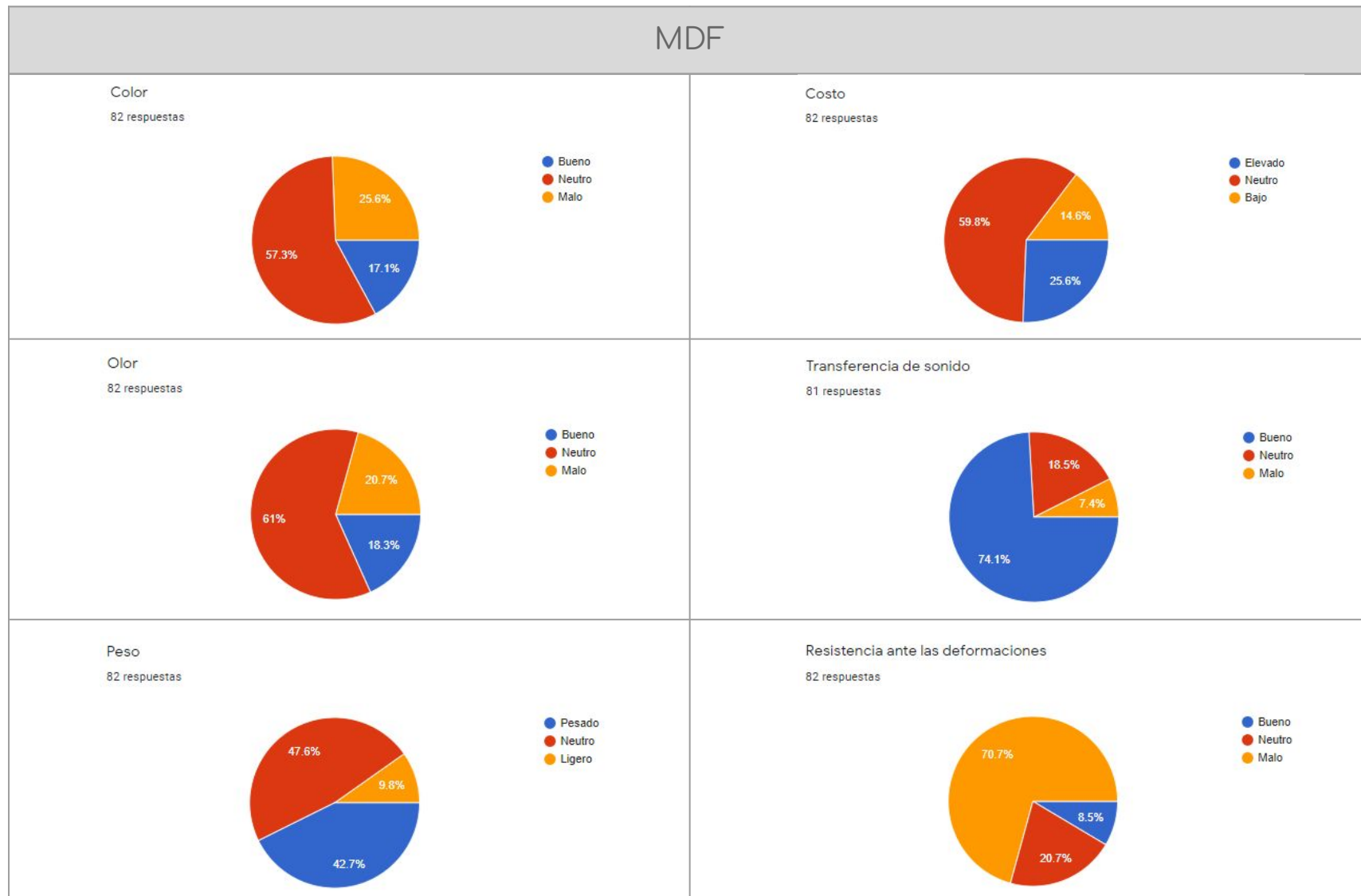
Adjetivo	Valor
Bueno, Bajo, Ligero	-1
Neutro, Medio	1
Malo, Alto, Elevado, Pesado	2

Tabla 26. Descripción de los valores considerados en la encuesta (Anexo No.1)

El puntaje fue fundamental para el problema de investigación, además de señalar los rubros en los cuales se puedan tomar como punto de partida para la investigación.



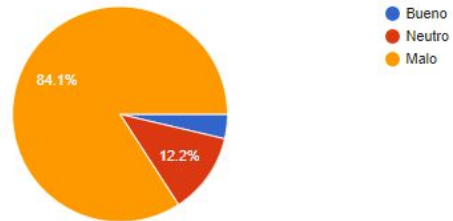
# Resultados de la encuesta



## MDF

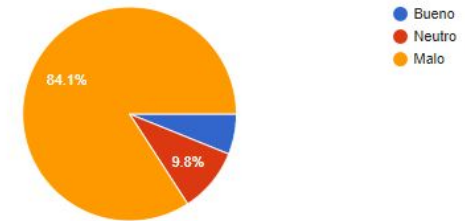
### Resistencia a la humedad

82 respuestas



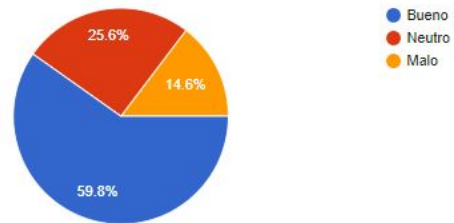
### Resistencia a los hongos

82 respuestas



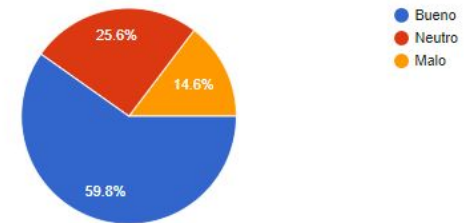
### Capacidad para retener los acabados

82 respuestas



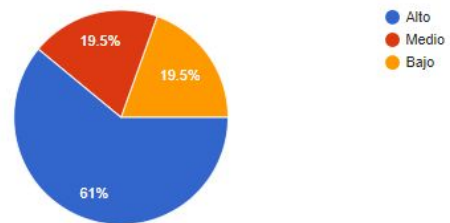
### Capacidad para retener los acabados

82 respuestas



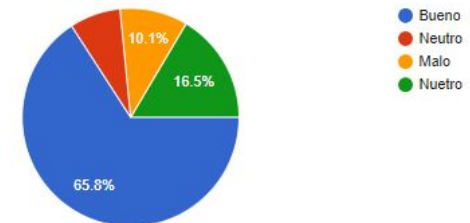
### ¿Qué tan tóxico es?

82 respuestas



### Desbaste del material por fricción

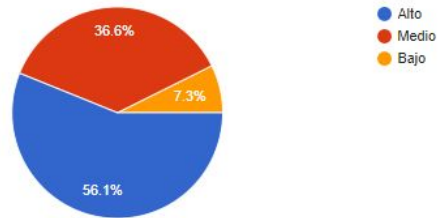
79 respuestas



## MDF

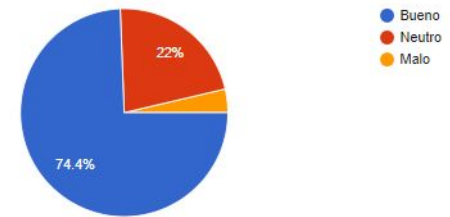
Deformación al calor

82 respuestas



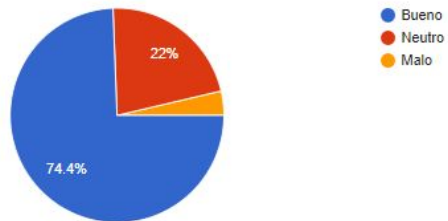
Dificultad para trabajar con maquinaria de taller (sierras, taladros, etc).

82 respuestas



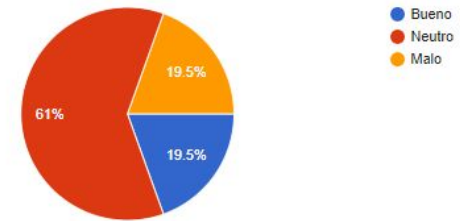
Permite el corte en sentido longitudinal y transversal

82 respuestas



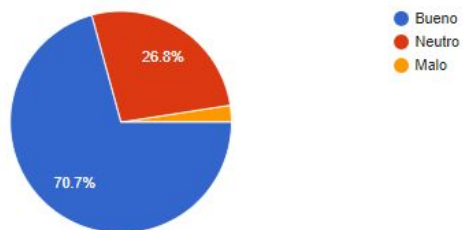
Dificultad para su mantenimiento

82 respuestas



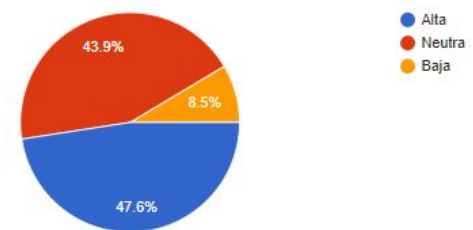
Capacidad para ser unido o perforado por medio de pijas, tornillos, brocas, etc.

82 respuestas



La dificultad de su producción es

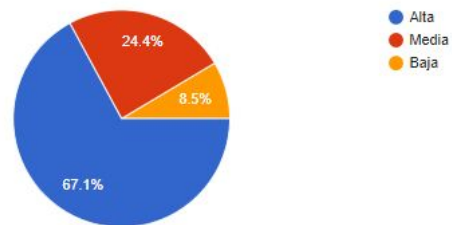
82 respuestas



## MDF

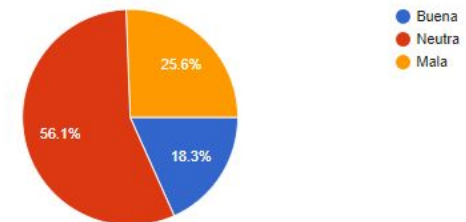
La cantidad de fibra usada es

82 respuestas



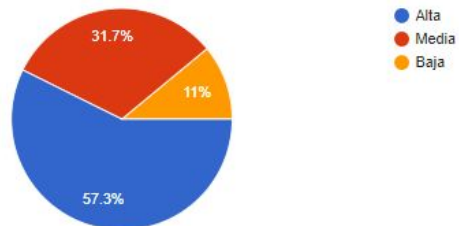
El tiempo de vida del MDF es

82 respuestas



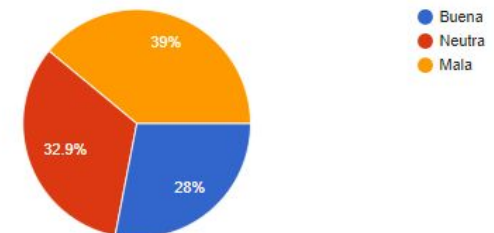
La deforestación para su producción es

82 respuestas



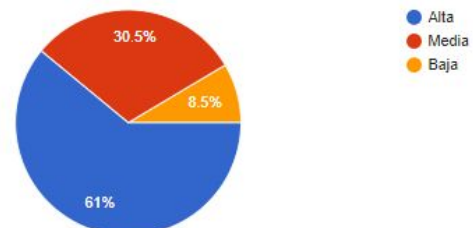
Su posibilidad de reúso es

82 respuestas



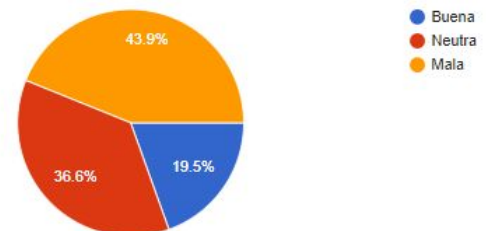
La cantidad de maquinas usadas en su producción como materia prima son

82 respuestas



La posibilidad de reciclaje es

82 respuestas



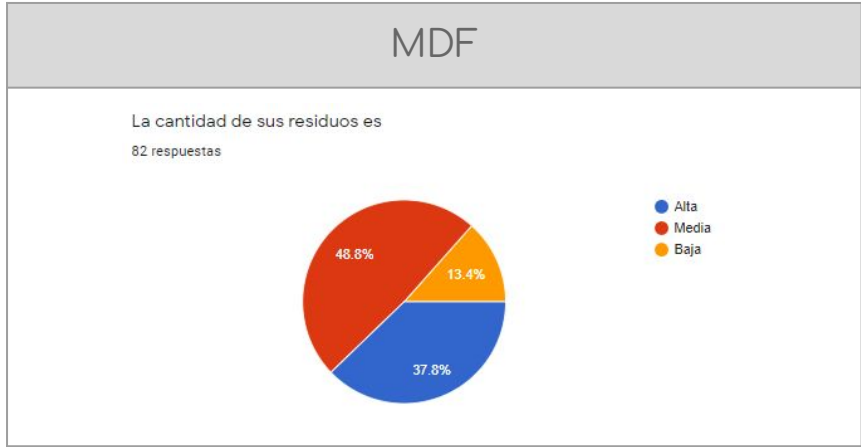


Tabla No. 27. Tabla comparativa entre las gráficas resultantes de la encuesta.

## Anexo no. 2

N I



## Anexo no. 2

N



NATALIA  
=  
NATURALEZA

|



ISAAC  
=  
INNOVACIÓN



METAMORFOSIS  
DEL DISEÑO

# ¿Qué es NIM?

NIM es un proyecto de investigación realizado por dos diseñadores industriales preocupados por el mal desempeño de muchos objetos que no están pensados en el ciclo de vida del mismo.

El diseño del siglo XX y XXI ha impuesto una serie de fundamentos basados en la dinámica del consumo capitalista; precisamente, la del éxito comercial y la eficiencia productiva le ha dado un lugar importante al diseño industrial, sin embargo es parte del paradigma del desarrollo capitalista.

Lamentablemente, el diseño industrial ha sido criticado por ser el precursor de la desigualdad socioeconómica y la degradación ambiental. Entonces, se observa como parte del problema y no como un proveedor de soluciones.

Sin embargo, como diseñadores industriales tenemos bien planteado que el diseño industrial tiene los fundamentos y el potencial para revertir los efectos del modelo dominante que posibilite y reoriente el proceso civilizatorio; la misma evolución del diseño nos lo dice con las subdisciplinas que han surgido como el diseño centrado en el usuario, el diseño de experiencias, el diseño participativo, etc.

---

Así que tomar el camino de la metamorfosis del diseño industrial, no quiere decir que se creará algo que salve al mundo en un año, se refiere a una nueva etapa en la disciplina en donde se deben modificar los objetos que se producen para disminuir el impacto y con ello se supere la crisis ambiental y social. Es por ello que NIM se fundamenta en las bases del ecodiseño, objetos y procesos que estén pensados en cada parte de su ciclo de vida.

*"Tenemos que diseñar para la conciencia, desde un enfoque de resiliencia que permita entender cualquier aportación". (Sahagún, 2013).*





# Glosario

**Economía circular:** Modelo que busca disociar la actividad económica del consumo de recursos finitos y eliminar los residuos del sistema desde el diseño. Respaldada por una transición a fuentes renovables de energía

**Fenol-Formaldehído:** Resina sintética termoestable, obtenida como producto de la reacción de los fenoles con el formaldehído.

**Hidrófugo:** Que evita la humedad o las filtraciones de agua.

**MACOPAN:** Tablero de Partícula de Madera formado por capas de partículas o virutas de madera seleccionada y aglomerada por tamaño mediante la adición de resina y la aplicación de procesos de alta presión y temperatura

**MDF:** Tablero de fibras de densidad media fabricado a partir de fibras de maderas y resinas sintéticas

**OSB:** Son tableros de fibras orientadas, formados por sucesivas capas de virutas de varios centímetros, donde cada capa es prensada con las virutas orientadas en la misma dirección.

**Raquis:** Raquis es el nombre para la parte axial de numerosas estructuras compuestas en animales, hongos y vegetales.

**Resiliencia:** Capacidad de un material, mecanismo o sistema para recuperar su estado inicial cuando ha cesado la perturbación a la que había estado sometido.

**Resina fenólica:** Resina sintética termoestable, caracterizada por su resistencia al calor y al agua. Está formada por la condensación del fenol y el formaldehído, de gran resistencia al envejecimiento.

**Salmiana:** Especie de agave endémica de México.

**Stucum:** Término en latín para referirse al escudo, aunque en tiempos más modernos ha derivado a un término para hacer referencia al escudo estándar y con forma semicilíndrica que llevaban los legionarios romanos.