



FILTERM: REVESTIMIENTO DE INTERIOR A PARTIR DE COLILLAS DE CIGARRO

MEMORIA PRESENTADA A LA FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE
PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE DISEÑADOR INDUSTRIAL

Autor: Camila Rojas Hernández
Profesora Guía: Lorna Lares López
Departamento de Diseño
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Universidad de Chile

Julio 2019
Santiago, Chile

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo las citas bibliográficas del documento.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia y aquellos que me brindaron tiempo y apoyo en todo momento.

A la casona San Ignacio, que facilitó la recopilación de materia prima para este estudio.

Al laboratorio de Ingeniería de Polímeros de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, en especial a Juan Benavides por ayudar en los ensayos del material, y al docente Rodrigo Palma, por atender cada duda y guiarme en el desarrollo de ensayos físicos y mecánicos.

Al coordinador Enoc, Patricio Gajardo y al equipo a cargo del Laboratorio de Maquinarias y Prototipos, Richard, Jaime y Pedro Mirauda.

A las docentes Andrea Wechsler, Jeannette Roldán y mi profesora guía Lorna Lares, por su disposición y ganas de ayudar en este proceso.

*“El mundo no será destruido por aquellos que hacen el mal,
sino por aquellos que lo observan y no hacen nada”*

Einstein, A.

RESUMEN

El siguiente estudio tiene como objetivo desarrollar un material compuesto a partir del reciclaje de colillas de cigarro, un desecho que ocupa el 30% de la basura a nivel mundial, y un 40% en las playas a nivel nacional. Este residuo se constituye de la transformación química de la celulosa, llamada Acetato de Celulosa, y de las distintas sustancias nocivas que se transfieren del cigarro al filtro, donde una sola colilla puede llegar a contaminar hasta 50 litros de agua y tardar aproximadamente 10 años en degradarse en el medioambiente.

Entendiendo que el número de fumadores va en aumento, y que Chile ocupa el primer lugar de prevalencia de fumadores en Latinoamérica, es un hecho que el hábito de fumar está implantado en la sociedad, lo que genera una alta tasa de contaminación en relación a los filtros de cigarro.

Por lo tanto, el desarrollo de este estudio es de carácter experimental y cuenta con las siguientes fases: Fase 1, se basa en todo el proceso de limpieza de la materia prima, dejándola desinfectada y sin olor.

Fase 2: se lleva a cabo el desarrollo de dos experimentaciones, que permitieron obtener parámetros claves en cuanto a formato, proceso y conformación del material final (llamado Filterm), siendo 70% Acetato de celulosa, 20% PVAc y 10% Almidón de maíz con formato de matriz: Acetato Trozado.

Fase 3: el material es sometido a ensayos físicos y mecánicos con el fin de obtener propiedades que permitieron caracterizar dicho material.

Finalmente, en la fase 4: se evalúa la posibilidad constructiva del material, realizando el desarrollo formal de una aplicación de diseño.

Los resultados obtenidos bajo distintas pruebas y ensayos de laboratorio, evidencian que el material desarrollado es apto para ser conformado a partir de moldeado, y utilizado con distintas herramientas disponibles en el mercado.

En cuanto a propiedades, el material es higroscópico, ligero estructuralmente y térmico, siendo esta última potenciada en el desarrollo formal, ya que, se lleva a cabo como propuesta de aplicación, un revestimiento interior para muros, donde se destaca no solo la apariencia (como revestimiento) del material elaborado, sino también el uso como aislante térmico.

Palabras claves: colillas de cigarro – material compuesto – reciclaje - aislamiento térmico.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	XVIII
Problemática	XX
Fundamentación.....	XXI
Objetivos.....	XXII
Objetivo General	XXII
Objetivos Específicos.....	XXII
Metodología de Trabajo.....	XXII

CAPÍTULO N°1: ANTECEDENTES GENERALES.....	23
1.1 Hábito de fumar	24
1.1.1 Lugares habilitados y no aptos para fumar	25
1.2 ¿Por qué los fumadores tiran la colilla?	26
1.3 Minimización del residuo.....	27
1.3.1 Reducción en el origen.....	28
1.3.2 Técnicas de reciclaje.....	28
1.3.3 Técnicas alternativas.....	28
1.4 Economía Circular	29

CAPÍTULO N°2: LA COLILLA DE CIGARRO.....	30
2.1 La colilla	31
2.1.1 Componentes de la colilla	32
2.2 Acetato de celulosa como fibra	33

2.2.1 Parámetros fibra ac	34
2.2.2 Tipos de filtros de ac	34
2.3 Ciclo de vida de la colilla	36 - 37
2.4 Reutilizaciones de la colilla	38

CAPÍTULO N°3: DESARROLLO DEL NUEVO MATERIAL	41
3.1 Materiales compuestos.....	42
3.2 Requerimientos y atributos del nuevo material.....	43
3.3 Tipología de aglutinantes.....	45

CAPÍTULO N°4: PROCESO Y EXPERIMENTACIÓN	46
4.1 Exploración	47
4.2 Desarrollo de exploración	48
4.2.1 Fase N°1: Recolección de colillas	49
4.2.2 Fase N°2: Tratamiento de limpieza y desinfección.....	49
4.2.3 Fase N°3: Desarrollo de probetas	52
4.2.3.1 Acetato Deshilachado.....	53
4.2.3.2 Acetato Trozado.....	55
4.2.3.3 Acetato Entero.....	55
4.2.3.4 Elaboración de probetas con Poliuretano Bi - Componente	55
4.2.3.5 Elaboración de probetas con Almidón de Maíz.....	57

4.2.3.6 Elaboración de probetas con PVAc	59
4.2.4 Resultados experimentación n°1	60
4.2.4.1 Selección de probetas según criterios establecidos	65
4.2.4.2 Resultados experimentación n°2.....	68
4.2.5 Selección de probeta final.....	69
CAPÍTULO N°5: CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL	
DISEÑADO.....	70
5.1 Desarrollo de pruebas físico - mecánicas	71
5.1.1 Contenido de humedad (ASTM D1017)	72
5.1.2 Absorción de agua e hinchamiento (ASTM D1037)	73
5.1.3 Pruebas de mecanizado (ASTM D1666-87).....	75
5.1.3.1 Corte Láser	76
5.1.3.2 Corte Ingletadora.....	77
5.1.3.3 Corte Esmeril	78
5.1.3.4 Corte Manual	79
5.1.3.5 Perforación Taladro pedestal y manual	80
5.1.3.6 Perforación con calor.....	82
5.1.3.6 Lijado	83
5.1.4 Ensayos Mecánicos	84
5.1.4.1 Ensayo de Tracción (ASTM D638)	84
5.1.4.2 Ensayo de Flexión (ISO 14125)	84
5.1.5 Conductividad Térmica (Nch 851)	87
5.1.6 Comportamiento a la acción de una flama (Nch 1977)	90

5.2 Desarrollo de pruebas de teñido.....	91
5.3 Desarrollo de morfologías	94
5.4 Mapa de propiedades	96
5.5 Ficha Técnica	97
CAPÍTULO N°6: APLICACIÓN DEL MATERIAL.....	98
6.1 Fase N°4: Elaboración de un producto a base del	
nuevo material	99
6.1.1 Diferencial Semántico (DS).....	99
6.1.2 Propuesta de Diseño	100
6.2 Aislación Térmica.....	101
6.2.1 Revestimientos de interior	101
6.2.2 Requerimientos finales	102
6.2.3 Referentes formales	103
6.3 Desarrollo de propuestas.....	104
6.3.1 Tipos de unión entre placas.....	104
6.3.2 Desarrollo de posibles morfologías	105
6.4 Desarrollo del Producto	106
6.4.1 Presentación del producto	107
6.4.2 Propuestas de posibles combinaciones.....	108
6.4.3 Fotomontaje n°1	109
6.4.4 Fotomontaje n°2	110
6.4.5 Detalles técnicos	111
6.5 Desarrollo prototipo.....	112

6.6 Prototipo formal	115
6.6.1 Usuario - Prototipo.....	117
6.6.2 Ciclo de vida Fibrocemento.....	118
6.6.3 Ciclo de vida elaborado de Filterm.....	119
6.6.4 Comparación Filterm y Fibrocemento	120

CONCLUSIONES	122
---------------------------	------------

PROYECCIONES	124
Acercamiento Prueba de Degradado	126

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	127
---	------------

ANEXOS	132
Anexo n°1: Aglutinantes sintéticos y naturales	132
Anexo n°2: Aglutinantes considerados para el estudio	134
Anexo n°3: Fotografías probetas experimentación n°1	136
Anexo n°4: Fotografías probetas experimentación n°2	141
Anexo n°5: Contenido de humedad ASTM D1037	142
Anexo n°6: Absorción de agua ASTM D1037	142
Anexo n°7: Mecanizado ASTM D1666-87	143
Anexo n°8: Tracción ASTM D638	144

Anexo n°9: Flexión: ISO 14125	145
Anexo n°10: Conductividad térmica Nch851	145
Anexo n°11: Datos conductividad térmica	146
Anexo n°12: Resistencia a la flama Nch1977	151
Anexo n°13: Comportamiento al fuego UNE-EN 13501-1	151
Anexo n°14: Procedimiento de teñido	153
Anexo n°15: Descriptores bipolares utilizados en DS	154

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura n°1: Fotografía representativa del desecho de colillas en playas de Chile	18
Figura n°2: Diagrama representativo de problemática	20
Figura n°3: Informe sobre el control de tabaco para la región de las Américas, prevalencia de consumo en adultos por país	24
Figura n°4: Triángulo Ecológico de las 3R: Reducir, Reutilizar & Reciclar, a partir del modelo de Greenpeace.....	27
Figura n°5: Ciclo de la Economía Circular	29
Figura n°6: Visualización gráfica de medidas de un cigarro	31
Figura n°7: La colilla	32
Figura n°8: Celulosa modificada químicamente.....	33
Figura n°9: Monoacetato	34
Figura n°10: Filtro doble y triple respectivamente.....	35
Figura n°11: Filtro de cápsula	35
Figura n°12: Filtro Slim	35
Figura n°13: Impacto en organismos marinos.....	37
Figura n°14: Impacto en organismos marinos.....	37
Figura n°15: Proyecto Mantis.....	38
Figura n°16: Diagrama visualizador del proyecto reciclador de colillas de cigarro de Terracycle.....	38
Figura n°17: Iniciativa de filtros biodegradables	39
Figura n°18: Visión nanométrica de las fibras de colillas utilizadas en el experimento	39
Figura n°19: Producto elaborado con colillas de cigarro, posavasos	40
Figura n°20: Logística del proyecto a elaborar	43
Figura n°21: Aglutinantes más utilizados en materiales compuestos.....	45
Figura n°22: Recolección de colillas.....	49
Figura n°23: Extracción de tabaco.....	49
Figura n°24: Colillas sumergidas en concentración de etanol al 95°	50
Figura n°25: Concentración de filtros luego de 24 horas	50
Figura n°26: Extracción de papel.....	51
Figura n°27: Secado de filtros	51
Figura n°28: Comparación de filtros: filtro Inicial - filtro limpiado	51
Figura n°29: Diagrama de tiempo (aproximado) total	51
Figura n°30: Desarrollo de experimentaciones	52
Figura n°31: Cambio de formato.....	53
Figura n°32: Filtros desinfectados y deshilachados	53
Figura n°33: Cama de escarmenado de filtros	53
Figura n°34: Filtros sobre cama de clavos	54
Figura n°35: Escarmenado manual.....	54
Figura n°36: Resultado final proceso de escarmenado manual	54
Figura n°37: Resultado final acetato trozado	55
Figura n°38: Pesaje de matriz.....	55

Figura n°39: Pesaje de componente A y componente B	56
Figura n°40: Mezcla de componentes con matriz.....	56
Figura n°41: Molde envuelto en aluminio	56
Figura n°42: Orientación de filtros (0° - 90°).....	57
Figura n°43: Prensado del compuesto durante 24 horas	57
Figura n°44: Solución preparada de almidón de maíz.....	57
Figura n°45: Mezcla de matriz con aglutinante.....	58
Figura n°46: Mezcla sometida a fuego.....	58
Figura n°47: Mezcla final con almidón de maíz.....	58
Figura n°48: Elaboración de material final.....	69
Figura n°49: Prueba contenido de humedad.....	72
Figura n°50: Prueba de absorción de agua e hinchamiento durante 24 horas	73
Figura n°51: Prueba de corte, rasterizado y grabado láser	76
Figura n°52: Corte ingletadora.....	77
Figura n°53: Resultado prueba de corte ingletadora	77
Figura n°54: Resultados prueba corte esmeril.....	78
Figura n°55: Prueba de corte manual con cúter.....	79
Figura n°56: Perforación Taladro Pedestal.....	80
Figura n°57: Perforación Taladro Manual.....	80
Figura n°58: Resultados Taladro Pedestal.....	80
Figura n°59: Resultados Taladro Manual	81
Figura n°60: Resultados perforación con calor	82
Figura n°61: Resultado lijado con distintos gramajes.....	83
Figura n°62: Equipamiento para ensayo de tracción	84

Figura n°63: Equipamiento para ensayo de flexión.....	84
Figura n°64: Muestra de probetas realizadas en tracción.....	85
Figura n°65: Muestra de probetas realizadas en flexión.....	85
Figura n°66: Resultados ensayo de tracción	85
Figura n°67: Resultados ensayo de flexión.....	85
Figura n°68: Ubicación de sensores prueba de resistencia térmica	87
Figura n°69: Formato probeta cilíndrica.....	87
Figura n°70: Gráfico resultante en ensayo de resistencia térmica	88
Figura n°71: Proceso de ensayo	90
Figura n°72: Resultado de probetas ensayadas.....	90
Figura n°73: Largo final considerado.....	91
Figura n°74: Teñido remolacha.....	91
Figura n°75: Teñido tinta china color bermellón	92
Figura n°76: Teñido anilina color calipso	92
Figura n°77: Teñido anilina pre aglutinado.....	92
Figura n°78: Teñido anilina post aglutinado.....	92
Figura n°79: Teñido tinte para madera extracto de nogal	93
Figura n°80: Barnizado natural.....	93
Figura n°81: Barnizado color roble.....	93
Figura n°82: Morfologías en MDF	94
Figura n°83: Morfología en CNC Router	94
Figura n°84: Morfología en CNC router molde y contramolde	95
Figura n°85: Morfología en CNC router molde y contramolde	95

Figura n°86: Mapa de materiales.....	96	Figura n°106: Diagrama representativo ciclo de vida	
Figura n°87: Solución de aislación en tabique perimetral (f.1) –		fibrocemento.....	118
Solución de aislación en muros de albañilería (f.2) –		Figura n°107: Diagrama representativo ciclo de vida	
Soluciones aislación n muros de hormigón		Filterm.....	119
armado (f.3).....	101	Figura n°108: Proceso de degradado natural.....	126
Figura n°88: Componentes de un muro ideal con		Figura n°109: Resultados degradado natural.....	126
revestimiento interior	102		
Figura n°89: Referentes seleccionados	103		
Figura n°90: Propuestas desarrolladas.....	104		
Figura n°91: Morfologías desarrolladas.....	105		
Figura n°92: Presentación del producto.....	107		
Figura n°93: Renderización del producto	108		
Figura n°94: Fotomontaje n°1.....	109		
Figura n°95: Fotomontaje n°2.....	110		
Figura n°96: Prensado prototipo formal	112		
Figura n°97: Placas finales.....	112		
Figura n°98: Terminación de placas.....	113		
Figura n°99: Dimensionado de madera con maquinaria			
sierra de banco	113		
Figura n°100: Uso de cepilladora	114		
Figura n°101: Corte 45° con máquina ingletadora	114		
Figura n°102: Rieles finales de madera	114		
Figura n°103: Presentación final formal.....	115		
Figura n°104: Sector A: materiales utilizados	115		
Figura n°105: Sector B: aplicaciones del material diseñado.....	116		

INDICE DE TABLAS

Tabla n°1: Tabla de caracterización cualitativa y cuantitativa de la fibra artificial celulósica, acetato de celulosa	34
Tabla n°2: Porcentaje comparativo de reciclaje de colillas de cigarro	40
Tabla n°3: Tabla de caracterización de ventajas que poseen los materiales compuestos a base de desechos poliméricos	42
Tabla n°4: Requerimientos y atributos que debe poseer el nuevo material a diseñar	44
Tabla n°5: Metodología de la investigación	48
Tabla n°6: Poliuretano Bi - Componente	60
Tabla n°7: Almidón al 30%.....	61
Tabla n°8: Almidón al 50%.....	62
Tabla n°9: PVAc al 30%	63
Tabla n°10: PVAc al 50%.....	64
Tabla n°11: Desventajas del Poliuretano Bi – Componente al 15%	65
Tabla n°12: Desventajas del Almidón de Maíz.....	65
Tabla n°13: Desventajas del PVAc.....	66
Tabla n°14: Comparación entre proporciones de aglutinantes utilizados.....	68
Tabla n°15: Resultados de variación de masa de probetas	72
Tabla n°16: Resultados de variación de porcentaje de absorción de agua	73
Tabla n°17: Resultados de espesores iniciales.....	74
Tabla n°18: Resultados de variación de porcentaje de hinchamiento luego de 2 horas.....	74
Tabla n°19: Resultados de variación de porcentaje de hinchamiento luego de 22 horas	74
Tabla n°20: Clasificación de resultados según norma ASTM D1666-87	75
Tabla n°21: Pruebas realizadas y respectivas técnicas	75
Tabla n°22: Resultados corte, rasterizado y grabado láser.....	76
Tabla n°23: Resultado corte ingletadora.....	77
Tabla n°24: Resultado corte esmeril.....	78
Tabla n°25: Resultado corte manual.....	79
Tabla n°26: Resultados comparativos entre distintos tipos de corte	79
Tabla n°27: Resultados comparativos, taladro pedestal vs taladro manual	81
Tabla n°28: Resultado perforación con calor.....	82
Tabla n°29: Resultados lijado.....	83
Tabla n°30: Resultados numéricos ensayo de tracción	86
Tabla n°31: Resultados numéricos ensayo de flexión	86
Tabla n°32: Comparación entre aislantes térmicos más utilizados	89

Tabla n°33: Categorización del material diseñado en base al comportamiento a la acción de una flama.....	90
Tabla n°34: Criterios de selección para la aplicación del compuesto elaborado	100
Tabla n°35: Tabla comparativa material elaborado vs material comercial.....	120

INTRODUCCIÓN

Del mismo modo, el cigarro como producto de consumo, corresponde a una de las fuentes tóxicas más contaminantes para el medio ambiente y la humanidad, existiendo aproximadamente **“1.100 millones de fumadores activos y 367 millones de fumadores pasivos de tabaco en el mundo”** (World Health Organization, 2018), siendo Chile el país que ocupa el **“primer lugar de prevalencia de fumadores en América Latina”** (OPS, 2015).

El desecho que se genera a raíz de este hábito se visualiza en que anualmente **“4,5 billones de toneladas de basura mundial corresponden a colillas de cigarro (30% de la totalidad)”** (SEPAR, 2017), y en Chile según la Municipalidad de Santiago, **1,5 toneladas de residuo** de cigarrillos son extraídos del medio anualmente (2015), teniendo en cuenta que este desecho tarda aproximadamente **“10 años en degradarse”**¹ (SEPAR, 2017) sin dejar de lado que, durante todo ese tiempo liberan sustancias que se han retenido y almacenado en el filtro durante la combustión del cigarro.

Sin embargo, este tema no termina ahí, ya que, en Chile **el 40% de los residuos encontrados en las playas del país corresponden a este tipo de desecho** (Hidalgo-Ruz, Honorato, Gatta, y Thiel, 2016), datos reflejados en el tercer muestreo nacional de basura en las playas de Chile, donde el promedio de basura en el año 2016 resultó ser de **2,2 unidades de basura por m²**, siendo las colillas de cigarro el mayor porcentaje de basura (Hidalgo-Ruz *et al.*, 2016), sumado además el impacto que estas generan en el entorno, ya que, al momento de entrar en contacto con el agua, pueden **“contaminar 8 litros de agua de mar por colilla”** (Acevedo, 2011)² y **“50 litros de agua potable”** (Ocean Conservansy, 2011).



Figura n°1: “Fotografía representativa del desecho de colillas en playas de Chile” (Fuente: Fundación Kenedy).

Este hecho está científicamente comprobado, debido a que en el año 2009 en San Diego University (EE. UU), se realizó un experimento en el que se sometieron pulgas de mar en una concentración de agua contaminada por filtros de cigarro, **“donde el 100% de estos organismos murieron al cabo de 48 horas”**.

1. El tiempo depende netamente de los factores ambientales (ΔT°) a los que se vea sometido el desecho, puede variar hasta 50 años según estudios.
2. Cabe destacar que existen estudios que datan de otras cifras, para este estudio se consideraron datos de los estudios más actuales.

Con estas cifras expuestas, se confirma que este producto en su magnitud (contemplando su uso y posterior eliminación), causa un daño no solo al ser humano, sino que también al medio ambiente en donde habitamos.

Esta situación entonces representa el **marco de estudio**, donde se ubica al fumador activo como uno de los principales causantes de este hecho, el potencial efecto negativo que se genera sobre el entorno con su desperdicio, correspondiendo al humo de cuarta mano (específicamente: las colillas de cigarro) que, dado a su disponibilidad durante todo el año y en todo lugar, se presenta como una materia prima disponible no utilizada y accesible a brindar diversas oportunidades al diseño.

PROBLEMÁTICA

Debido a las cifras mencionadas anteriormente, la situación a abordar a través de este estudio se centra principalmente en el impacto que generan las colillas de cigarro.

Si se observa y analiza este caso a diversos contextos, como vía pública, sectores costeros, pubs y restaurantes, entre otros, estos son desechadas en cualquier lugar debido a las **condiciones y costumbres que se generan en estos espacios**. La falta de contenedores aptos para estos desechos, el hecho de estar en un lugar público actualmente habilitado para fumar y la falta de normativas públicas, convergen en la concentración de colillas dispersas en suelo o escondidas en la arena, y la acumulación de ciertas sustancias nocivas que, como consecuencia, estas se transferirán al agua y terminarán en el mar.

- **Por lo tanto, la finalidad de este estudio entonces, se basa en 2 ámbitos:**

1.- Reciclar este desecho, elaborando un ciclo circular que le otorgue una segunda vida útil con el fin de que no termine como todos los desechos: contaminando el medio.

2.- Ser un contribuyente en la reducción del impacto tanto visual como ambiental.

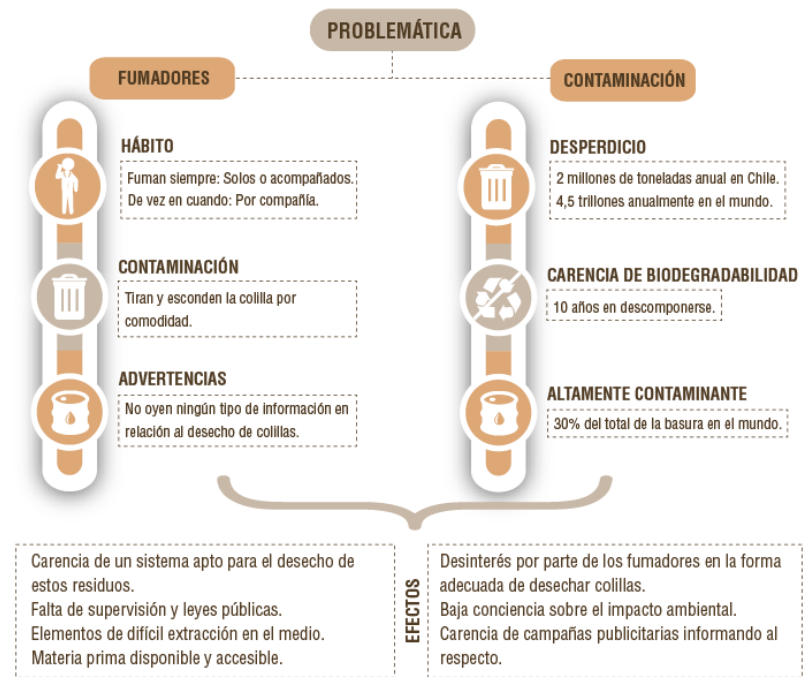


Figura n°2: "Diagrama representativo de problemática" (Elaboración propia).

FUNDAMENTACIÓN

La primera solución a este tema está únicamente en las manos de los fumadores y dejar a un lado el hábito que poseen, a pesar de que es bien sabido los daños irreparables que este producto causa en la salud, es escasa la información publicitaria de advertencias gráficas de **cómo** este desecho **contribuye en la contaminación** del entorno, y en caso de existir, es posible una disminución de la contaminación, pero no del desecho en sí mismo.

Cabe destacar que, la cámara chilena de Diputados ha planteado una serie de leyes a lo largo del tiempo que prohíben fumar en diversos lugares del país como playas, en presencia de menores, dentro de automóviles, entre otras que, al día de hoy se encuentran en tramitación o archivadas.

Si bien, está científicamente comprobado que fumar es un hábito grave para la salud, se estima que para **el año 2025 el número de fumadores activos aumente de 1.000 a 1.600** (Haenle, Brockmann, Kron, Bertlin, Manson, y Steinbach, 2006), por ende, es un hecho que el consumo de cigarro está implantado tanto en la sociedad mundial como en la chilena por una serie de factores que influyen tanto a nivel social como personal, generando a su vez una alta tasa existente de contaminación con respecto a los filtros de cigarro.

Este tema recae únicamente en los hábitos de la sociedad, partiendo por el hecho de que **no es mal visto tirar las colillas**, ya que, las personas aún no tienen el 100% de noción ni entienden con certeza lo contaminante que puede llegar a ser este desperdicio en la biota.

A nivel general, las colillas son desechadas en cualquier parte, desde aceras, parques hasta playas, olvidando que este producto (que al momento de ser consumido se convierte en uno de descarte **(contiene y almacena todas las sustancias nocivas del tabaco** que posteriormente serán traspasadas al entorno.

Desde el área del Diseño, y a pesar de que existen productos diseñados para disminuir el hábito de fumar, es muy bajo el impacto en un cambio de hábito tan personal. Sin embargo, **sí se puede producir un impacto significativo al hacerse cargo del desecho** – al final del ritual que conlleva el acto de fumar –, otorgando un segundo uso más beneficioso, con un ciclo de vida circular, y contribuyendo a reducir el impacto ambiental al disminuir el número de desechos que este genera.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL: Desarrollar un material compuesto a partir del reciclaje de colillas de cigarro, que tenga como materia prima principal el acetato de celulosa en un 70%.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Definir parámetros y características esenciales del material, basado en el formato, proceso y conformación.
2. Caracterizar el material por sus propiedades físico-mecánicas, mediante ensayos mecánicos, térmicos, físicos y comportamiento al fuego.
3. Proponer las posibilidades y aplicaciones de diseño, a través de una propuesta formal con el material elaborado.

Para llevar a cabo los objetivos mencionados, se utiliza como técnica principal el reciclaje, ya que, se pretende producir un nuevo material a partir de un desecho tan habitual como lo son las colillas de cigarro, en conjunto a una tecnología limpia bajo el principio de economía circular.

METODOLOGÍA DE TRABAJO

Este estudio se divide en 2 etapas fundamentales, en primer lugar, se encuentra todo el proceso de Investigación Base Memoria, donde se realizaron revisiones bibliográficas del tema, trabajo de campo como encuestas a usuarios fumadores, entrevistas a especialistas, entre otras, con el propósito de levantar la mayor cantidad de información posible, sintetizando sólo lo relevante.

Luego, la segunda etapa se subdivide en 4 fases, siendo todas de carácter experimental:

- **Fase 1:** Consta de todo el proceso de limpieza de la materia prima principal.
- **Fase 2** Se lleva a cabo el desarrollo de dos experimentaciones, que permitieron obtener parámetros claves en cuanto a formato, proceso y conformación del material final siendo 70% Acetato de celulosa, 20% PVAc y 10% Almidón de maíz con formato de matriz: Acetato Trozado.
- **Fase 3:** el material es sometido a ensayos físicos y mecánicos con el fin de obtener propiedades que permitieron caracterizar dicho material.
- **Fase 4:** Desarrollo formal de una aplicación de diseño, basados en los atributos y características de este material.

“CAPÍTULO N°1: ANTECEDENTES GENERALES”



1.1 HÁBITO DE FUMAR

“La **conducta humana** forma parte de los determinantes de la salud junto con otros aspectos de índole biológica, política, económica, social, cultural y ambiental, que serían susceptibles de ser intervenidos para el mejoramiento de la salud en la comunidad”³ (Organización Mundial de la Salud, 1986).

El hábito de fumar podría estar inmerso **en el estilo integral de vida de las personas**, entendido este como el conjunto de decisiones individuales que afectan la salud y sobre las cuales se podría ejercer cierto grado de control, que tiene también un efecto sobre la salud y la conducta de quienes conviven” (Martínez y Saldarriaga, 2011).

Un dato más actual según el MINSAL al año 2015 en América Latina, **Chile posee la mayor prevalencia del consumo de cigarro**, con 9,7 millones de fumadores, donde las mujeres tienen el consumo más alto de la región con un 37%, y en los hombres el 44%; siendo entre los “jóvenes de 19 a 25 años prevalente el consumo de un 51%” (2015).

Cabe destacar que todas las personas son responsables de sus actos y de aquellos hábitos que consideren pertinentes y convenientes para su propio bienestar, sin embargo, es por este motivo que se hace relevante el tema de investigación, ya que con estos datos es posible inferir a su vez que Chile, por consecuencia, también debiese poseer **una alta tasa de contaminación** con respecto a los filtros de cigarros.

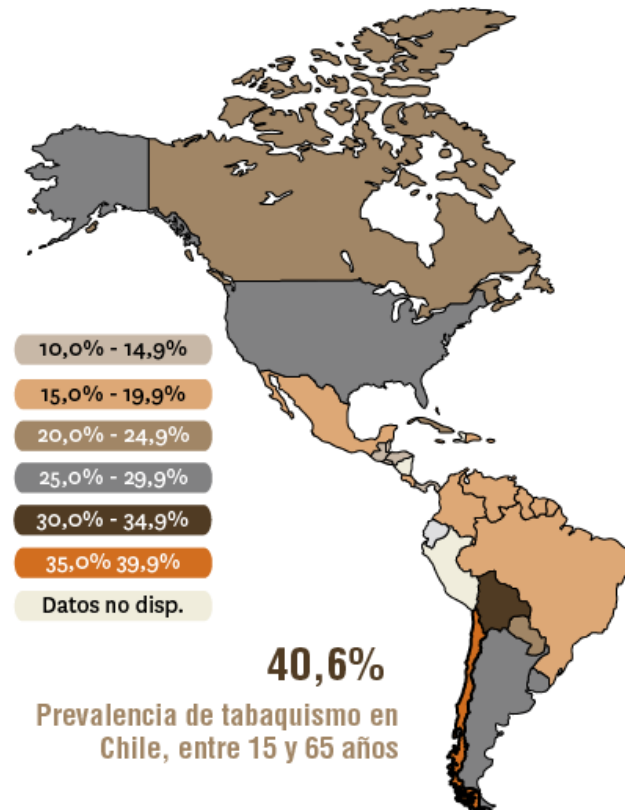


Figura n°3: “Informe sobre el control de tabaco para la región de las Américas, prevalencia de consumo en adultos por país” (Fuente: OPS 2015 / Elaboración Propia).

1.1.1 LUGARES HABILITADOS Y NO APTOS PARA FUMAR

La iniciativa multidisciplinar Chile Libre de Tabaco en conjunto con el Gobierno de Chile, autorizan y multan ciertos lugares que son y no son aptos para fumar, con el fin de proteger a los no fumadores.

LUGARES NO APTOS PARA FUMAR: aquellos espacios cerrados de uso y acceso público o comercial deben estar libres de humo, por lo que no se permite fumar en ellos, entre los que se encuentran:

- Oficinas de atención pública
- Centros médicos
- Restaurantes, bares y discos
- Hoteles, cines y teatros
- Universidades y colegios
- Transporte público



LUGARES HABILITADOS PARA FUMAR: se puede fumar en los espacios abiertos, donde el humo del cigarrillo no se encajone y no afecte a terceros. También se permite que los restaurantes o bares habiliten terrazas para fumadores, siempre exista circulación del aire para limpiar el ambiente.

En los estadios, los administradores podrán designar áreas para fumar. Entre los lugares habilitados para fumar se encuentran los siguientes:

- Departamentos y casas particulares
- Parques, plazas y playas
- Autos particulares
- Paraderos de locomoción y calles
- Bares, restaurantes y pubs
- Estadios



La nueva ley de tabaco dicta que la principal diferencia entre un espacio abierto o cerrado se basa en que un espacio cerrado está “cubierto por un techo o cerrado entre una o más paredes o muros, independiente del material utilizado, de la existencia de puertas o ventanas y de que la estructura sea permanente o temporal” (Chile Libre de Tabaco. 2013)⁴.

1.2 ¿POR QUÉ SE TIRAN LAS COLILLAS?

Una pregunta como la que se menciona en el título de esta página es crucial al momento de seguir con el estudio, puesto que es relevante cuestionarse **quiénes son los que realizan esta acción y el porqué de su actuar**, para posteriormente focalizar de mejor manera el estudio y futuro diseño de un dispositivo/sistema.

Una de las principales razones que existe al botar la basura en general al suelo deriva de **normas sociales negativas por las cuales se ven influidas las personas**, es decir, si el entorno de una persona bota con frecuencia la colilla de cigarro al suelo, este tendrá más posibilidades de botar su colilla también, adquiriendo a su vez las mismas costumbres negativas, de igual forma, como menciona Catalán en la Psicología del hábito de fumar, *“fumar es tan familiar, que resulta extraño que a nadie le pudiera molestar (...), por lo que el fumador se hace gradualmente más atrevido”* (2003).

Sin embargo, por otra parte, el psicólogo Ricardo de Castro en el libro Papeles del psicólogo menciona que *“desde que existe vida el hombre ha generado desperdicios, la actividad humana es productora de residuos de forma intrínseca, por el mismo hecho de ser consumidora de todo tipo de bienes (...) y continúa mencionando que el alejamiento del hombre del entorno natural hace que **nos veamos a nosotros mismos como seres independientes del medio que nos rodea**”* (1997).

Para encontrar respuestas a esta pregunta, tal como mencionaba anteriormente de Castro, se hace imperativo relacionar al individuo con medio ambiente, lo que conlleva a hablar propiamente tal de lo que es la **Psicología Ambiental**, cuyo objetivo se basa en *“identificar procesos que regulan y median la relación del individuo con el medio*

ambiente, poniendo en evidencia por una parte las percepciones, actitudes (...) y por la otra, los comportamientos y conductas ambientales”. (Moser, 2003).

Así mismo, como se menciona en un artículo publicado en 2011 en la revista científica Space and Culture, en el que se reportan los resultados de un estudio sobre la forma en la que se produce la basura en un entorno social: ***“tirar basura en público, como cualquier otra actividad socialmente visible, se lleva a cabo en un entorno social, y está condicionada por las acciones e interacciones de múltiples individuos, y no solo de aquel que la arroja”***, esto se aprecia notablemente en el acto de desechar colillas al suelo, directamente no es común ver personas tirar constantemente residuos grandes pero sí colillas de cigarrillo, entonces debido a esto, es posible cuestionarse, ¿Por qué es mal visto tirar un residuo al suelo como el envoltorio de un snack o una botella y no una colilla de cigarrillo?

Indagando por internet, se encontró un foro en la página Reddit titulado “¿Por qué socialmente es aceptable botar colillas de cigarro al suelo?” donde personas dan su opinión mencionando que *“cuando fumas, te rodeas de otros fumadores y entre esta particular subcultura, es algo tolerable”, “el fumador promedio no considera las colillas o la ceniza como basura” y que por lo general “este hábito está normalizado y es raro ver que alguien diga que la recojas”* (2017).

Para finalizar, la psicóloga Moreno, de la UNAM, menciona (y es con esta teoría con la que abordaremos el tema de investigación) ***“se trata de un tema de cultura en general, el problema de tirar basura en la calle es generalizado y hay falta de educación”*** (2018). Si bien, este estudio no se hace cargo de la cultura, pretende fomentar una correcta eliminación del residuo.

1.3 MINIMIZACIÓN DEL RESIDUO

Actualmente son millones los residuos que se pueden encontrar en los alrededores, y ante la potente contaminación que estos generan en el medio, surge la necesidad de brindarles a estos productos una segunda vida de manera que, el impacto que ocasionan pueda minimizarse.

La **minimización de residuos** corresponde a la toma de medidas organizativas que permiten disminuir la peligrosidad de los contaminantes que se generan, precisando específicamente en un tratamiento a estos o bien, eliminarlos definitivamente.

Esta minimización se consigue mediante la reducción del impacto en su **origen**, como este tema trata en específico de la colilla de cigarro, actualmente las industrias tabaqueras no han podido diseñar un filtro que sea 100% biodegradable, ya que sólo se ha conseguido apurar el tiempo de desintegración de estas (De Granada, 2017), por ende, la minimización de este residuo hasta el momento no es posible desde su inicio.

A su vez, la minimización también se puede llevar a cabo mediante el **reciclaje** dentro del mismo proceso de producción o mediante la **recuperación de componentes** que dicho residuo contenga por medio de una tecnología limpia.

Una **tecnología limpia** se basa en mejorar la relación entre el humano y el entorno, donde la reducción de aquellos desechos no biodegradables (como las colillas) y la auto sustentabilidad ambiental son el principal enfoque (Innovartic, 2007).

Las técnicas de minimización incluyen tecnologías limpias dentro de alguno de sus procesos, y a su vez, se pueden aplicar a cualquier tipo de residuo.

Para llevar a cabo los principales puntos de la minimización de residuos, las medidas operativas se clasifican en 3 grupos, los cuales se relacionan directamente con las 3 erres:



Figura n°4: “Triángulo Ecológico de las 3R: Reducir, Reutilizar & Reciclar, a partir del modelo de Greenpeace” (Elaboración Propia).

1.3.1 REDUCCIÓN EN EL ORIGEN

Ya que el tema principal de esta investigación se basa en las colillas, la reducción como ya se mencionó actualmente es nula. Greenpeace toma el término reducir como: *“explotar el planeta lo menos posible. En este punto resulta clave la presión al medioambiente que impone la sociedad de consumo y el estilo del desecho rápido”* (Greenpeace, 2018). Aquí se habla de promover el consumo consciente, que da cuenta de posibles costos ambientales como económicos (González, 2008).

1.3.2 TÉCNICAS DE RECICLAJE

Tratar los residuos con el propósito de generar nuevos productos, disminuir costos y preservar materiales. La reutilización puede llegar a ser más complejo que la reducción, ya que *“implica creatividad, conciencia y decisión. Una vez que el objeto-mercancía ha cumplido con su función primaria, debemos darle un nuevo empleo”* (González, 2008).

1.3.3 TÉCNICAS ALTERNATIVAS

Se realizan cuando las dos alternativas anteriormente mencionadas no son factibles de llevar a cabo, se refiere principalmente a *“la recuperación o al reciclado fuera de la planta, y se recurre a ellas cuando la planta no tiene equipo disponible”* (Monzonis, 2011).

“Es importante saber que muchos elementos pueden ser reciclados: papel, cartón, vidrio, metales, aluminio, madera y algunos plásticos. Por cierto, reciclar implica un esfuerzo extra, ya que requiere de energía y procesos para elaborar subproductos” (Greenpeace, 2018).

Para este caso de estudio, se tomará como técnica **el reciclaje**, ya que el fumar es un hecho que va de la mano con el desecho generado, por lo tanto, se pretende generar una valorización de este residuo que no conlleve peligros para el entorno, aprovechando que existe un material disponible (cuyas propiedades pueden ser potenciadas por otros), y al alcance de todos.

1.4 ECONOMÍA CIRCULAR

DESARROLLO SOSTENIBLE: “satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones del futuro para atender sus propias necesidades” (Brundtland, 1987). Cabe destacar que la sostenibilidad se conforma de tres variables: la **económica**, que depende de la **social** y ambas en conjunto dependen de la **ambiental** (Mebratu, 1998). Sin embargo, al día de hoy se postula que el desarrollo sostenible posee una cuarta variable ya que, la sostenibilidad tiene un impacto de corto, mediano y largo plazo, lo que corresponde a el **tiempo** (Lozano, 2008).

Ante esto, la **Economía Circular** tiene como objetivo generar prosperidad económica, proteger el ambiente y prevenir la contaminación facilitando así el desarrollo sostenible (modelo apoyado en el principio mencionado anteriormente: 3RS) (Yuan *et al.*, 2008).

Como se aprecia en la figura n°10, la EC consta de 5 campos de acción y 3 niveles de alcance que logran que la energía y los materiales sean realmente circulares. Existen estrategias importantes aplicadas al diseño sostenible como la propuesta por McDonough y Braungart, **Cradle to cradle (C2C)**, que facilitan y promueven que productos y servicios sean diseñados de tal manera que puedan ser reintroducidos al sistema como nuevos recursos mediante ciclos biológicos o técnicos (Prieto *et al.*, 2016).

Para lograr un modelo semejante al C2C, se hace imperativo que lo diseñado se elabore pensando en un ciclo circular, es decir, desde el inicio pensar en el fin de su función, por lo tanto, dentro de las oportunidades que tiene el diseñador se basa en contribuir al desarrollo sostenible, tomando decisiones adecuadas, y tener en cuenta la sociedad en que vivimos con el fin de elaborar productos bien diseñados desde su principio.

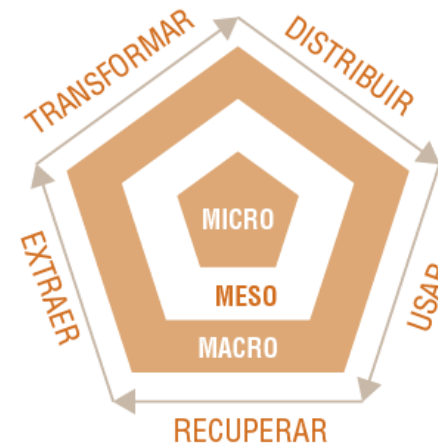


Figura n°5: “Ciclo de la Economía Circular” (Elaboración Propia).

“CAPÍTULO N°2:
LA COLILLA DE CIGARRO”



2.1 LA COLILLA

Según la **RAE**, colilla está definida como **“resto del cigarro que se tira por no poder o no querer fumarlo”**.

A nivel mundial, el 97% de los cigarros que se consumen tienen filtros, que son de apariencia inocua, pero en sí, corresponden a un residuo contaminante. El filtro que contienen los cigarros está principalmente constituido de **acetato de celulosa**, que se produce al hacer reaccionar celulosa con ácido acético.

“El acetato de celulosa corresponde a un material termoplástico relativamente duro y brillante, incoloro, transparente y amorfo con una buena claridad, estabilidad a los rayos UV y resistencia química moderadas” (Monzonis, 2011). Más del **80% de los filtros que se producen son de acetato de celulosa**. Se trata de un derivado del petróleo, no degradable.

El filtro fue concebido con una función principal, retener el alquitrán y el resto de los productos perjudiciales, tanto los que lleva el tabaco como los producidos en la combustión del cigarrillo, antes de que lleguen a los pulmones de los fumadores. (Novotny, Lum, Smith, Wang y Barnes, 2009).

En promedio, la medida de un cigarro es de 83 mm y de estos, 22 mm corresponden al filtro que posee el cigarro, con un diámetro de 8 mm.

Cabe destacar a su vez que, según la marca del cigarro, el peso y tamaño del filtro puede variar, sin embargo, el promedio aproximado del peso de una colilla de cigarro inicialmente es de 0,14gr (0,18gr con papel), y fumado: 0,29gr, mientras su longitud aprox. es de 22 mm.

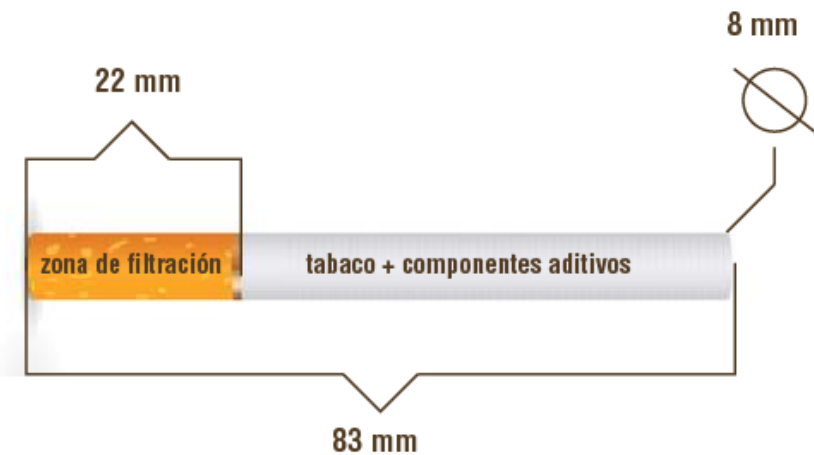


Figura n°6: “Visualización gráfica de medidas de un cigarro”. (Elaboración Propia).

2.1.1 COMPONENTES DE LA COLILLA

Cuando se ha consumido la mayor parte del cigarro, en la práctica es el filtro el elemento que se desecha, pasando a denominarse colilla. Las colillas al igual que el cigarro en su inicio, contienen una serie de compuestos químicos, para ello la Asociación Chilena de Seguridad (2012) hace mención sobre algunos de los componentes principales, que básicamente corresponden a los siguientes:

NICOTINA: sustancia tóxica y potente, que en altas concentraciones reacciona como insecticida. Es un estimulante y uno de los principales factores de adicción al tabaco.

ARSÉNICO: un metal bioacumulativo que las plantas son capaces de absorber. *“Las concentraciones de arsénico inorgánico que está actualmente presente en las aguas superficiales aumentan las posibilidades de alterar el material genético de los peces. Las aves comen peces que contienen eminentes cantidades de arsénico y morirán como resultado del envenenamiento”.*

ALQUITRÁN: responsable de la mayoría de los cánceres producidos por el tabaco, así como problemas bronquiales y vasculares.

CADMIO: animales esenciales para el suelo son extremadamente sensibles este metal tóxico. *“En ecosistemas acuáticos el cadmio puede bioacumularse en mejillones, ostras, gambas, langostas y peces, pudiendo llegar a nuestra alimentación”.*



Figura n°7: La colilla (Fotografía: Truth Net Media).

3. mg: miligramo / ng: nanogramo.

2.2 ACETATO DE CELULOSA COMO FIBRA

El **Acetato de celulosa (AC)** corresponde a un polímero celulósico, ya que se modifica químicamente la celulosa (en formato de hojas) extraída de las principales materias primas como las fibras de la madera. Como la celulosa no es soluble en casi ningún disolvente, se le realiza una transformación química con anhídrido acético *“en diferentes estados hasta conseguir acetato de celulosa. Luego, el acetato en gránulos o filamentos se prensa y se le da forma”*.



Figura n°8: “Celulosa modificada químicamente” (Fotografía: TabacoPedia).

Cabe destacar que, **fibra** se define como un *“filamento plegable similar a un cabello, cuyo diámetro es muy pequeño en relación a su longitud”* (Saddler y Langford, 1989).

El AC, corresponde a un termoplástico moldeable por extrusión e inyección, en los filtros de cigarro se comporta como una **fibra artificial celulósica**⁴, teniendo una gran resistencia mecánica en seco, sin embargo, *“las propiedades de las fibras dependen de su composición química y su tipo de orientación molecular (...) donde los materiales de carácter fibroso deben responder a propiedades específicas y parámetros establecidos”* (Coats, 2017).

4. Transformación química de productos naturales.

2.2.1 PARÁMETROS FIBRA AC

Tabla n°1: “Tabla de caracterización cualitativa y cuantitativa de la fibra artificial celulósica, acetato de celulosa”.

propiedades	características
Color	Blanco
Resistencia UV	Alta
Resistencia química	Media
Densidad	1,3 (gr/cm)
Resistencia al calor	Baja
Inflamabilidad	HB ⁵
Punto de fusión	306°C
Lustre	Brillante
Absorción de agua (24h)	1,9 - 7,0 (%)
Resistencia al impacto	100 - 450 (J / m)
Dureza - Rockwell	24 - 125

Nota: Recuperado de: (Brydson, J. 1985).

El AC es un material resistente a los rayos UV, lo cual resulta bastante conveniente para los fines de este estudio. Así mismo, la alta temperatura a la que se quema y su capacidad para combustionar de forma lenta, lo descarta completamente de una inflamación espontánea del material. Estas son características que aportan seguridad y confiabilidad del material.

2.2.2 TIPOS DE FILTROS DE AC

MONOACETATO: Todos los filtros están compuesto AC como elemento base, que corresponde a un filtro simple capaz de filtrar material particulado (ej.: marca PallMall).



Figura n°9: “Monoacetato” (Fotografía: TabacoPedia).

5. “El material arde despacio al someterlo a una prueba de inflamabilidad horizontal, donde la velocidad de quemado no sobrepasa de 3 pulgadas/minuto con un espesor de hasta 3mm” (Murrplastik, 2016).

DOBLE Y TRIPLE: Corresponden a filtros que poseen una tecnología aplicada a ellos llamada **Celfx**, que combina el AC con carbón activado*. La diferencia entre ellos varía en la cantidad de secciones que trae el filtro, haciéndolo más suave (doble, ej.: marca Dunhill) o que el aire aspirado sea mayor (triple, ej.: marca Kent).



Figura n°10: “Filtro doble y triple respectivamente” (Fotografía: TabacoPedia).

CÁPSULA: Se compone de 1 o más cápsulas de diversos sabores que aromatizan el humo, se encuentran insertas en el acetato (ej.: marca Lucky Strike).



Figura n°11: “Filtro de cápsula” (Fotografía: TabacoPedia).

SLIM: Filtro semejante al monoacetato, sin embargo, su diferencia radica en el diámetro del filtro que va de 4,5 a 7 mm (ej.: marca Malboro).

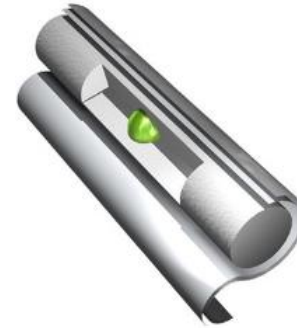


Figura n°12: “Filtro slim” (Fotografía: TabacoPedia).

Los filtros no están sujetos a pertenecer a una sola tipología, ya que, pueden fabricarse mezclado distintos formatos de los mencionados anteriormente.

Cabe destacar que estos tipos de filtros corresponden a los cigarros de las marcas encontradas en Chile, sin embargo, existen otros 9 tipos de filtros que son escasos de encontrar en el país.

2.3 CICLO DE VIDA DE LA COLILLA

PAPEL DE CIGARRO: Fibras vegetales provenientes de madera, algodón, lino, etc.



Serie de **componentes químicos** carcinógenos y nocivos (mencionados en la página 35), conformando la celulosa.



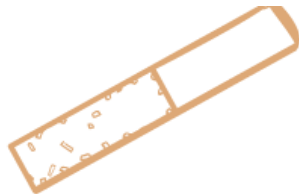
TABACO: Desarrollo de cultivos de tabaco, que posteriormente son curadas con calor y humo.



Serie de componentes que facilitan la **combustión del cigarro** y fomentan la adicción.



FILTRO: Acetato de celulosa (95% de conformación), absorbe y contiene los componentes del humo.



Serie de **colorantes y revestimientos** que permiten que no se adhiera a los labios.

PROCESO DE ELABORACIÓN Y REFINACIÓN:

Fabricación de **rollos de papel**.



Ecurrado, prensado y secado al vapor para su posterior depuración de **fibras blanqueadas en cloro**.



Proceso de **empaquetación y distribución** a tabaquerías.



DESECHO / RESIDUO

Opción de botar las colillas en ceniceros y basureros.

La mayoría tira el desecho donde se encuentre, vía pública, zonas verdes, playas, etc.

FUMADORES ACTIVOS



El recorrido en estos casos continúa por el alcantarillado llegando posteriormente a cursos fluviales, donde en dicho transcurso, **traspasan** todos los componentes al medio.



Figura n°13: "Impacto en organismos marinos" (NoButts, University Of Texas. 2009).

Gracias al reducido tamaño de este elemento y al estar en contacto directo con el agua de mar, **pájaros y organismos marinos pueden ingerirlos hasta morir.**



Figura n°14: "Impacto en organismos marinos" (NoButts, University Of Texas. 2009).

2.4 REUTILIZACIONES DE LA COLILA

Es necesario indagar en el estado del arte, con el fin de **visualizar cuánto se ha investigado en este tema**, qué soluciones y logros se han conseguido, qué vacíos existen y qué aspectos faltan aún por abordar. A continuación, se presentarán los diseños y sistemas más importantes que se han desarrollado en este ámbito hasta el momento:

“MANTIS”. 2005: Este corresponde a un proyecto de una diseñadora chilena, que vincula directamente el diseño con la moda sustentable, en donde *“se convierten las fibras de los filtros de las colillas de cigarro en ropa. Estas se recopilan y se purifican en alcohol durante 24 horas, obteniendo un 95% de purificación del material, posteriormente se tiñe y se mezclan con lana de oveja para ser hilado a mano. Cabe destacar que, en este proyecto, cada prenda que se realiza posee un 10% de colilla de cigarro y un 90% de lana de oveja”* (Guerrero, 2005). Sin embargo, estas prendas hoy en día, no se encuentran a la venta.



Figura n°15: “Proyecto Mantis” (Guerrero, Alexandra. 2005).

“TERRACYCLE”. 2012: Siendo el primer programa en Canadá en trabajar con la recopilación de cigarrillos para su posterior reciclaje, esta innovación fue también llevada a Estados Unidos. Consiste en que, a través de voluntarios, se recopilan las colillas, *“para posteriormente ser trituradas y luego fundidas en una solución plástica líquida. Esta solución pasa a través de un dado ubicado al extremo de una extrusora, produciéndose pallets de aprox. 1/4 de pulgada. Estos pueden ser utilizados en fabricar variedades de productos mediante moldes de inyección o soplado”*.

En esta iniciativa, se logra eliminar el 99% de las toxinas que contiene las colillas, originando con ellos nuevos objetos seguros” (Szaky, 2012).



Figura n°16: “Diagrama visualizador del proyecto reciclador de colillas de cigarro de Terracycle” (Szaky, Tom. 2012).

“FILTROS BIODEGRADABLES”. 2013: Ante la potente contaminación que generan los fumadores al desechar las colillas al suelo, una compañía de Gran Bretaña se dedicó únicamente a elaborar filtros biodegradables “a partir de cáñamo y algodón, en un principio a estos filtros además les agregaban semillas de pasto, al momento de degradarse el filtro, florecían, pero la empresa optó por eliminar las semillas de sus filtros, ya que, estas de igual forma quedan contaminadas con los componentes que almacena el cigarro, por ende, solo se opta por hacerlos degradables en 1 mes a base de algodón o lino” (Greenbutts, 2013).



Figura n°17: “Iniciativa de filtros biodegradables”
(Greenbutts. 2013).

“SUPERCONDENSADORES”. 2014: En Corea del Sur, un grupo de profesores de la universidad Nacional de Seúl, desarrollaron un supercondensador alimentado a partir de colillas, ya que al ser fabricadas por un derivado del petróleo y “contener altas cantidades de carbono, generan altas cantidades de energía que son utilizadas como combustible”, un proyecto que le dio una segunda vuelta al desecho de colillas convirtiéndola en un residuo de alto rendimiento, con mejores propiedades de almacenamiento que los nanotubos de carbono o grafeno.

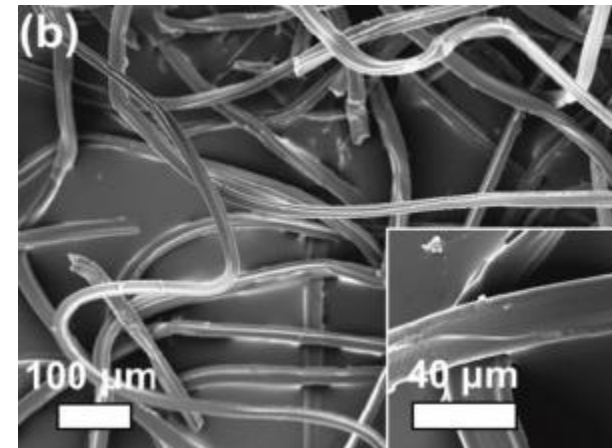


Figura n°18: “Visión nanométrica de las fibras de colillas utilizadas en el experimento” (Nanotechnology, 2014 / IOP).

“IMEKO”. 2018: Corresponde a un proyecto destinado a largo plazo, basado en recolectar (mediante contenedores dispuestos en puntos estratégicos de la Quinta región), transformar y revalorizar las colillas de cigarro en distintos productos con un *“alto valor comercial”*. En relación a los materiales que este proyecto ha obtenido, *“se encuentran fibras, films y plásticos, donde se pretende desarrollar tecnologías para la problemática de las emisiones del material particulado”* (Instituto de Química, PUCV. 2018).



Figura n°19: “Producto elaborado con colillas de cigarro, posavasos” (IMEKOChile).

Tabla N°2: “Porcentaje comparativo de reciclaje de colillas de cigarro”

PROYECTO	% DE COLILLAS UTILIZADAS
Mantis	10%
Terracycle	100%
Filtros Degradables	0%
Supercondensadores	100%
Imeko	100%
Filterm	70%

Nota: Elaboración Propia.

Variados son los proyectos e iniciativas que desde hace pocos años se han ido generando en distintos países en relación al desecho de colillas. Como se pudo apreciar anteriormente en los antecedentes nombrados, son empresas y pequeños emprendimientos que han logrado darle una segunda vida útil a este producto, aplicando tecnologías y siguiendo la tendencia de ir hacia lo sostenible.

Dicho lo anterior, este tema se convierte en un escenario perfecto y una entrada directa al diseño para abordar este tema, queda demostrado que es posible reciclar este desecho, darle otro valor, proyectar nuevas salidas y rescatar una materia prima no utilizada.

“CAPÍTULO N°3:
DESARROLLO DEL NUEVO
MATERIAL”



3.1 MATERIALES COMPUESTOS

Los materiales compuestos corresponden a una **“combinación de dos o más materiales que están unidos de forma tal, que puedan ofrecer atributos superiores que un solo material no ofrecería por sí solo”** (Mejía, 2011), con el fin de **“obtener una serie de propiedades que respondan a unos requerimientos de diseño”** (Ashby, 2005). Para desarrollar un nuevo material con un perfil de propiedades específicas, se requieren de las siguientes variables que permiten su dicha conformación:

- **COMPONENTES:** materiales seleccionados para ser combinados entre sí.
- **CONFIGURACIÓN:** corresponde a la forma y conectividad que tienen los componentes.
- **VOLUMEN:** cantidad de volumen que ocupa cada componente seleccionado.
- **ESCALA:** longitud de la unidad estructural.

*“Un material compuesto se conforma con **dos fases:** una primaria presentada como **matriz**, dentro de la cual se incorpora la segunda fase, **refuerzo**. La fase refuerzo puede ser en forma de fibras, partículas u otras. Las fases son generalmente insolubles una en otra, pero **debe existir una fuerte adhesión entre sus interfaces**”* (Groover, 1997).

Para esta investigación, se trabajó con un polímero celulósico como agente reforzante, correspondiendo específicamente al desecho que queda de las colillas de cigarro (acetato de celulosa).

Tabla n°3: “Tabla de caracterización de ventajas que poseen los materiales compuestos a base de desechos poliméricos”

- Ahorro de materias primas y recursos naturales en la manufactura del desarrollo de nuevos materiales.
- Reducción en el volumen de residuos.
- Ahorro de energía en procesos de fabricación de materiales recuperados frente a materiales vírgenes.
- Protección de recursos renovables y no renovables.

Nota: Recuperado de: (Reyeso, A. 2015).

3.2 REQUERIMIENTOS Y ATRIBUTOS DEL NUEVO MATERIAL

Para establecer correctamente los requerimientos y atributos de diseño para elaborar el nuevo material, se tomó como base, el desarrollo de uno de los ejes de las tecnologías limpias, específicamente el **reciclaje**, con el fin de generar una valorización del desecho de colillas de cigarro.

Además, se consideraron las tres variables del desarrollo sostenible (social, económica y ambiental) de manera tal que, se lograra un ciclo circular que facilitara y apoyara el eje considerado para este nuevo material.

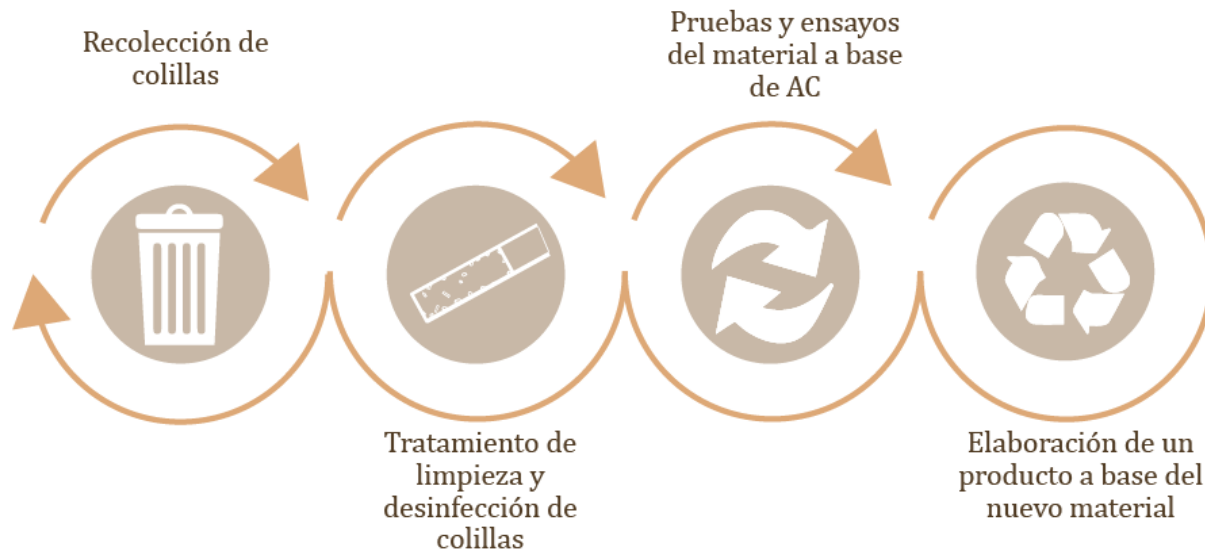


Figura n°20: "Logística del proyecto a elaborar" (Elaboración Propia).

Tabla nº4: “Requerimientos y atributos que debe poseer el nuevo material a diseñar”

FASES DEL PROYECTO	CICLO DE VIDA	REQUERIMIENTOS	ATRIBUTOS
Recolección de colillas de cigarro.	Materia Prima base.	Fácil acceso y rapidez en la recolección del acetato de celulosa. Bajo costo.	El AC debe estar disponible en todo momento del año y en la mayor cantidad de lugares posibles. El material seleccionado es gratuito y debe ocuparse en lo posible su totalidad.
Tratamiento de limpieza y desinfección de colillas.	Proceso y Producción.	Bajo nivel de energía en cuanto a proceso y producción.	El proceso de producción debe ser lo más sustentable posible.
Pruebas y ensayos del material a base de AC.		Material apto para confección.	Material limpio y desinfectado, debe lucir higiénico y sin olor. No debe ser tóxico para la salud.
Elaboración de un producto a base del nuevo material.	Uso del material.	Potenciar las mejores propiedades del AC.	El AC debe utilizarse en mayor porcentaje posible que el aglutinante.
	Término de vida.	Poseer una segunda vida. Semi-Degradable.	Reciclaje y Reutilización del desecho, la conformación de los materiales debe ayudar a degradarse lo más posible.

Nota: Elaboración Propia.

3.3 TIPOLOGÍA DE AGLUTINANTES

Los aglutinantes corresponden a materiales que son capaces de unir o pegar fragmentos de uno o más materiales sin reaccionar entre ellos para conformar un material compuesto.

Como se vio en el capítulo n°2, el Acetato de Celulosa corresponde a un polímero celulósico (su materia prima es de origen natural, pero se transforma químicamente volviéndolo sintético a la vez), es relevante seleccionar un aglutinante que cumpla con la función de adherirse a este material de forma adecuada y que una vez finalizada su vida se logre descomponer de forma natural.

Para ello se indagará en los aglutinantes que se encuentren al alcance de esta investigación, que posean un bajo impacto ambiental al momento de ser trabajado y que cumpla con los requerimientos y atributos planteados en la tabla n°4.

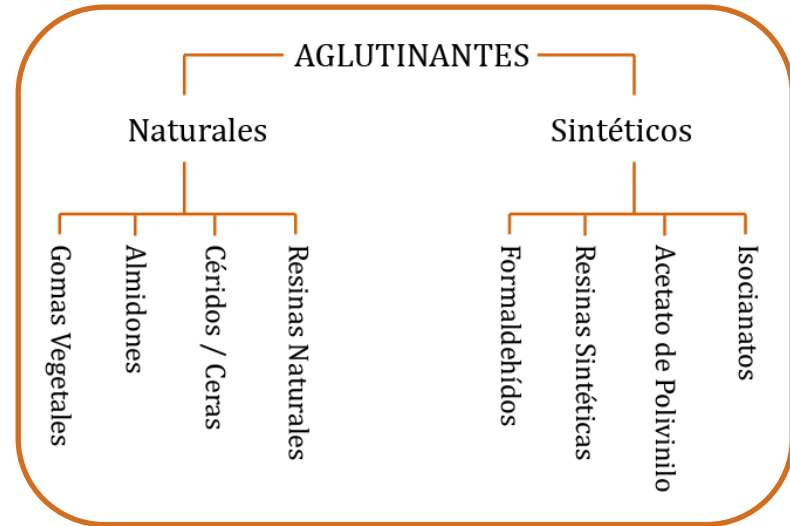


Figura n°21: “Aglutinantes más utilizados en materiales compuestos” (Elaboración Propia).

Los aglutinantes mencionados en la figura n°25 corresponden a adhesivos que mayormente se utilizan al momento de elaborar un material compuesto (ver anexo n°1). Estos adhesivos poseen entre sí distintas aplicaciones y propiedades, sin embargo, todos se han desarrollado ante la necesidad de ser utilizados con la madera (Frihart, 2005).

“CAPÍTULO N°4: PROCESO Y EXPERIMENTACIÓN”



4.1 EXPLORACIÓN

Esta exploración, tiene como fin el desarrollar un material compuesto a partir del reciclaje de colillas de cigarro, donde la materia prima principal sea acetato de celulosa. Para ello se experimentó con la colilla de cigarro y tres tipos de aglutinantes (uno natural, uno sintético degradable y otro sintético no degradable) de aquellos materiales que se mencionaron anteriormente en la figura n°21. Para cumplir con el objetivo principal de la investigación, el estudio se desglosó en 4 fases:

FASE N°1: La recolección de colillas se realizó de forma manual, sumado a la ayuda de un centro de eventos⁶ que facilitó la recopilación de una alta cantidad de desecho⁷.



FASE N°2: Tratamiento de limpieza, basado en el proyecto Mantis (mencionado en la página 39): donde las colillas fueron sumergidas durante 24 horas en alcohol al 95%, para obtener la materia prima lo más limpia posible.



Al trabajar con un elemento como las colillas de cigarro, se consideró el uso de elementos de protección personal.

FASE N°3: Se llevó a cabo la elaboración de probetas con distintos formatos del filtro de cigarro y distintos tipos de aglutinante en diversas proporciones para conformar el nuevo material, posteriormente estas fueron sometidas a distintos ensayos con el fin de evaluar sus características físico-mecánicas.



FASE N°4: En esta última fase, se evaluaron las posibles aplicaciones del nuevo material en función de los resultados obtenidos en las pruebas realizadas, potenciando las mejores características y propiedades del nuevo material, siendo evidenciadas en un producto.



6. Casona de Eventos San Ignacio, Caupolicán #8611, comuna de Quilicura.
7. Se trabajó con aproximadamente 10.000 unidades de filtros de cigarrillos comerciales.

4.2 DESARROLLO DE EXPLORACIÓN

Tabla n°5: “Metodología de la investigación”

OBJETIVO GENERAL: Desarrollar un material compuesto a partir del reciclaje de colillas de cigarro, que tenga como materia prima principal el acetato de celulosa.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	FASES	ACTIVIDADES
1. Establecer parámetros y características esenciales del material, basado en el formato, proceso y conformación.	1.- Recolección de colillas	-Seleccionar tipos de filtros que sirven para esta experimentación.
	2.- Tratamiento de limpieza y desinfección de colillas.	-Extraer restos de tabaco de los filtros seleccionados. -Dejar reposar por 24 horas los filtros en alcohol. - Enjuague y extracción de papel de los filtros. -Secado a t° ambiente durante 6 horas.
	3.- Pruebas y ensayos del material a base de colillas de cigarro.	-Establecer distintos formatos del filtro (3 tipos distintos). -Mezclar cada formato de filtro con distintos aglutinantes y variaciones de proporción, seleccionando la prueba final. -Someter probeta a distintas pruebas físico – mecánicas.
3. Determinar las posibilidades y aplicaciones de diseño del material desarrollado.	4.- Elaboración de un producto a base del nuevo material.	-Caracterizar el nuevo material elaborado en base a pruebas realizadas. -Establecer aplicación formal del material diseñado.

Nota: Elaboración Propia.

4.2.1 FASE N°1: RECOLECCIÓN DE COLILLAS

Las colillas obtenidas en esta etapa fueron recolectadas en un período de 5 meses, estas se recolectaron de forma manual (con guantes quirúrgicos y pinzas) aquellas encontradas en la vía pública (paraderos, estaciones de metro, malls, calles, playa, etc.) y como se mencionó anteriormente, un centro de eventos facilitó el acceso a una mayor cantidad de estas.

1.SELECCIÓN: De toda la materia prima recolectada, se seleccionaron aquellas colillas que cumplieran con lo siguiente:

- Mayor parte del filtro sin quemar.
- Filtro perteneciente a cigarrillos comerciales (excluyendo los de liar)⁸.
- Preferencia filtro slim, cápsula y monoacetato.

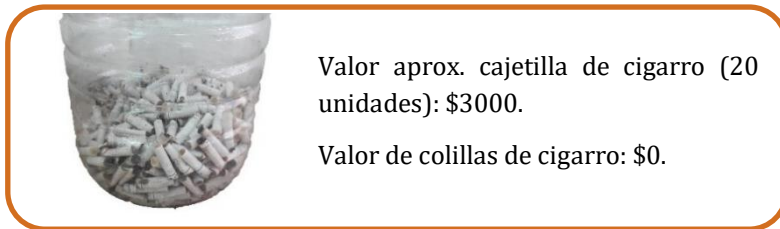


Figura n°22: "Recolección de colillas" (Elaboración Propia).

4.2.2 FASE N°2: TRATAMIENTO DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN

ETAPA 2.1 EXTRACCIÓN DE TABACO: En primer lugar, se extrajo del filtro (manualmente) los restos de tabaco encontrados en la parte superior de cada colilla junto al papel envoltorio (este último puede extraerse durante el enjuague).



Figura n°23: "Extracción de tabaco" (Elaboración Propia).

ETAPA 2.2 TRATAMIENTO CON ETANOL: Una vez separado el filtro del tabaco, las colillas fueron sumergidas en etanol, con una concentración (1L) de alcohol al 95% (mayor deshidratación ante agentes patógenos), durante 24 horas a t° ambiente.

8. Cigarro que se arma manualmente, compuesto de tabaco en polvo, papel y filtro (de carácter opcional).

Si bien, no está científicamente comprobado que el alcohol sea capaz de extraer componentes tóxicos del filtro, se realizó este paso con el fin de ser un bactericida, antiséptico, desinfectante, esterilizante y germicida.



Figura n°24: “Colillas sumergidas en concentración de etanol al 95%” (Elaboración Propia).

Cabe destacar que: 1L de alcohol al 95% rinde para aproximadamente 1200 colillas.

Alcohol 1L: \$2850.

ETAPA 2.3 ENJUAGUE: Transcurridas las 24 horas, se procedió a la limpieza de los filtros (1200 aprox.), estos fueron enjuagados con agua (2L) una cierta cantidad de veces (5 aprox.) para luego, extraer el papel en caso de no haber sido extraído en la etapa 2.1. Cabe destacar que el papel al entrar en contacto con el agua se desprende fácilmente.



Figura n°25: “Concentración de filtros luego de 24 horas” (Elaboración Propia).

El agua utilizada durante cada enjuague se hierve hasta ser evaporada, concentrando sólidos que posteriormente se eliminaron a la basura.



Figura n°26: "Extracción de papel" (Elaboración Propia).

ETAPA 2.4 SECADO: Posteriormente, se secaron los filtros a temperatura ambiente ($28^{\circ} \pm 2$), durante 6 horas.



Figura n°27: "Secado de filtros" (Elaboración Propia).



Figura n°28: "Comparación de filtros: filtro Inicial - filtro limpiado" (Elaboración Propia).



Figura n°29: "Diagrama de tiempo total (aproximado)" (Elaboración Propia / En base a una porción de 1200 colillas aproximadamente).

4.2.3 FASE N°3: DESARROLLO DE PROBETAS

Esta etapa, que consiste primeramente en el desarrollo de las primeras probetas, se llevó a cabo de la siguiente forma:

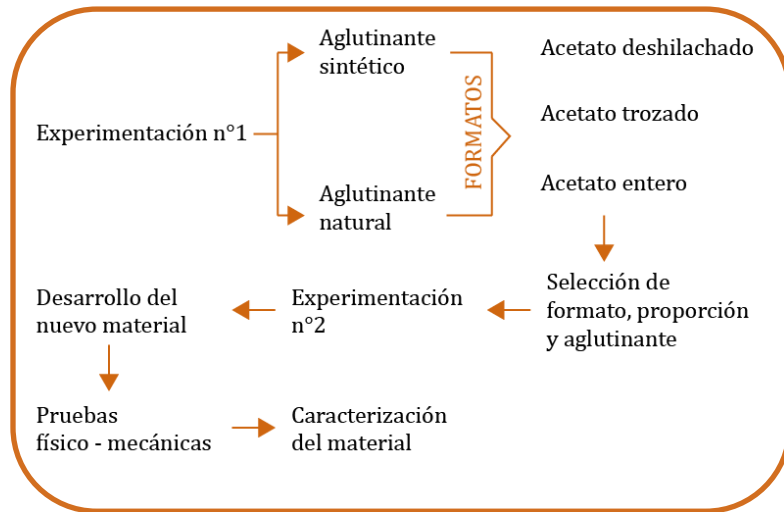


Figura n°30: "Desarrollo de experimentaciones" (Elaboración Propia).

EXPERIMENTACIÓN N°1: Para esta experimentación, se consideraron 3 aglutinantes diferentes: en primer lugar, se seleccionó el aglutinante sintético más adecuado que lograra compactar de forma correcta los filtros, para ello se determinó como aglutinante Poliuretano Bi-Componente, ya que, es utilizado por su capacidad de dificultar la proliferación de hongos y bacterias y posee una gran capacidad de adherencia a diversos materiales.

En segundo lugar, como aglutinante natural se utilizó Almidón de maíz (Maicena), ya que, en esta investigación el AC se toma como material fibroso, donde el almidón es un compañero común en los textiles, además posee distintas posibilidades de modificación química y física que permiten transformarlo en un material biodegradable. Y por último se consideró un aglutinante sintético biodegradable, correspondiendo a Acetato de Polivinilo, el que posee fuertes propiedades de adhesión (más información ver Anexo n°2).

Por ende, para el desarrollo de este material compuesto, se consideraron las siguientes variables con el fin de establecer un formato base para el material a realizar:

- **Matriz en 3 formatos distintos:**

- 1.- Acetato deshilachado
- 2.- Acetato trozado
- 3.- Acetato entero (cilíndrico)

- Espesor: 3 mm
- Densidad estimada: 1gr/cm³
- Almidón / PVAc: Ensayos en distintas proporciones
- Poliuretano: Matriz al 85% (19,5gr) // Aglutinante al 15% (3,5gr)⁹

9. Se consideró esa proporción (más adecuada) debido a la optimización del material, ya que, en general, no se utiliza sobre el 20%.

4.2.3.1 ACETATO DESCHILACHADO

Para este tipo de matriz, se cambió el formato del filtro inicial a un formato plano.



Figura n°31: "Cambio de formato" (Elaboración Propia).



Figura n°32: "Filtros desinfectados y deshilachados" (Elaboración Propia).

Para los primeros acercamientos del formato, se preparó una cama cuadrada de clavos de 11x11cm con una separación de 10 mm entre cada clavo, la que se utilizó para el escarmenado de cada filtro.

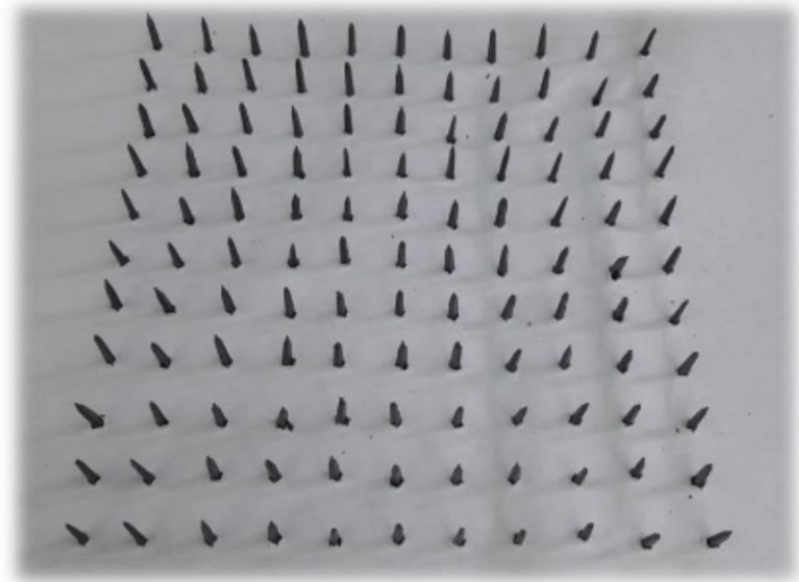


Figura n°33: "Cama de escarmenado de filtros" (Elaboración Propia).

Los filtros fueron situados sobre la cama, uno al lado del otro (de izquierda a derecha) y semi montados sobre otro (de abajo hacia arriba), como muestra la fotografía n°34.



Figura nº34: "Filtros sobre cama de clavos" (Elaboración Propia).



Figura nº36: "Resultado final proceso de escarmenado manual" (Elaboración Propia).

ESCARMENADO: Este proceso se realizó con la ayuda de un peine con 3 mm de separación entre cada cerda, los filtros fueron peinados en un solo sentido (a favor del sentido de la fibra).



Figura nº34: "Escarmenado manual" (Elaboración Propia).

4.2.3.2 ACETATO TROZADO

Para obtener este formato, manualmente se trozó cada filtro con longitudes de $2\text{ mm} \pm 2$ de ancho.



Figura n°37: “Resultado final acetato trozado” (Elaboración Propia).

4.2.3.3 ACETATO ENTERO

Para este último formato, la materia prima no sufre ninguna transformación, se trabaja con ella en su formato original.

4.2.3.4 ELABORACIÓN DE PROBETAS CON POLIURETANO BI-COMPONENTE

Para la realización de probetas, se utilizaron los siguientes materiales:

- Pesa digital.
- Contenedor desmontable de madera (molde).
- Guantes quirúrgicos
- Vasos de PP

(materiales utilizados en todas las experimentaciones).

Para este punto, los 3 formatos siguieron el mismo procedimiento que se muestra a continuación:



Figura n°38: “Pesaje de matriz” (Elaboración Propia).



Figura n°39: "Pesaje de componente A y componente B" (Elaboración Propia).



Figura n°40: "Mezcla de componentes con matriz" (Elaboración Propia)

Posteriormente del mezclado de los componentes (durante 5 minutos aprox.), se posicionó todo el contenido en un molde, con dimensiones 100x100mm, cubierto con papel aluminio, evitando el pegado de la probeta en el molde.



Figura n°41: "Molde envuelto en aluminio" (Elaboración Propia).

Para el formato entero, los filtros se situaron uno al lado del otro, con las capas de cada filtro en distintas direcciones ($0^\circ - 90^\circ$), para potenciar la estabilidad de la probeta.



Figura n°42: "Orientación de los filtros ($0^\circ - 90^\circ$)"
(Elaboración Propia).



Figura n°43: "Prensado del compuesto durante 24 horas"
(Elaboración Propia).

4.2.3.5 ELABORACIÓN DE PROBETAS CON ALMIDÓN DE MAÍZ

Para la realización de probetas, se establecieron las siguientes proporciones:

- 70% Matriz (16,1gr) / 30% Aglutinante (6,9gr)
- 50% Matriz (11,5gr) / 50% Aglutinante (11,5gr)

La solución de almidón utilizado para esta investigación se elaboró a partir de la conformación de $\frac{1}{4}$ de almidón y $\frac{3}{4}$ partes de agua, que posteriormente fue mezclada con las colillas de cigarro.

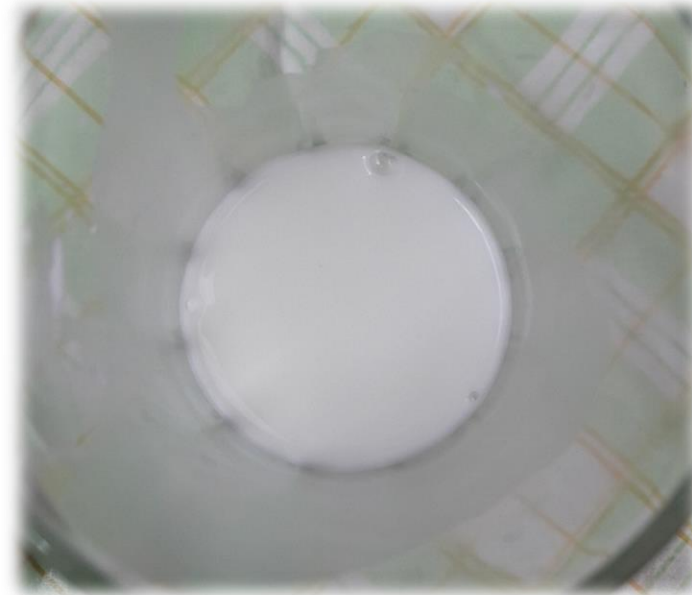


Figura n°44: "Solución preparada de almidón de maíz" (Elaboración Propia).



Figura n°45: "Mezcla de matriz con aglutinante" (Elaboración Propia).

Una vez mezclados ambos componentes, fueron sometidos a fuego lento (60-70°C, por 1 minuto) con el fin de que el aglutinante gelara¹⁰ en conjunto a las colillas.



Figura n°46: "Mezcla sometida a fuego" (Elaboración Propia).

10. Cuando los almidones son calentados, sus gránulos se hinchan por una absorción irreversible de agua, aumentando su tamaño.

Luego, la mezcla obtenida fue posicionada en el molde, que se prensó durante 24 horas a temperatura ambiente. Este procedimiento se realiza de igual forma con todos los formatos y proporciones.



Figura n°47: "Mezcla final con almidón de maíz" (Elaboración Propia).

4.2.3.6 ELABORACIÓN DE PROBETAS CON PVAc

Para la realización de probetas, se establecieron las siguientes proporciones:

- 70% Matriz (16,1gr) / 30% Aglutinante (6,9gr)
- 50% Matriz (11,5gr) / 50% Aglutinante (11,5gr)

Los procedimientos en la elaboración de probetas para todos los formatos fue el mismo realizado en el desarrollo con almidón de maíz, exceptuando el paso de someter la mezcla a fuego lento.

CRITERIOS DE MUESTRAS: De toda la experimentación n°1 mostrada anteriormente, se involucraron variables como: proporciones, aglutinantes y formatos de la materia prima, donde durante 1 mes, se observó paulatinamente posibles comportamientos que tuviesen las probetas al cabo de dicho período. Para estos criterios de observación, se establecieron los siguientes (permitieron seleccionar para cada aglutinante el formato de filtro más idóneo):

- Estabilidad morfológica
- Cambios en apariencia
- Presencia de hongos

4.2.4 RESULTADOS EXPERIMENTACIÓN N°1:






Tabla n°6: "Poliuretano Bi - Componente al 15%"

TIPO DE PROBETA	RESULTADO INICIAL	CAMBIOS EN APARIENCIA	PRESENCIA DE HONGOS	ESTABILIDAD MORFOLÓGICA	RESULTADO FINAL (1 MES)
Poliuretano: Acetato Deshilachado		Presenta hinchamiento en su espesor y manchas del aglutinante	No	Presenta estabilidad, sin embargo, la probeta es blanda ya que, el aglutinante no se esparce de forma homogénea	
Acetato Trozado		Presenta manchas del aglutinante en cara posterior, tiende a hincharse	No	Alta estabilidad morfológica, probeta de carácter rígida, presenta una película brillante en ambas caras	
Acetato Entero		Presenta manchas del aglutinante	No	Presenta estabilidad, sin embargo, la prueba es blanda y quebradiza, posee una película brillante en ambas caras	

Nota: "Resultados: colillas (85%), aglutinante sintético no degradable (15%)" (Elaboración Propia)".

ii. Fotografías de experimentación n°1 en mayor resolución: Ver anexo n°3.

Tabla n°7: "Almidón al 30%"

TIPO DE PROBETA	RESULTADO INICIAL	CAMBIOS EN APARIENCIA	PRESENCIA DE HONGOS	ESTABILIDAD MORFOLÓGICA	RESULTADO FINAL (1 MES)
Acetato Deshilachado		No	No	Probeta flexible, de baja rigidez, sin embargo, presenta estabilidad morfológica	
Acetato Trozado		No	No	Probeta rígida, presenta una alta estabilidad morfológica	
Acetato Entero		La probeta tiende a quebrarse en el proceso de secado	No	Nula estabilidad morfológica, al manipular la probeta esta se quiebra	

Nota: "Resultados: colillas (70%), aglutinante natural degradable (30%)" (Elaboración Propia).

Tabla n°8: "Almidón al 50%"

TIPO DE PROBETA	RESULTADO INICIAL	CAMBIOS EN APARIENCIA	PRESENCIA DE HONGOS	ESTABILIDAD MORFOLÓGICA	RESULTADO FINAL (1 MES)
Acetato Deshilachado		La probeta presenta grietas y tiende a curvarse en el proceso de secado	No	Probeta blanda, al doblarla tiende a quebrarse, nula estabilidad morfológica	
Acetato Trozado		La probeta tiende a quebrarse a medida que libera humedad en el proceso de secado	No	Probeta rígida, presenta una alta estabilidad morfológica	
Acetato Entero		La probeta se quebraja por completo	No	Nula	







Nota: "Resultados: colillas (50%), aglutinante natural degradable (50%)" (Elaboración Propia).

Tabla N°9: "PVAc al 30%"

TIPO DE PROBETA	RESULTADO INICIAL	CAMBIOS EN APARIENCIA	PRESENCIA DE HONGOS	ESTABILIDAD MORFOLÓGICA	RESULTADO FINAL (1 MES)
Acetato Deshilachado		La probeta tiende a deshilacharse por los bordes	No	El aglutinante no se distribuye de forma homogénea (poca cantidad), la probeta es flexible y posee bordes irregulares	
Acetato Trozado		No	No	El aglutinante no se distribuye de forma homogénea (poca cantidad), la probeta es flexible, sin embargo, presenta estabilidad	
Acetato Entero		No	No	El aglutinante se distribuye forma homogénea, posee estabilidad y presenta una película brillante en ambas caras, sin embargo, es flexible	

Nota: "Resultados: colillas (70%), aglutinante sintético degradable (30%)" (Elaboración Propia).

Tabla n°10: "PVAc al 50%"

TIPO DE PROBETA	RESULTADO INICIAL	CAMBIOS EN APARIENCIA	PRESENCIA DE HONGOS	ESTABILIDAD MORFOLÓGICA	RESULTADO FINAL (1 MES)
Acetato Deshilachado		La probeta tiende a deshilacharse por los bordes	No	El aglutinante no se distribuye de forma homogénea, por ende, la probeta posee sectores duros y rígidos y otros blandos y flexibles	
Acetato Trozado		No	No	Presenta estabilidad morfológica, dureza y rigidez, sin embargo, el aglutinante no se distribuye de forma homogénea	
Acetato Entero		La probeta tiende a curvarse	No	Probeta dura y rígida, presenta una película brillante en ambas caras, posee estabilidad morfológica	

Nota: "Resultados: colillas (50%), aglutinante sintético degradable (50%)" (Elaboración Propia).

4.2.4.1 SELECCIÓN DE PROBETAS SEGÚN CRITERIOS ESTABLECIDOS

De la experimentación n°1 en base al Poliuretano Bi-componente, se pudo corroborar que el formato de Acetato Trozado fue el más idóneo para realizar el nuevo material compuesto, ya que, correspondió al formato que aglutinó de mejor manera debido a que sus fibras (que van desde los 2 a 4 mm de ancho) permitieron un mejor esparcimiento del aglutinante, presentando una estabilidad morfológica relativamente alta en comparación al resto de los formatos realizados. Sin embargo, presentó las siguientes desventajas al compararlo con los otros aglutinantes:

Tabla n°11: “Desventajas del Poliuretano Bi-componente”

Desventajas	El material no es económico (precio) comparado con el resto de los aglutinantes seleccionados.
	Presenta manchas en cuanto a su apariencia y tiende a hincharse con los días, pierde su espesor inicial.

Nota: Elaboración Propia.

Para el caso de la experimentación con Almidón de Maíz, el formato más idóneo correspondió al Acetato Trozado con las proporciones de T70 – A30¹², ya que, la probeta fue bastante rígida en comparación a las otras pruebas elaboradas con almidón, presentando una alta estabilidad morfológica careciendo de cambios en apariencia y presencia de hongos. Presentó las siguientes desventajas:

Tabla n°12: “Desventajas del Almidón de Maíz”

Desventajas	El aglutinante es opaco y tiende a blanquear la matriz.
	Posee un mayor tiempo de secado, ya que el % de humedad es mayor.

Nota: Elaboración Propia.

Cabe destacar, que este tipo de probetas posee un mayor tiempo de secado (aproximadamente el doble del resto de las probetas) por el alto contenido de agua y humedad.

12. Donde T: trozado (acetato) y A: aglutinante

Finalmente, para la experimentación con PVAc, el formato T50 y E50¹³, con proporción A50, cumplieron con los criterios establecidos, ya que, ambos presentaron una buena estabilidad morfológica, siendo flexible y rígido a la vez, carecieron de hongos y cambios en apariencia. Sin embargo, el aglutinante se presentó en una mayor proporción vs al aglutinante natural y en el caso de la probeta **T50 - A50, presentó dificultades para ser esparcido** por la matriz de forma homogénea.

Tabla n°13: “Desventajas del PVAc”

Desventajas

El aglutinante no se esparce de forma homogénea debido a su densidad.

Posee una mayor proporción en comparación al Almidón de Maíz.

Nota: Elaboración Propia.

TOMA DE DECISIONES:

- El aglutinante de poliuretano Bi-Componente fue descartado como material aglutinante, ya que, como se mencionó en sus desventajas, no es económico en comparación al resto, manualmente fue difícil manipular el espesor requerido y, a su vez, no es un material degradable.
- Formato establecido para el diseño del nuevo material: Acetato Trozado, ya que, fue el que generó más estabilidad morfológica debido al tipo de fibra (multidireccional¹⁴), lo que permite que a futuro estas se puedan adaptar a distintas formas, aristas y curvas.
- Proporción final del material diseñado: T70 – A30, utilizando en mayor porcentaje el residuo de colillas de cigarro y en menor cantidad el aglutinante.
- Si bien, Almidón y PVAc son aglutinantes adecuados para elaborar el nuevo material (degradables), permiten una mejor manipulación del espesor deseado, ambos poseen ventajas y desventajas comparados entre ambos, por ende, se propone mezclar en diversas cantidades de dichos componentes, para lograr potenciar las ventajas de estos materiales

13. Donde E: entero (acetato)
14. Fibras cortas e irregulares

EXPERIMENTACIÓN N°2: Luego de la experimentación n°1, y en base a la toma de decisiones planteadas, surgieron nuevas **variables** para llevar a cabo esta segunda parte y final del desarrollo del nuevo material, considerando las siguientes:

- Acetato en formato Trozado
- Proporción T70 – A30
- Espesor 3mm
- Aglutinante utilizado en 3 proporciones:
 - 20% PVAc (4,6gr) – 10% Almidón de maíz (2,3gr)
 - 15% PVAc (3,45gr) – 15% Almidón de maíz (3,45gr)
 - 10% PVAc (2,3gr) – 20% Almidón de maíz (4,6gr)

CRITERIOS DE MUESTRAS: Para estos nuevos criterios de observación, se establecieron los siguientes que permitieron seleccionar finalmente el material diseñado con sus características respectivas:

- **Apariencia:** color y textura
- **Tiempo de proceso:** Desde su conformación hasta secado
- **Precio:** gasto monetario por cantidad de aglutinante
- **Definición de bordes:** bordes estables o deshilachados
- **Estabilidad morfológica aparente**

PVAc: Valor aproximado por 250grs: \$2000






Almidón: Valor aproximado por 250grs: \$2500

Colillas: 123 unidades aprox. por probeta realizada (100mm x 100mm)

4.2.4.2 RESULTADOS EXPERIMENTACIÓN N°2:

Tabla N°14: “Comparación entre proporciones de aglutinantes utilizados”

TIPO DE PROBETA	RESULTADO INICIAL	APARIENCIA	TIEMPO DE PROCESO ¹⁵	PRECIO APROX.	DEFINICIÓN DE BORDES	ESTABILIDAD M. APARENTE
PVAc 20% Almidón 10%		Color: Blanquecino Textura: Semi Lisa	28 horas	PVAc: \$37 Almidón: \$23 Total: \$60	Bordes estables y bien definidos, buena terminación	Probeta rígida, presenta una leve película en ambas caras que la hace ser menos opaca.
PVAc 15% Almidón 15%		Color: Blanquecino Textura: Semi Lisa	30 horas	PVAc: \$28 Almidón: \$35 Total: \$63	Bordes definidos, sin embargo, presenta algunos deshilachados	Probeta rígida, al curvarla comienza a presentar leves partiduras
PVAc 10% Almidón 20%		Color: Blanquecino Textura: Semi Lisa	36 horas	PVAc: \$18 Almidón: \$46 Total: \$64	Bordes definidos, sin embargo, presenta algunos deshilachados	Probeta rígida, al curvarla comienza a presentar leves partiduras

Nota: Elaboración Propia.

15. Todas las pruebas fueron prensadas inicialmente durante 24 horas, luego el secado fue a t° ambiente.

16. Fotografías de experimentación n°2 en mayor resolución: Ver anexo n°4.

4.2.5 SELECCIÓN DE PROBETA FINAL

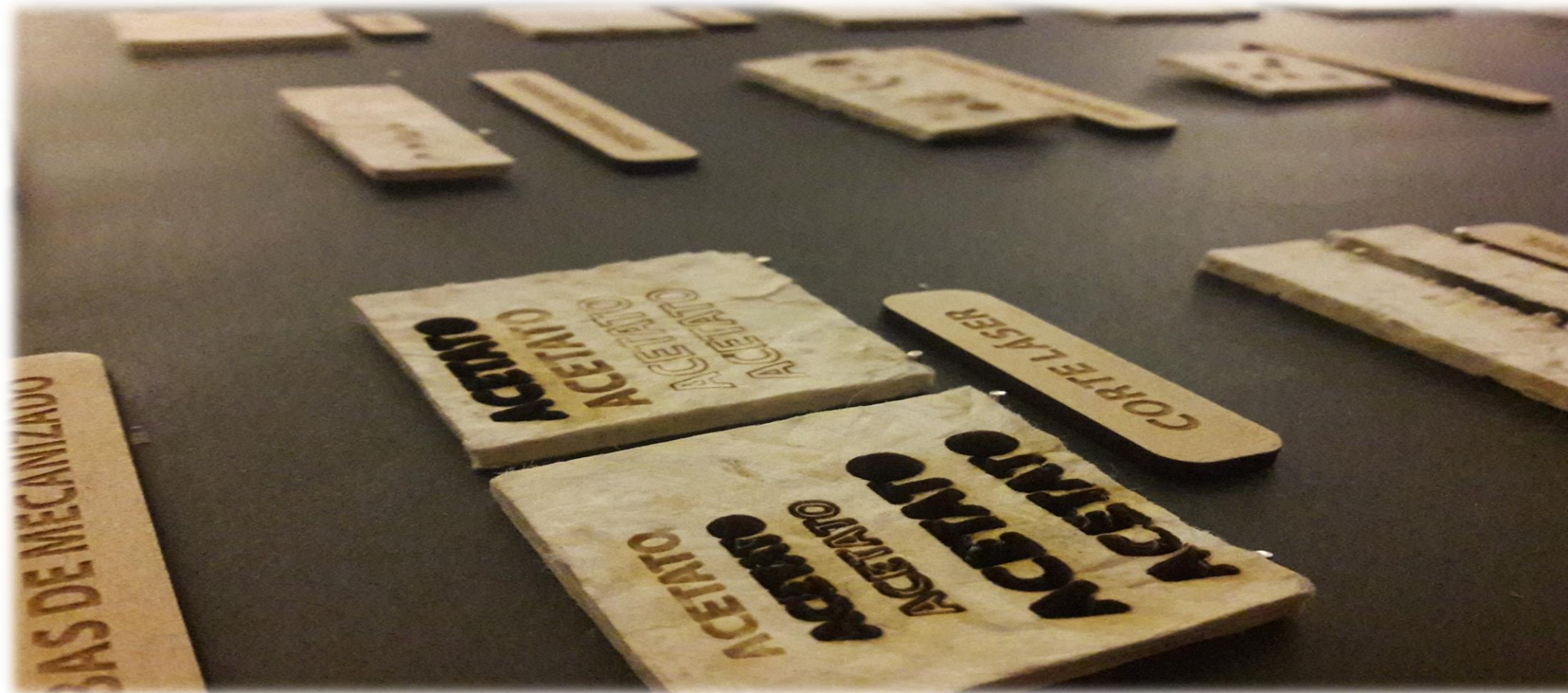
- 20% PVAc (4,6gr) – 10% Almidón de maíz (2,3gr)
- **Apariencia:** El aspecto de la probeta seleccionada presentó un color más oscuro que el resto (aproximadamente un 30% más), ya que, la predominancia de PVAc por sobre el almidón permitió que las colillas mantuvieran su color original y carecieran de un color tan blanco (proporcionado por el almidón).
- **Tiempo de proceso:** El tiempo de secado en su totalidad fue menor comparado con las otras pruebas realizadas (22% aprox.), ya que, el mayor contenido de PVAc ayudó en que la prueba tuviera menos contenido de humedad.
- **Precio:** Fue la más económica en cuanto al contenido de aglutinante (9% más barato). Si bien, la variación con las otras probetas fue mínimas, al momento de realizar una prueba a gran escala, el precio es una variable que se debe considerar.

- **Definición de bordes:** Tuvo una mejor terminación, presentando bordes estables sin deshilachar.
- **Estabilidad morfológica aparente:** En este punto, es preciso señalar que todas las pruebas presentaron una rigidez aparentemente similar, sin embargo, esta probeta al curvarla presentó mayor cohesión entre fibra y aglutinante, no presenció partiduras.



Figura n°48: “Elaboración de material final” (Elaboración Propia).

“CAPÍTULO N°5: CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL DISEÑADO”



5.1 DESARROLLO DE PRUEBAS FÍSICO - MECÁNICAS

Luego de las dos experimentaciones realizadas, se obtuvo finalmente el contenido de las proporciones que posee el nuevo material compuesto, al cual se le aplicaron distintas pruebas físico-mecánicas que permitieron caracterizarlo de mejor manera. Para este punto, el primer paso para la realización de pruebas consistió en obtener la densidad del material:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Dónde: ρ = densidad
 m = masa (gr)
 v = volumen (cm³)

Para el caso del material diseñado:

$$m = 17,93 \text{ gr} \quad // \quad v = 24,51 \text{ cm}^3$$

Obteniendo una densidad **de 0,73 gr/cm³ ó 731,53 kg/m³**, valor semejante a la densidad que poseen las maderas de densidad aparente ligera, variando desde los 500 - 700 kg/m³ (0,5 - 0,7 gr/cm³) para algunos casos (Serna, Borja, Fuentes y Corona, 2011).

5.1.1 CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D1037):

En esta prueba se utilizaron 3 probetas de 76mm x 156mm, con el fin de obtener promedio del porcentaje de humedad que contiene el material diseñado, en donde las probetas fueron sometidas a 103°C durante 24 horas en un horno de secado (procedimiento: ver anexo n°5).

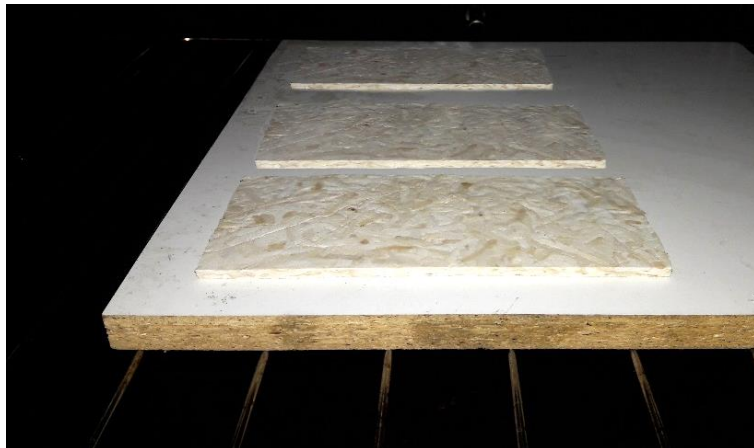


Figura n°49: "Prueba contenido de humedad" (Elaboración Propia).

RESULTADOS:

Tabla N°15: "Resultados de variación de masa de probetas"

N° PROBETA	MASA INICIAL	MASA FINAL	%
N°1	20,62 gr	19,27 gr	7,01%
N°2	18,79 gr	17,49 gr	7,4%
N°3	19,22 gr	17,90 gr	7,37%
			PROMEDIO
			7,26%

Nota: Elaboración Propia.

Por medio de las 3 probetas sometidas a la prueba, se obtuvo un promedio **de 7,26% de contenido de humedad** (bajo porcentaje), lo que indica que es una baja probabilidad de que exista manchado en el material (alto contenido de humedad = hongos), existe una baja contracción, es decir, la deformación es mínima, evitando que los esfuerzos de tensión agrieten o separen las fibras.

A su vez, el porcentaje de humedad del material es semejante al de las maderas que son aptas para ser comercializadas, las que oscilan entre 8% a 25%, siendo 15% el estándar comercial (Barros, 2006).

5.1.2 ABSORCIÓN DE AGUA E HINCHAMIENTO (ASTM D1037):

Mediante la inmersión de las probetas (4 unidades) en agua destilada durante un período de 24 horas, se logró verificar el porcentaje de agua que contiene el material diseñado (procedimiento: ver anexo n°6).



Figura n°50 “Prueba de absorción de agua e hinchamiento durante 24 horas” (Elaboración Propia).

RESULTADOS:

Tabla N°16: “Resultados de variación de porcentaje de absorción de agua”

N° DE PROBETA	PESO INICIAL	PESO 2 HORAS	PESO 24 HORAS
N°1	23,46 gr	55,86 gr	56,76 gr
N°2	25,44 gr	60 gr	61,38 gr
N°3	25,74 gr	64,56 gr	65,82 gr
N°4	24 gr	57,9 gr	59,1 gr
PROMEDIO	24,66 gr	59,58 gr	60,77 gr
Δ DE %	100%	141,6%	146,4%

Nota: Elaboración Propia.

Como se aprecia en la tabla n°16, al cabo de 2 horas, las probetas aumentan un poco más del doble de su peso inicial, y transcurridas las 22 horas restantes, la variación de porcentaje aumenta en aproximadamente un 2%, con una **absorción total de 147% aprox.**, un valor semejante en lo que ocurre con las maderas, donde estas pueden aumentar su peso hasta un 150% (Barros, 2006).

El material desarrollado no es impermeable, sino que, es higroscópico, ya que, posee una alta porosidad interna, lo que permite que este absorba agua en gran cantidad.

Tabla N°17: “Resultados de espesores iniciales de probetas”

N° DE PROBETA	N°1	N°2	N°3	N°4
Esquina 1	3,74 mm	3,89 mm	3,54 mm	3,27 mm
Esquina 2	3,24 mm	3,94 mm	3,90 mm	3,20 mm
Esquina 3	3,82 mm	3,61 mm	3,49 mm	3,52 mm
Esquina 4	3,67 mm	3,70 mm	3,93 mm	3,35 mm
PROM. ESPESOR	3,61 mm	3,79 mm	3,72 mm	3,34 mm

Nota: Elaboración Propia.

Tabla N°18: “Resultados de variación de porcentaje de hinchamiento luego de 2 horas”

N° DE PROBETA	N°1	N°2	N°3	N°4
Esquina 1	3,91 mm	4,01 mm	3,93 mm	3,65 mm
Esquina 2	3,49 mm	4,04 mm	4,09 mm	3,55 mm
Esquina 3	4,02 mm	3,96 mm	3,88 mm	3,71 mm
Esquina 4	4,01 mm	3,91 mm	4,04 mm	3,63 mm
PROM. ESPESOR	3,86 mm	3,98 mm	3,99 mm	3,64 mm
Δ DE %	6,93%	5,01%	7,26%	8,99%

Nota: Elaboración Propia.

Si bien, el material elaborado absorbe agua en gran cantidad, las variaciones de los hinchamientos de espesor presentan un resultado opuesto: al cabo de las 2 primeras horas fluctúan entre un 5% y un 9%, con un promedio de un 7%, (semejante al hinchamiento producido en maderas que van desde 2,5% al 6% (Barros, 2006)) donde es posible apreciar que los espesores no aumentan más de 0,30mm.

Tabla N°19: “Resultados de variación de porcentaje de hinchamiento luego de 22 horas”

N° DE PROBETA	N°1	N°2	N°3	N°4
Esquina 1	4,28 mm	4,27 mm	4,22 mm	3,90 mm
Esquina 2	3,67 mm	4,3 mm	4,24 mm	3,76 mm
Esquina 3	4,15 mm	4,14 mm	3,97 mm	4,0 mm
Esquina 4	4,20 mm	4,11 mm	4,26 mm	3,79 mm
PROM. ESPESOR	4,1 mm	4,2 mm	4,17 mm	3,87 mm
Δ DE %	13,58%	10,82%	12,1%	15,87%

Nota: Elaboración Propia.

Finalizado el ensayo (24 horas), los resultados variaron, en promedio el **hinchamiento alcanzó un 13,1%**, casi el doble del hinchamiento obtenido a las 2 horas, sin embargo, nuevamente el espesor no aumentó más de 0,30mm (variando entre los 0,18mm y 0,23mm).

5.1.3 PRUEBAS DE MECANIZADO (ASTM D1666-87)

Para el desarrollo de pruebas de mecanizado se tomó como referencia la norma ASTM D1666-84 (2004) (ver anexo n°7) donde la verificación de resultados fue netamente visual, clasificando las pruebas en la siguiente tabla:

Tabla N°20: "Clasificación de resultados según norma ASTM D1666-87"

GRADO 1	No acepta ningún tipo de defecto. La fibra levantada alrededor de los nudos sólo se observa con luz oblicua.
GRADO 2	Acepta fibra levantada entre un 10 a 20% del área inspeccionada.
GRADO 3	Acepta fibra levantada hasta en un 30%. Mínima presencia de grano desgarrado.
GRADO 4	Acepta fibra levantada hasta en un 40%. Grano desgarrado se acepta hasta un 30% del área inspeccionada.
GRADO 5	La fibra levantada se encuentra sobre un 40%. Grano desgarrado se presenta sobre un 30%.

Nota: Recuperado de: Aguilera, A. "Evaluación de la calidad superficial con respecto a la variación del contenido de humedad en el cepillado en madera central y lateral para álamo" (2008).

Dentro de las pruebas de mecanizado, se realizaron las siguientes, contando cada una con distintas técnicas:

Tabla N°21: "Pruebas realizadas y respectivas técnicas"

CORTE	-Láser (corte, grabado y rasterizado) -Ingletadora -Esmeril -Manual
PERFORACIÓN	-Taladro Pedestal -Taladro Manual
DESBASTE	-Lijado con distintos gramajes

Nota: Elaboración Propia.

Cabe destacar que las pruebas realizadas se ejecutaron en EL Laboratorio De Maquinarias y Prototipos, de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile.

5.1.3.1 CORTE LÁSER: Se utilizaron dos probetas de pequeño tamaño, 35mm x 35mm donde se realizaron cortes, rasterizados y grabados con distintos valores de potencia, velocidad y PPI (variables propias de la máquina láser).

RESULTADOS:



Figura n°51: “Prueba de corte, rasterizado y grabado láser” (Elaboración Propia).

Tabla N°22: “Resultados corte, rasterizado y grabado láser”

CORTE	Grado 5
RASTERIZADO	Grado 2
GRABADO	Grado 2

Nota: Elaboración Propia.

CORTE: Efectivamente fue posible cortar el material mediante máquina láser, en la cara frontal la fibra se muestra sin desgarro, sin embargo, la cara posterior del material mostró quemaduras que, si bien es una consecuencia propia del corte en diversos materiales, en este material en específico se muestra inflamable, lo que en pruebas de mayor tamaño puede llegar a ser peligroso.

RASTERIZADO: El material no presentó grandes defectos, sin embargo, el resultado varía según la conformación interna del material, ya que, en apariencia algunas letras presentan mayor profundidad que otras provocando a su vez distintos tonos de rasterizado. El material es posible de rasterizar para 60W con las variables:

potencia (98) – velocidad (100) – PPI (800).

GRABADO: El material no presentó grandes defectos, sin embargo, al igual que en el rasterizado, el resultado varía según la conformación interna del material, ya que, en apariencia algunas letras presentan mayor profundidad que otras provocando a su vez distintos tonos de grabado. El material es posible de grabar para 60W con las variables:

potencia (30) – velocidad (80) – PPI (700).

5.1.3.2 CORTE INGLETADORA: Para esta prueba, se utilizó una ingletadora de marca Bosch, con 1800 WATTS de potencia y 4700 RPM.



Figura n°52: "Corte ingletadora" (Elaboración Propia).

Tabla N°23: "Resultado corte ingletadora"

CORTE INGLETADORA	Grado 2
------------------------------	---------

Nota: Elaboración Propia.

El material presentó fibras levantadas de 10 a 20%, estos restos de material que se visualizan en la figura n°57, pueden ser fácilmente removidos con corte manual.

El material no presentó cambios de color o quemaduras efectuados por la T° de la sierra.

RESULTADOS:



Figura n°53: "Resultado prueba corte ingletadora" (Elaboración Propia).

5.1.3.3 CORTE ESMERIL: Se utilizó una herramienta de marca Bosch, de 11000 RPM y 670 WATTS de potencia. Disco de acero de corte, espesor 1mm y 115mm de diámetro.

RESULTADOS:



Figura n°54: “Resultados prueba corte esmeril” (Elaboración Propia).

Tabla N°24: “Resultado corte esmeril”

CORTE ESMERIL | Grado 3

Nota: Elaboración Propia.

Dentro de la figura n°60, el punto 1 representa la cara frontal del material, aparentemente sin desprendimiento de grano ni fibras levantadas. Sin embargo, el punto 2 visualiza la cara posterior, la que presentó fibras quemadas levantadas, con aspecto semejante a la rebaba que deja la herramienta esmeril en metales.

Para el punto 3, se aprecia cambio de color en el material, debido a la alta T° alcanzada por el disco de corte, tendiendo a quemar el material.

5.1.3.4 CORTE MANUAL: Se utilizó como herramienta principal y única un cúter, con el fin de explorar si el material es posible ser cortado de forma manual, económica y fácil acceso.

RESULTADOS:



Figura n°55: "Prueba de corte manual con cúter" (Elaboración Propia).

Tabla N°25: "Resultado corte manual"

CORTE MANUAL | Grado 1

Nota: Elaboración Propia.

Con este tipo de corte el material no presentó ningún tipo de defecto a la fibra y es prolijo, sin embargo, se debe tener en consideración el estado de la hoja del cúter ya que este debe ser pasado variadas veces hasta que el material corte.

Tabla N°26: "Resultados comparativos entre distintos tipos de corte"

TIPO DE CORTE	GRADO DEL MATERIAL				
	1	2	3	4	5
Láser					X
Ingletadora		X			
Esmeril			X		
Manual	X				

Nota: Elaboración Propia.

En la tabla n°26 se muestra un resumen de los resultados obtenidos en los distintos tipos de cortes realizados, visualizado que el corte manual es el más idóneo por la prolijidad y carencia de defectos que deja en el material. Según los resultados, el tipo de corte con láser es el menos indicado para el material diseñado, por la alta probabilidad de inflamabilidad del material.

5.1.3.5 PERFORACIÓN TALADRO PEDESTAL Y MANUAL: En esta prueba de perforación, se utilizaron dos técnicas, taladro de pedestal y taladro manual, ya que, ambos permiten el uso de distintos diámetros de brocas:

Taladro Pedestal: 6mm - 8mm - 10mm - 13mm.



Figura n°56 “Perforación Taladro Pedestal” (Elaboración Propia).

Taladro Manual: 1mm - 2mm - 3,5mm - 5mm.

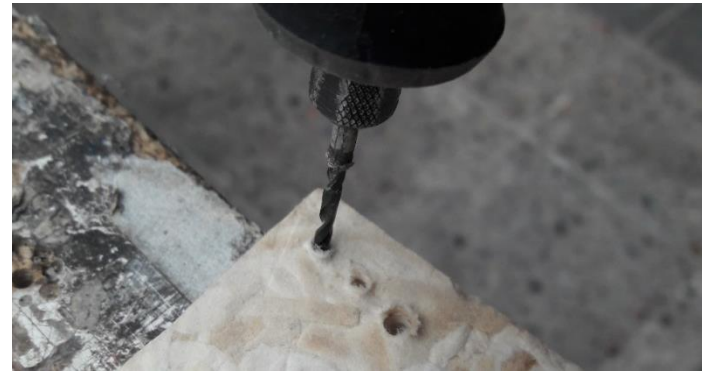


Figura n°57: “Perforación Taladro Manual” (Elaboración Propia).

RESULTADOS:



Figura n°58: “Resultados Taladro Pedestal (1: cara frontal - 2: cara posterior)” (Elaboración Propia).



Figura n°59: “Resultados Taladro Manual (1: cara frontal – 2: cara posterior)”
(Elaboración Propia).

Tabla N°27: “Resultados comparativos, taladro pedestal vs taladro manual”

N° DE BROCA	TALADRO PEDESTAL	N° DE BROCA	TALADRO MANUAL
6mm	Grado 5	1mm	Grado 2
8mm	Grado 5	2mm	Grado 2
10mm	Grado 5	3,5mm	Grado 2
13mm	Grado 5	5mm	Grado 2

Nota: Elaboración Propia.

La perforación manual fue la más idónea para realizar en el material, ya que, la cara frontal no presentó cambios de apariencia, sin embargo, la cara posterior, sí presentó fibra levantada entre 10 y 20% (grado 2).

Por otro lado, el taladro pedestal generó un alto contenido de fibra levantada y grano desgarrado en ambas caras, la herramienta no es la adecuada para este material.

Cabe destacar que, no se realizó exploración en taladro pedestal con brocas menores a 6mm ya que, la herramienta utilizada en el taller no era apta para menores dimensiones.

5.1.3.6 PERFORACIÓN CON CALOR: Se utilizó como herramienta principal un cautín con el fin de verificar como es la penetración con esta herramienta.

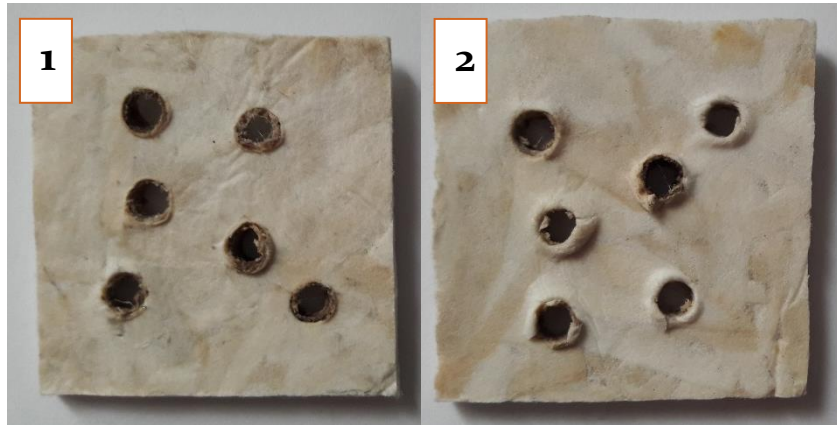


Figura n°6o: “Perforación con calor” (Elaboración Propia).

Tabla N°28: “Resultado perforación con calor”

CAUTÍN

Grado 2

Nota: Elaboración Propia.

Con este tipo de perforación el material presentó en su cara posterior fibra levantada producto del calor sometido, sin embargo, la perforación es prolija y existe un control del material.

5.1.3.6 LIJADO: Este proceso se realizó con distintos granos de lija, con el fin de verificar si el material se desgasta o se alisa.

RESULTADOS:

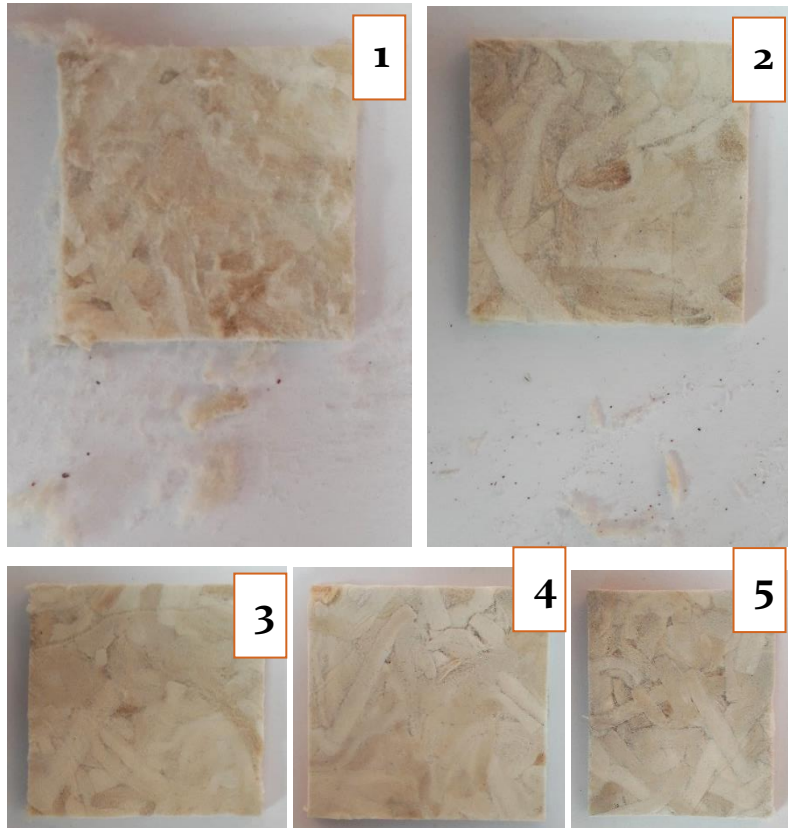


Figura n°61: “Lijado con distintos gramajes (1: grano 40 – 2: grano 100 – 3: grano 220 – 4: grano 500 – 5: grano 1000)” (Elaboración Propia).

Tabla N°29: “Resultados lijado”

Lija n°40	Grado 4
Lija n°100	Grado 3
Lija n°220	Grado 2
Lija n°500	Grado 1
Lija n°1000	Grado 1

Nota: Elaboración Propia.

Dentro de la figura n°65, el punto 1 representa lijado grano 40, con grado 4, donde se aprecia desprendimiento de grano y fibra levantada, al igual que el punto 2 (grano 100) pero en menor grado.

Los puntos 3 y 4 (grano 220 y 500 respectivamente), representan las lijas más apropiadas para este proceso en el material, ya que el desprendimiento de grano tiende a ser de mínimo a nulo.

El punto 5 se visualiza aparentemente sin desprendimiento de grano ni fibras levantadas. Sin embargo, la lija grano 1000 deja manchas en el material.

5.1.4 ENSAYOS MECÁNICOS:

5.1.4.1 TRACCIÓN (ASTM D638): Ambas pruebas que se mencionan a continuación, fueron realizadas en las dependencias de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile (Laboratorio de polímeros y materiales compuestos).

Se utilizó una máquina especializada en evaluar esfuerzos de tracción, compresión y flexión. El ensayo se realizó con 5 probetas de tipología n°4 (norma ASTM D638, ver anexo n°8), para establecer un promedio entre todas.

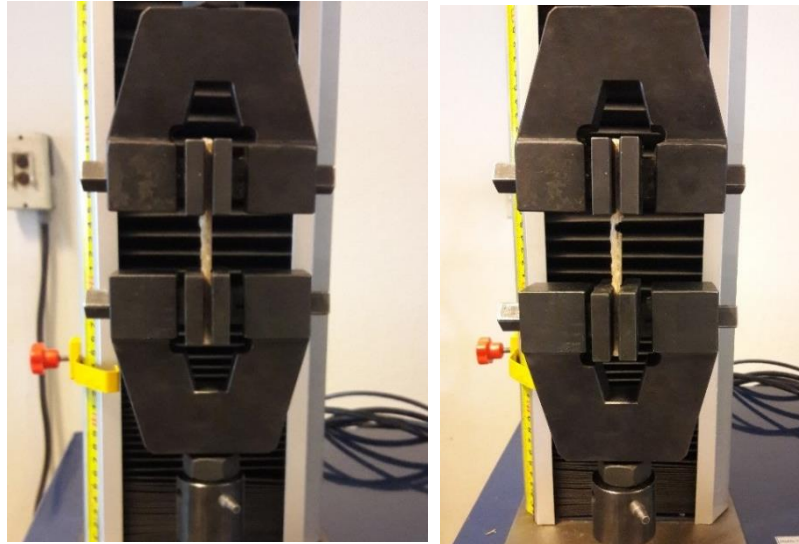


Figura n°62: "Equipamiento para ensayo de tracción" (Elaboración Propia).

5.1.4.2 FLEXIÓN (ISO 14125): El ensayo de flexión se realizó sobre 2 apoyos (norma ISO 14125, ver anexo n°9), con 5 probetas de 22mm x 140,6mm para establecer un promedio entre todas. Y una velocidad de 2,5mm/min.

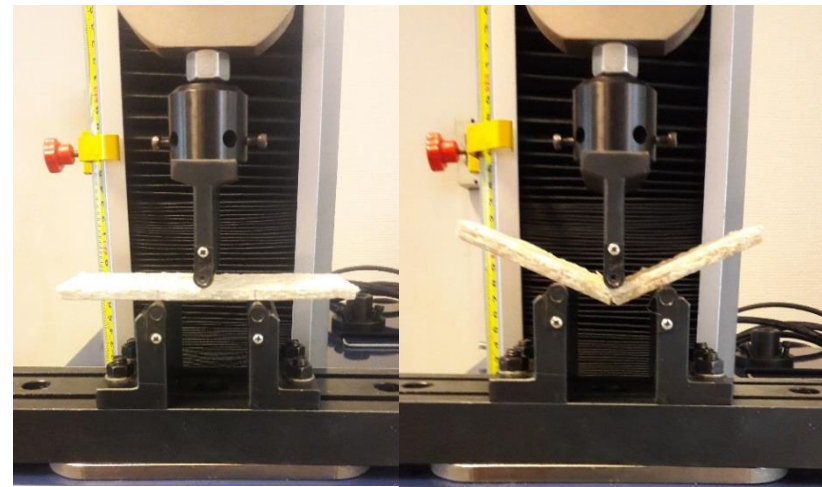


Figura n°63: "Equipamiento para ensayo de flexión" (Elaboración Propia).



Figura nº64: "Muestra de probetas realizadas" (Elaboración Propia).

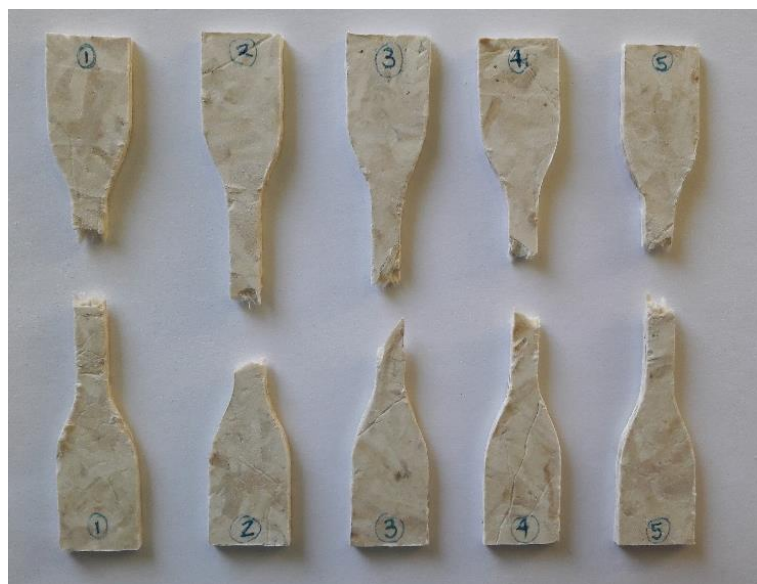


Figura nº65: "Resultados ensayo de tracción" (Elaboración Propia).



Figura nº66: "Muestra de probetas realizadas flexión" (Elaboración Propia)



Figura nº67: "Resultados ensayo de flexión" (Elaboración Propia).

Tabla N°30: “Resultados numéricos ensayo de tracción”

	<i>E</i> Mód. Elástico (MPa)	σ_{max} Esfuerzo Máx. UTS (MPa)	<i>Rm</i> Carga Máx. (kn)
1	6,86 MPa	7,39 MPa	0,252 kn
2	7,35 MPa	6,67 MPa	0,273 kn
3	6,75 MPa	7,54 MPa	0,282 kn
4	7,23 MPa	6,48 MPa	0,259 kn
5	7,32 MPa	6,97 MPa	0,246 kn
	7,102 MPa	7,01 MPa	0,262 kn

Nota: Elaboración Propia.

En base a los datos arrojados de ensayos mecánicos, el material **posee bajas propiedades mecánicas**, el módulo de elasticidad posee un bajo valor de aproximadamente 7,1 MPa, un módulo semejante al de las Gomas (sustancia resinosa) con 7,0 MPa, este dato tan bajo quiere decir que el material carece de rigidez y elasticidad.

Tabla N°31: “Resultados numéricos ensayo de flexión”

	σ_{max} Esfuerzo Máximo	ϵ Deformación Unitaria	<i>Rm</i> Carga Máx. (kn)
1	10,24 MPa	0,0492	0,24 kn
2	15,80 MPa	0,0492	0,17 kn
3	13,63 MPa	0,0451	0,19 kn
4	13,53 MPa	0,0451	0,22 kn
5	18,73 MPa	0,0885	0,16 kn
	14,39 MPa	0,0554	0,196 kn

Nota: Elaboración Propia.

En flexión, el material logró soportar más esfuerzo que al estar sometido a tracción, sin embargo, **presentó deformación plástica irreversible**, ya que, el material no vuelve a su forma inicial luego de ser aplicada la carga.

Visualmente se aprecia que la fibra no logró romperse del todo. Esto puede deberse a la multidireccionalidad que poseen las fibras del material, ya que, son cortas e irregulares.

5.1.5 CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (NCh 851)

Prueba de Aislación térmica, donde se tomó como referencia la normativa NCh 851 (anexo n°10), de manera experimental, midiendo el paso de calor desde un ambiente A, a un ambiente D, donde se tiene una probeta de carácter cilíndrica hueca con una pared de $5\text{mm} \pm 1$ de por medio, sometida a un horno de secado durante 1 hora a $40^\circ\text{C} \pm 1$.

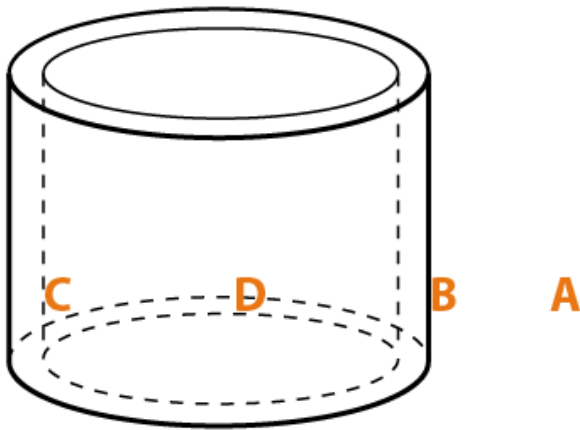


Figura n°68: “Ubicación de sensores prueba de resistencia térmica” (Riquelme, B. (2015) / Elaboración Propia).

Ambiente A: T° del aire al interior del horno

Ambiente B: T° de la pared exterior de la probeta

Ambiente C: T° de la pared interior de la probeta

Ambiente D: T° del aire al interior de la probeta

Para este ensayo, la toma de temperaturas durante el tiempo efectuado se realizó mediante un dispositivo Arduino como herramienta accesible a información de datos, cuya placa está compuesta de pines en los que es posible conectar sensores de temperatura (los que serán cubiertos con poliestireno expandido).

La parte superior e inferior de la probeta también se encontraron cubiertas con poliestireno expandido, sellado con silicona para T° con el fin de evitar posibles filtraciones de aire.

Cabe destacar que, para esta experimentación, se replicó el experimento realizado por Riquelme en el año 2015, en su trabajo “Análisis de residuos textiles como uso de material aislante”.



Figura n°69: “Formato probeta cilíndrica” (Elaboración Propia).

RESULTADOS: (Datos obtenidos ver anexo N°11)

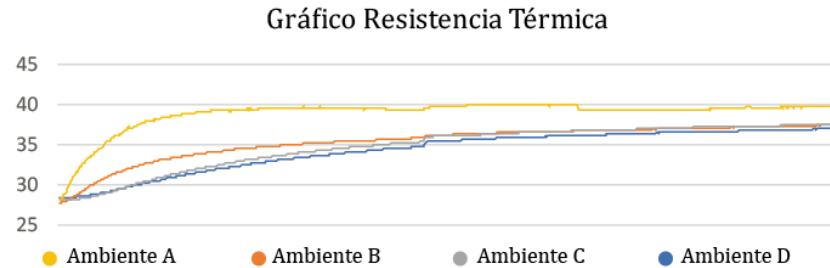


Figura n°70: “Gráfico resultante en ensayo de resistencia térmica” (Elaboración Propia).

Para el caso de este ensayo, se pudo conocer la conductividad térmica del material de acuerdo a lo que se menciona en la norma NCh 851.

Como se aprecia en la figura n°74, se visualizan 4 curvas, donde cada una representa un ambiente distinto. Dentro de la cámara de calor, se registraron $28^{\circ}\text{C} \pm 1$ como T° inicial, ya que, se inicia con una Δ de T° de 27°C . Al cabo de 1 hora, la T° final registrada fue de $40^{\circ}\text{C} \pm 1$, sin embargo, en el transcurso del tiempo, las T° de los ambientes B, C y D tendieron a estabilizarse alrededor de los $37^{\circ}\text{C} \pm 1$, variando entre ellas únicamente el período de tiempo, teniendo terminada la experimentación una Δ de T° con el ambiente A de $2,19^{\circ}\text{C}$.

En base a los resultados, cabe destacar que el sensor situado al centro de la probeta registró el aumento de T° más lento de todos los ambientes, evidenciando una baja filtración de calor al interior de la probeta, ya que la T° más alta se registra fuera de la probeta. Estos

mismos datos resultantes se registran en la experimentación tomada como referencia (Riquelme, B.).

Para obtener la conductividad térmica, transmitancia térmica y resistencia térmica del nuevo material diseñado, se deben conocer los siguientes datos:

$$\lambda = \frac{q L}{2A \Delta T^{\circ}}$$

λ = Conductividad Térmica
 Q = flujo de calor (W) (138W)
 L = espesor (m) (0,005m)
 A = sección transversal de la muestra (m^2) (0,0486 m^2)
 ΔT° = Variación de T° (K) (275,34K)

Por lo que para este material $\lambda = 0,0257 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$

Tabla N°32: “Comparación entre aislantes térmicos más utilizados”

MATERIALES AISLANTES	$\lambda \frac{W}{mK}$
Material diseñado	0,026
EPS	0,029 – 0,053
Lanas Minerales	0,03 – 0,05
XPS	0,025 – 0,04
Celulosa	0,034 – 0,100
Virutas de Madera	0,038 – 0,0107

Nota: Datos recuperados de: (Instituto Valeciano de la Edificación, s.f).

Como se observa en la tabla n°32, se realizó una comparación de la conductividad térmica del material elaborado con la de diversos materiales que comúnmente se utilizan como aislante térmico, ya que, es este parámetro el utilizado para comparar rápidamente aquellos materiales aislantes.

Es preciso señalar que, la conductividad térmica mide la capacidad que tiene un material de conducir el calor que posee, es decir, cuán fácil es el paso de calor en este (Instituto Valeciano de la Edificación, s.f), esto quiere decir que, mientras menor es este valor, mejor es el comportamiento que el material posee como aislante térmico ya que, es menos conductor del calor.

Al comparar el material elaborado con los que se ofrecen en el mercado, este es semejante al Poliestireno Extruido (XPS) y al Poliestireno Expandido (EPS), sin embargo, cuyos valores menores corresponden a materiales con un espesor mayor al de 5mm, por lo que el material diseñado destaca entre ellos no solo por la alta conductividad térmica que posee por sobre los ya existentes, sino que, por la gran diferencia en espesor que existe entre los materiales mencionados.

Por lo tanto, el material a base de Acetato de Celulosa, en base a la experimentación desarrollada, es un Aislante térmico.

5.1.6 COMPORTAMIENTO A LA ACCIÓN DE UNA FLAMA (NCh 1977)

Para esta prueba se utilizó la norma NCh 1977 (procedimiento: ver anexo nº12), la que da a conocer el comportamiento ante el fuego en forma vertical de revestimientos a base de fibras como los textiles.

Para este ensayo se utilizaron 5 probetas rectangulares (50mm x 150mm), las que fueron sometidas a flama proveniente de gas propano (15s), siendo comparadas a la misma vez con un hilo de algodón de mismo largo de la probeta, aquí se analiza el tiempo de quemado, humo y cantidad de goteo.

RESULTADOS:



Figura nº71: "Proceso de ensayo" (Elaboración Propia).

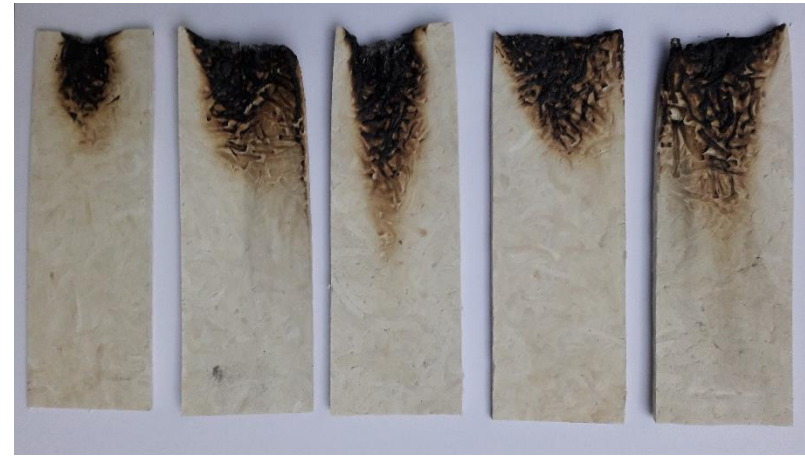


Figura nº72: "Resultado de probetas ensayadas" (Elaboración Propia).

Tabla Nº33: "Categorización del material diseñado en base al comportamiento a la acción de una flama"

Clasificación frente al comportamiento del fuego	C
Clasificación adicional según la producción de humo	s2
Clasificación adicional según la producción de gotas	d0

Nota: "Resultados basados en la UNE-EN 13501-1 (ver anexo nº13)

El material carece de goteo de partículas, la producción de humos es media, de color blanco y a su vez, se clasifica como material de tipología C, es decir, combustible con contribución limitada al fuego, ya que, la llama se autoextingue aproximadamente a los 10 segundos posterior al retiro de la flama. Por ende, la llama no tiende a propagarse sobre el material más allá de los 25 segundos sometido a fuego.

En todas las probetas ensayadas, el material tendió a curvarse debido a la alta T° aplicada.

Cabe destacar que:

- Largo inicial de las probetas: 150mm
- Largo final: P1: 145mm
P2: 139mm
P3: 145mm
P4: 140mm
P5: 140mm
Promedio: 142mm



Figura n°73: "Largo final considerado" (Elaboración Propia).

5.2 DESARROLLO DE PRUEBAS DE TEÑIDO

Luego de la realización de pruebas físicas y mecánicas, se experimentó con el posible teñido del material (específicamente del acetato de celulosa antes de ser aglutinado), donde se ensayó con técnicas naturales y sintéticas propias de los textiles (procedimiento: ver anexo N°14) y técnicas aplicadas a la madera.

RESULTADOS:

1. Remolacha



Figura n°74: "Teñido remolacha" (Elaboración Propia).

Para este caso, el tinte natural no logró impregnarse en el acetato de celulosa, puesto que en el proceso de enjuague el tinte se decoloró, sólo las fibras de origen natural logran ser teñidas con este procedimiento.

2. Tinta china



Figura n°75: “Teñido tinta china color bermellón” (Elaboración Propia).

Con el tinte sintético de tinta china, el resultado no fue lo esperado, ya que, el tono no se impregnó de manera uniforme sobre el acetato, tendiendo a desaparecer con los enjuagues.

3. Anilina

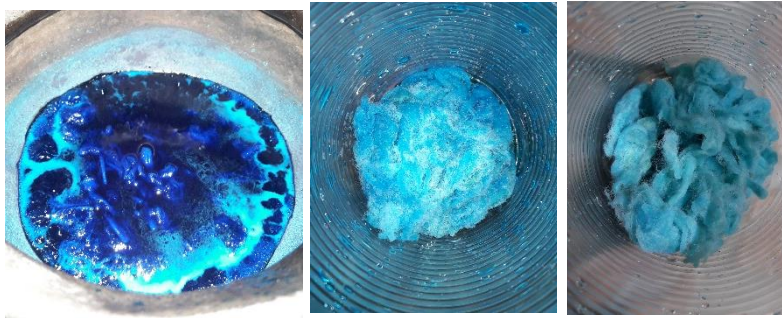


Figura n°76: “Teñido anilina color calipso” (Elaboración Propia).

Con el tinte sintético de anilina, el resultado fue óptimo, ya que, el tono se impregnó de manera uniforme sobre el acetato. Debido a esto, se experimenta con la elaboración de probetas de dos formas, es decir, la conformación de una prueba con el acetato previamente teñido y otro teñido posterior a la conformación del material:



Figura n°77: “Teñido anilina color calipso” (Elaboración Propia).



Figura n°78: “Teñido anilina post aglutinado” (Elaboración Propia).

El teñido con anilina fue más efectivo realizándolo antes de la conformación del material, ya que, el tono se impregna de mejor manera siendo este más uniforme. Apariencia: opaca.

4. Tinte de madera



Figura n°79: “Teñido tinte para madera extracto de nogal” (Elaboración Propia).

El tinte para madera utilizado logró impregnarse en el acetato de celulosa, sin embargo, el tono obtenido es disparejo, ya que, al ser un material de carácter fibroso, las fibras absorben en mayor o menor medida el tinte. Cabe destacar que visualmente el resultado es favorable. Apariencia: opaca.

Barnizado



Figura n°80: “Barnizado natural” (Elaboración Propia).



Figura n°81: “Barnizado color roble” (Elaboración Propia).

En cuanto a los barnices aplicados (natural y roble), los resultados fueron similares al tinte de madera, el material absorbe en mayor y menor medida el barniz aplicado, sin embargo, se logra un color más estable, cabe destacar que, el barniz natural potencia el color original de cada filtro utilizado, siendo de igual forma un resultado favorable. Apariencia: brillante.

5.3 DESARROLLO DE PRUEBAS DE MORFOLOGÍA

Sumado a las pruebas físicas y mecánicas, se indagó la posibilidad de diversos tipos de morfologías que pueda adquirir el compuesto elaborado, con el fin de verificar el alcance que este posee en cuanto a morfología. Por ende, se trabaja a partir de modelados 3D.

Dentro de estos modelados, se trabajó experimentando con figuras básicas, aristas y distintos tipos de curvas. Para esta experimentación se utilizan como herramientas principales CNC Router y Corte Láser.

RESULTADOS:



Figura n°82: "Morfologías en MDF" (Elaboración Propia).

1.- Formas desarrolladas con moldes de mdf en corte láser mediante costillas. Se debe considerar que el quemado del mdf mancha el material elaborado. Para este tipo de moldes, hay que considerar que el prensado es más dificultoso.



Figura n°83: "Morfología en CNC Router" (Elaboración Propia).

2.- Morfologías elaboradas con moldes hechos en CNC Router, donde sólo una cara del material adopta la forma desarrollada en distintos relieves. Para estos tipos de moldes, el control de la forma es dificultoso, ya que, es una cara plana la que ejerce presión sobre el molde con el modelo routeado.



3.- Morfología elaborada en CNC Router, este diseño se realizó con un molde y con un contra-molde. Este tipo de moldeo es el más idóneo para realizar, ya que, el material se prensa de mejor manera, obteniendo un resultado más prolijo.

Figura n°84: "Morfología en CNC Router molde y contramolde" (Elaboración Propia).



Figura n°85: "Morfología en CNC Router molde y contramolde" (Elaboración Propia)

4.- Probeta elaborada en los inicios de la experimentación n°1, a base de Poliuretano Bi-componente. La apariencia en general se aprecia distinta, sin embargo, al igual que el punto n°4, se desarrolla con moldes y contra-moldes, con curvaturas más pronunciadas.

5. La posibilidad de abarcar más morfologías en el material desarrollado se evalúa de manera positiva, ya que, el material logra adaptarse correctamente al molde que sea, sin embargo, se sugiere para una mejor definición y acabado del material el uso de moldes y contra-moldes.
6. Se debe considerar que, al momento de realizar pruebas de morfología, los moldes siempre deben estar sometidos a una fuerza externa que haga presión sobre ellos, lo que conlleva a obtener resultados más compactos, menos quebradizos y por ende más definidos.
7. Este proceso de fabricación resulta rentable, ya que, los resultados producen pocos residuos y los moldes utilizados pueden volver a ser ocupados, por lo que el impacto provocado no es significativo en cuanto a costo y medio ambiente.

5.4 MAPA DE PROPIEDADES

En el mapa que se presenta a continuación, se relacionan dos tipos de propiedades obtenidas en el desarrollo de ensayos físicos y mecánicos, específicamente densidad y módulo elástico, lo que permite representar una aproximación del material desarrollado en este estudio en relación a otras familias de materiales existentes, acercándose a la familia de materiales naturales.

“Si un sólido se deforma elásticamente, una vez retirada la carga, vuelve a su tamaño original. Los enlaces entre los átomos pueden considerarse pequeños resortes que los conectan. Si los resortes son difíciles de tensar, el sólido es rígido, si son fáciles, el sólido es suave. El módulo elástico es una medida de la rigidez de estos lazos. Los metales y las cerámicas son materiales rígidos, mientras que los polímeros lo son mucho menos. Las espumas y los elastómeros lo son aún menos, pero por una razón diferente: su estructura permite una mayor deformación (gracias a la flexión de las paredes celulares y al reordenamiento molecular), que se recupera una vez que se retira la carga.

Por otra parte, la densidad de los materiales, es la que más varía, ya que algunos átomos son más y otros son más livianos”. (Ashby y Johnson, 2010).

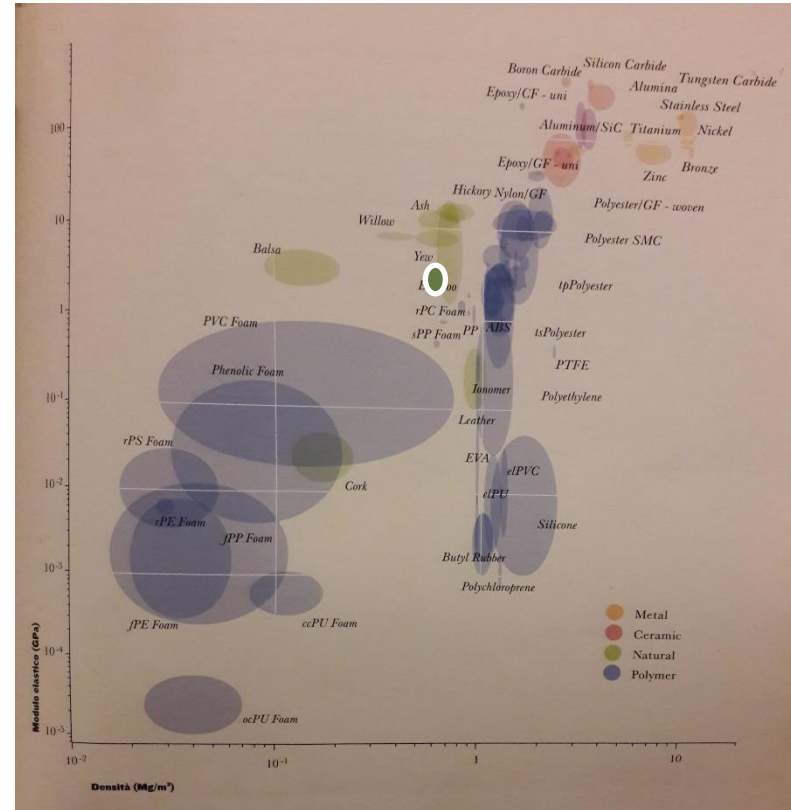


Figura n°86: “Mapa de materiales” (Elaboración Propia / Ashby y Johnson, 2010).

5.5 FICHA TÉCNICA: Nombre material FILTERM

DESCRIPCIÓN

“Material termoplástico moldeable, producido por la composición de almidón de maíz, PVAc y una reacción química de ácido acético con celulosa, llamada Acetato de Celulosa (AC), comúnmente encontrada en filtros de cigarrillos comerciales”.

COMPOSICIÓN

- 70% AC
- 20% PVAc
- 10% Almidón

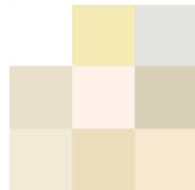
ESPESOR	FORMATO	USO	ÁREA
5 mm ± 1mm	Placas Láminas Panel	Ap. Térmica — Interior Higroscopicidad — Exterior	



FOTOGRAFÍA

COLOR

Blanquecino



FIBRA

Multidireccional

CUIDADOS

- Almacenar bajo techo
- Material combustible, contribución al fuego limitado



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Densidad Aparente	731,53 Kg/m ³
Absorción de Humedad	7,26%
Absorción de Agua (24h)	147%
% Hinchamiento (24h)	13,1%
Módulo Elástico	7,102 MPa
σ Máximo	T: 7,01 MPa / F: 14,39 MPa
Carga Máxima	T: 0,262 kn / F: 0,196 kn
Deformación Unitaria (ε)	0,0554
Conductividad Térmica	0,0257 W/mK
Comportamiento del Fuego	Categoría C
Producción de Humo	Categoría s2
Producción de Partículas	Categoría d0

PROPIEDADES

- Higroscópico
- Aislante Térmico
- Ligereza Estructural
- Liviano
- Degradable en un 30%
- No contamina
- Inhibe proliferación de hongos

TERMINACIONES

Corte: Sí	• Manual (cutter)	• Ingletadora
Perforación: Manual	• Brocas de 1mm a 5mm	
Pulido: Manual	• Lijado desde grano 220	
Posibilidad de teñir: Sí	• Tinte de madera	• Barnizado
Desarrollo de morfología: Moldeado		

“CAPÍTULO N°6: APLICACIÓN DEL MATERIAL”



6.1 FASE N°4: ELABORACIÓN DE UN PRODUCTO A BASE DEL NUEVO MATERIAL

Para esta fase final, se evalúan las posibles aplicaciones que pueda poseer el material diseñado, para ello, se trabaja en función de los resultados y propiedades obtenidas, las que abren ciertas posibilidades de innovar en diseño y sustituir materiales existentes cumpliendo siempre con un ciclo de vida circular.

Para definir específicamente qué aplicación realizar, se hace imperativo realizar un análisis de carácter perceptual con el propósito de encaminar el uso del material.

6.1.1 DIFERENCIAL SEMÁNTICO (DS)

El DS¹⁷ corresponde a un instrumento, una técnica de medición con la finalidad de obtener el valor significativo ya sea, de un producto, un servicio, una imagen, etc. Para llevar a cabo este método, se realiza una “localización sucesiva de un concepto en una serie de escalas descriptivas definidas por adjetivos bipolares, en base a los cuales se establece el grado de semejanza o disparidad entre diferentes conceptos” (Aros, Narváez y Aros, 2009).

Este DS, es aplicado a 60 personas, donde se evalúa en base a un listado (adjetivos bipolares), la percepción que tienen sobre el material diseñado. La escala de medición se realiza de 3 a -3, donde los encuestados designan el grado connotativo que les brinda el material. (listado DS, ver anexo n°15).

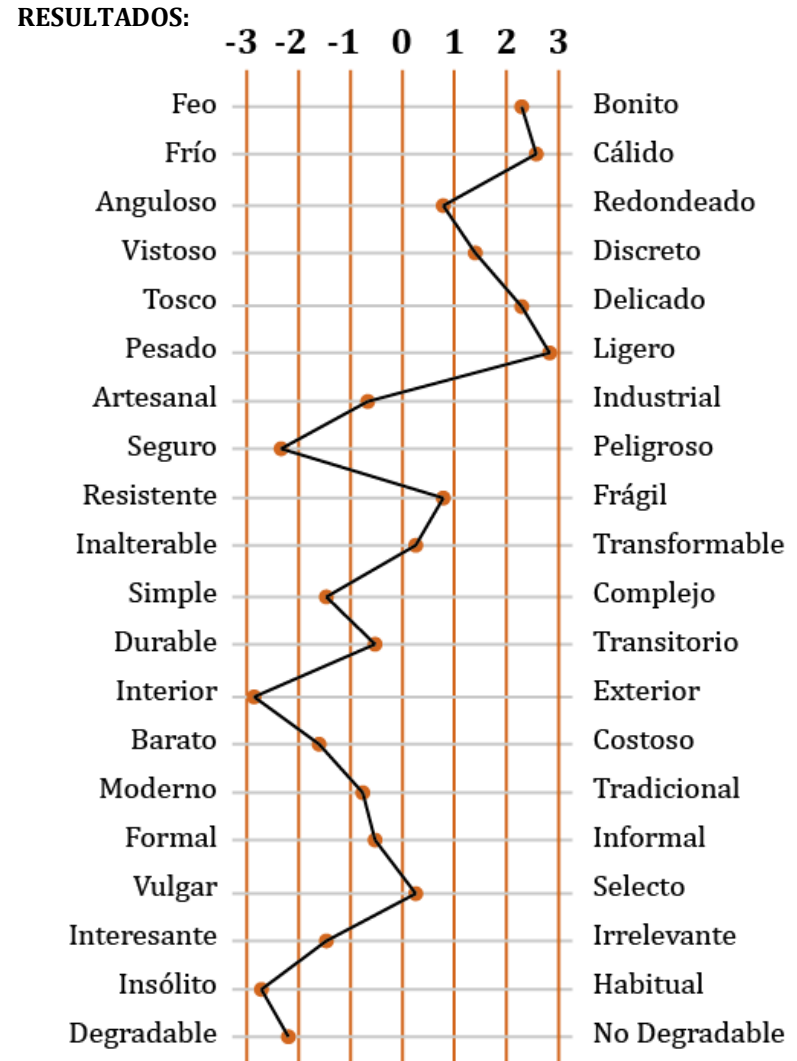


Figura n°90: “Resultados Diferencial Semántico aplicado” (Elaboración Propia).

17. Propuesto por Osgood, Suci & Tannenbaum; 1957.

El rango de las edades de los DS aplicados fluctúan entre los 23 – 62 años, con cantidades equitativas de géneros (30M – 30F).

La percepción de los usuarios masculinos como femeninos fue semejante, algunos adjetivos que destacaron logrando cifras cercanas a los extremos fueron: cálido, bonito, ligero, seguro, delicado, de interior, insólito y degradable. Por lo general, el material fue aceptado por los encuestados.

6.1.2 PROPUESTA DE DISEÑO

CRITERIOS DE SELECCIÓN:

Los siguientes criterios son seleccionados para potenciar diversas características a consideras en la futura aplicación. Actualmente, la materia prima principal del compuesto elaborado es encontrada en tejidos; debido a la fibrosidad del material, material combustible; por su categorización frente al comportamiento del fuego; modificación total y química del material, entre otras, teniendo resultados positivos.

Por ende, se propone en esta investigación una nueva aplicación, ya que la conformación de este material posee características distintas y particulares.

Tabla N°34: “Criterios de selección para la aplicación del compuesto elaborado”

Construcción	Impulsar la propiedad térmica, al aplicarlo en el interior. En caso de destinarlo a exterior, potenciar la inhibición de hongos.
Cargas	Evitar cargas de flexión y tracción sobre el material, ya que, mecánicamente es frágil.
Residuo	Realizar una aplicación que no genere más residuo que la propia materia prima del material, en caso de requerir de elementos externos, estos deben ser degradables.
Morfología	Potenciar la amplia posibilidad de formas y relieves tanto simples como complejos.
Apariencia	Potenciar los acabados de tinte de madera y barnizado, con el fin de potenciar la apariencia de la fibra.

Nota: “Elaboración Propia”.

Si bien, el material de acetato de celulosa posee dos propiedades destacadas (higroscopicidad y aislación térmica), en base al DF aplicado y a los criterios de selección, **se propone una aplicación donde se potencie su propiedad térmica.**

6.2 AISLACIÓN TÉRMICA

Aislación térmica se define como la capacidad que poseen los materiales al oponerse al paso de calor de un medio a otro (interior y exterior), *contribuyendo así a la eficiencia energética y al confort interior*. Ante esto, los materiales que efectivamente son aislantes cuentan con parámetros y propiedades que los diferencian del resto, donde una baja conductividad térmica y concavidades de aire en su interior son las más destacables (Palomo, 2017).

6.2.1 REVESTIMIENTOS DE INTERIOR

Para aquellas soluciones de aislamiento térmico en muros, el Manual de (Re) Acondicionamiento térmico (2016), menciona lo siguiente: *“los muros o tabiques perimetrales tienen la función de aislar la vivienda del exterior (...). Pueden estar constituidos en diferentes materiales (...). La ubicación y forma de instalación dependerá de la materialidad que cuenten los muros”*. A continuación, en la figura 89 se presentan tres tipos distintos de instalación de revestimientos de interior.

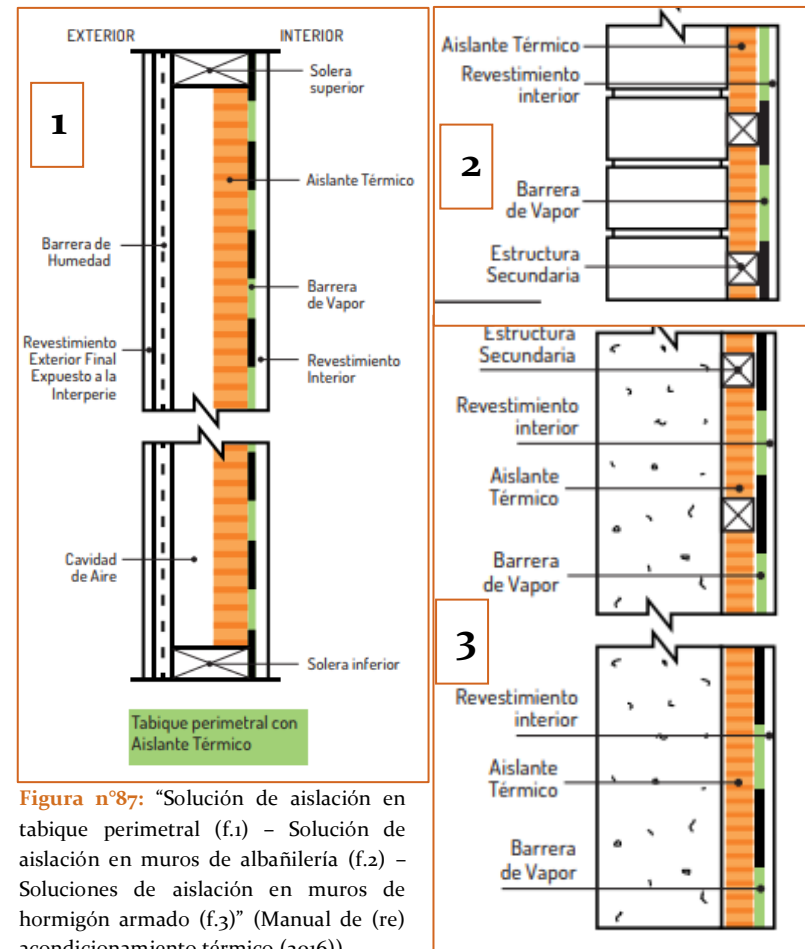


Figura nº87: “Solución de aislamiento en tabique perimetral (f.1) – Solución de aislamiento en muros de albañilería (f.2) – Soluciones de aislamiento en muros de hormigón armado (f.3)” (Manual de (re) acondicionamiento térmico (2016)).

6.2.2 REQUERIMIENTOS FINALES

Dentro de los tipos de revestimientos de interior más utilizados se encuentran las maderas, placas de yeso-cartón, fibro-cemento, entre otras, los cuales no necesariamente pueden ser aislantes térmicos. Dentro de las características primordiales que deben tener se encuentran:

- Diseño Arquitectónico (desarrollo de superficies, curvas, morfologías, etc)
- Grados de terminación (tipos de acabado, tintes o barnices)
- Tipo de muro interior (propiedades físicas-mecánicas) (Fritz y Ubilla, 2012).

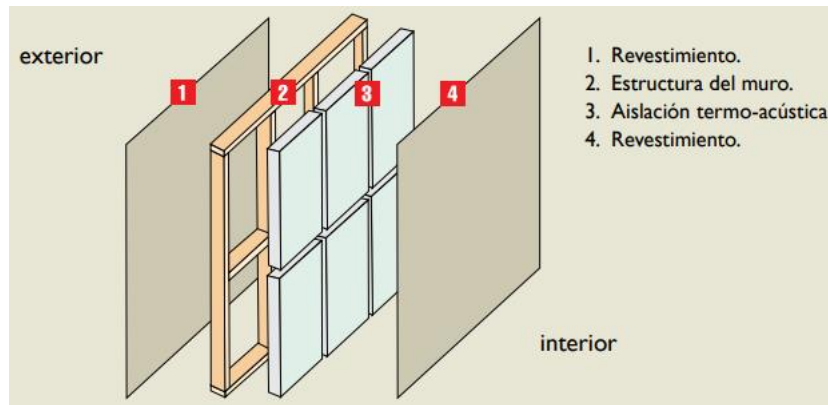


Figura n°88: “Componentes de un muro ideal con revestimiento interior” (Arauco, 2019).

De acuerdo a lo nombrado anteriormente, se plantea como propuesta la realización de revestimientos de interior para muros que a su vez cumpla la función de ser aislante térmico.

- Como primera instancia, se propone el material en formato de placas, con dimensiones adecuadas para realizar el prototipo final (cercasas a 200 x 200 mm).
- Ya que, el material se puede colorear, potenciar la apariencia en conjunto a relieves y formas. Junto a esto, la morfología debe permitir el apilamiento entre cada placa (para una mejor optimización de espacio y packaging).
- Se debe considerar el tipo de unión entre dichas placas, ya sea por ensamble, pegado o el uso de un material externo al diseñado.
- El material debe ser dispuesto en formato vertical, con el fin de evitar cargas externas. Por ende, se debe tener en cuenta el tipo de unión entre el material y dicha pared a revestir.
- El revestimiento no debe ser ajeno, por lo que debe ser familiar con aquellos productos ya existentes como baldosas, azulejos, papel mural, etc.

6.2.3 REFERENTES FORMALES



Figura n°89: "Referentes seleccionados" (Elaboración Propia).

6.3 DESARROLLO DE PROPUESTAS

6.3.1 TIPOS DE UNIÓN ENTRE PLACAS

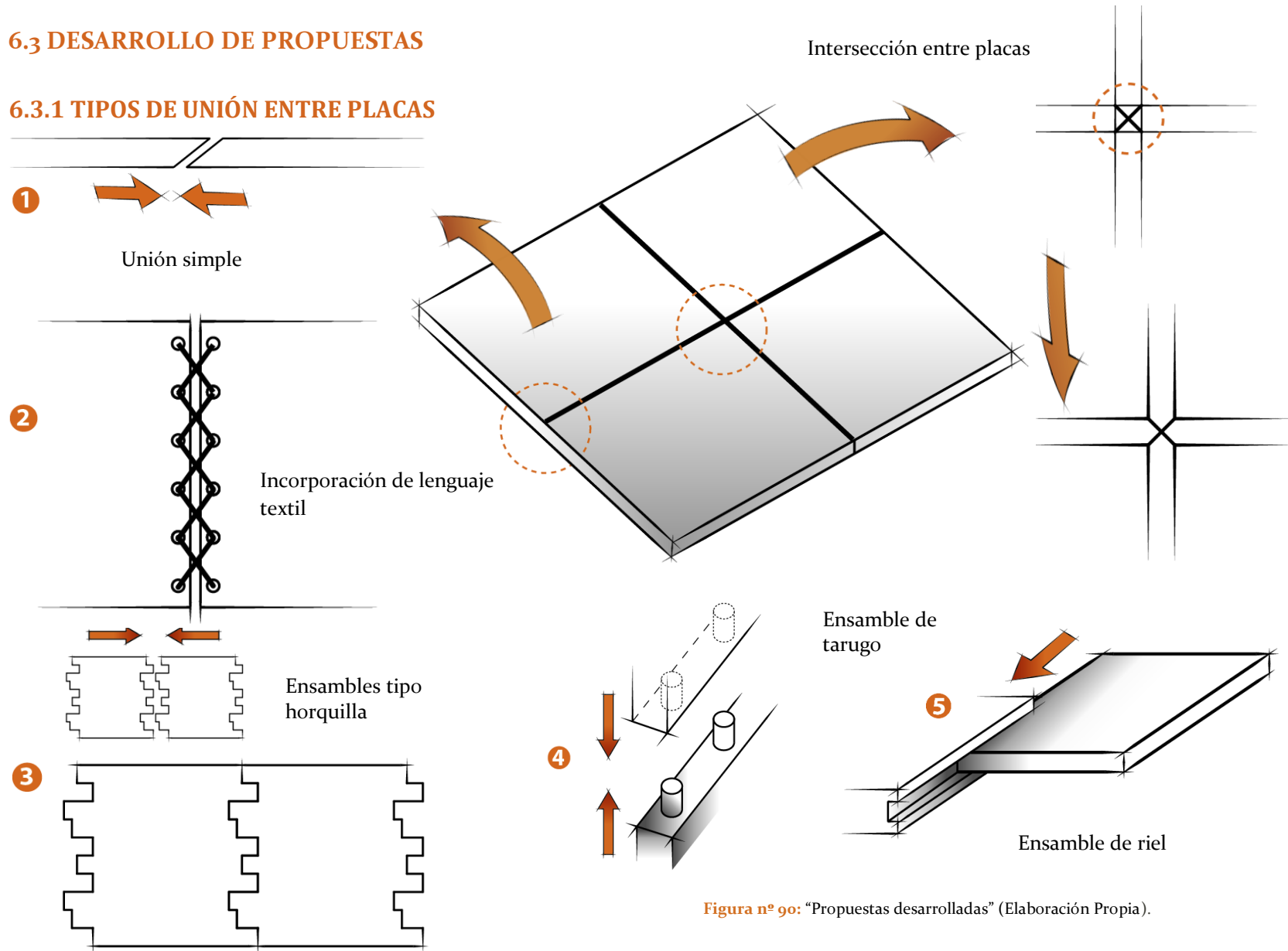


Figura nº 90: "Propuestas desarrolladas" (Elaboración Propia).

6.3.2 DESARROLLO DE POSIBLES MORFOLOGÍAS

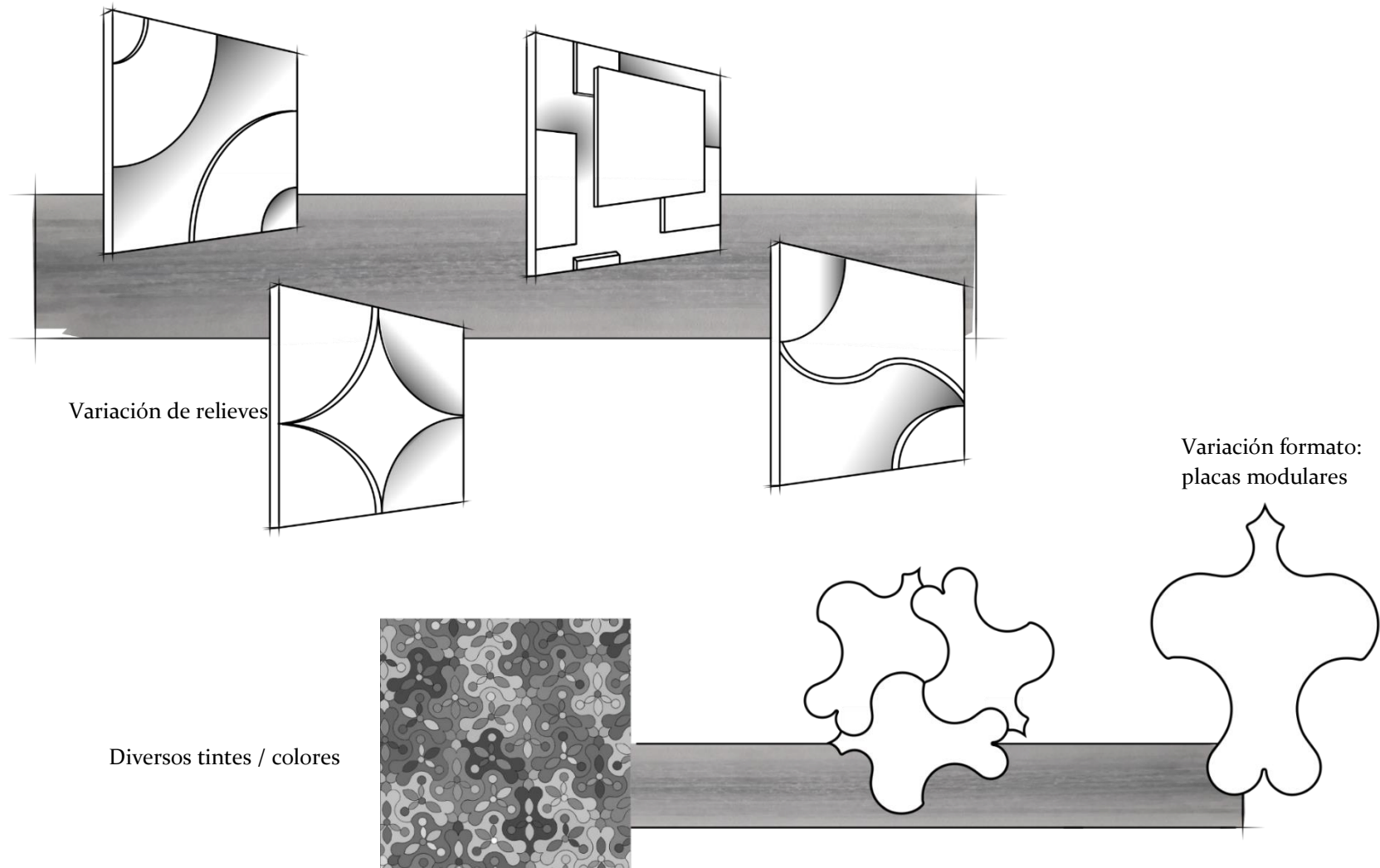


Figura nº 91: "Morfologías desarrolladas" (Elaboración Propia).

Lo nombrado anteriormente, muestra las variadas posibilidades que puede tomar este material, ya sea, en cuanto a morfología, uniones entre placas, uso de otros elementos, etc., donde claramente existe un sinnúmero de oportunidades que se pueden realizar con este material.

Un ejemplo evidente de lo mencionado en el párrafo anterior, son aquellos tableros de madera como contrachapados, aglomerados, alistonados, etc., que se venden en un formato con dimensiones específicas, y es el usuario quien decide cómo utilizar el material, qué herramientas o accesorios agregarle, cómo cortarlo, cómo adherirlo a otras superficies, entre otras; esto mismo ocurre con el material, lo diseñado en este estudio consiste específicamente en el desarrollo del material que posee características propias y específicas, donde si bien, se presentan algunos ejemplos posibles a realizar, las posibilidades del uso final dependen netamente del fin que le quiera brindar el usuario.

Sin embargo, se debe considerar la presentación final de este material, mostrando una de las posibles variaciones de uso que puede tener este material.

6.4 DESARROLLO DEL PRODUCTO

En base a parámetros ajenos a este estudio tenemos: tiempo, cantidad de material, procesos de producción, se consideró lo siguiente para presentar formalmente el material diseñado (llamado Filterm):

- Se desarrolló un panel a escala que contó con la estructura interna básica de un muro, con el fin de visualizar el testeado del material elaborado contando con aquellas posibles formas de unir el Filterm a muros con elementos que actualmente se encuentran en el mercado.
- **Formato:** placa de 250x250x3mm → Se trabajó en esas dimensiones ya que, es la más adecuada para visualizar el Filterm sin exceder en su tamaño (a mayor escala, el material tiende a pandearse).
- **Unión:** ensambles de riel → Se opta por este tipo de unión ya que, permite proteger los bordes del Filterm (debido a la conformación manual del material, los cantos son los sectores más vulnerables).
- **Rieles:** material madera → Se considera este material ya que, es el más familiar al Filterm en cuanto a apariencia y tonalidad, es un material que mejora la eficiencia energética al reducir necesidades de calentar un ambiente (genera un ambiente de calidez), y ayuda a mantener un grado óptimo de humedad (Confemadera, 2010).

→ A su vez, permite una fácil manipulación del Filterm, ya que, no interviene el material.

→ Las dimensiones de los rieles deben estar acordes al tamaño del Filterm, además contar con una holgura de espacio necesaria en caso de utilizar perforación para la unión del revestimiento al muro.

6.4.1 PRESENTACIÓN DEL PRODUCTO

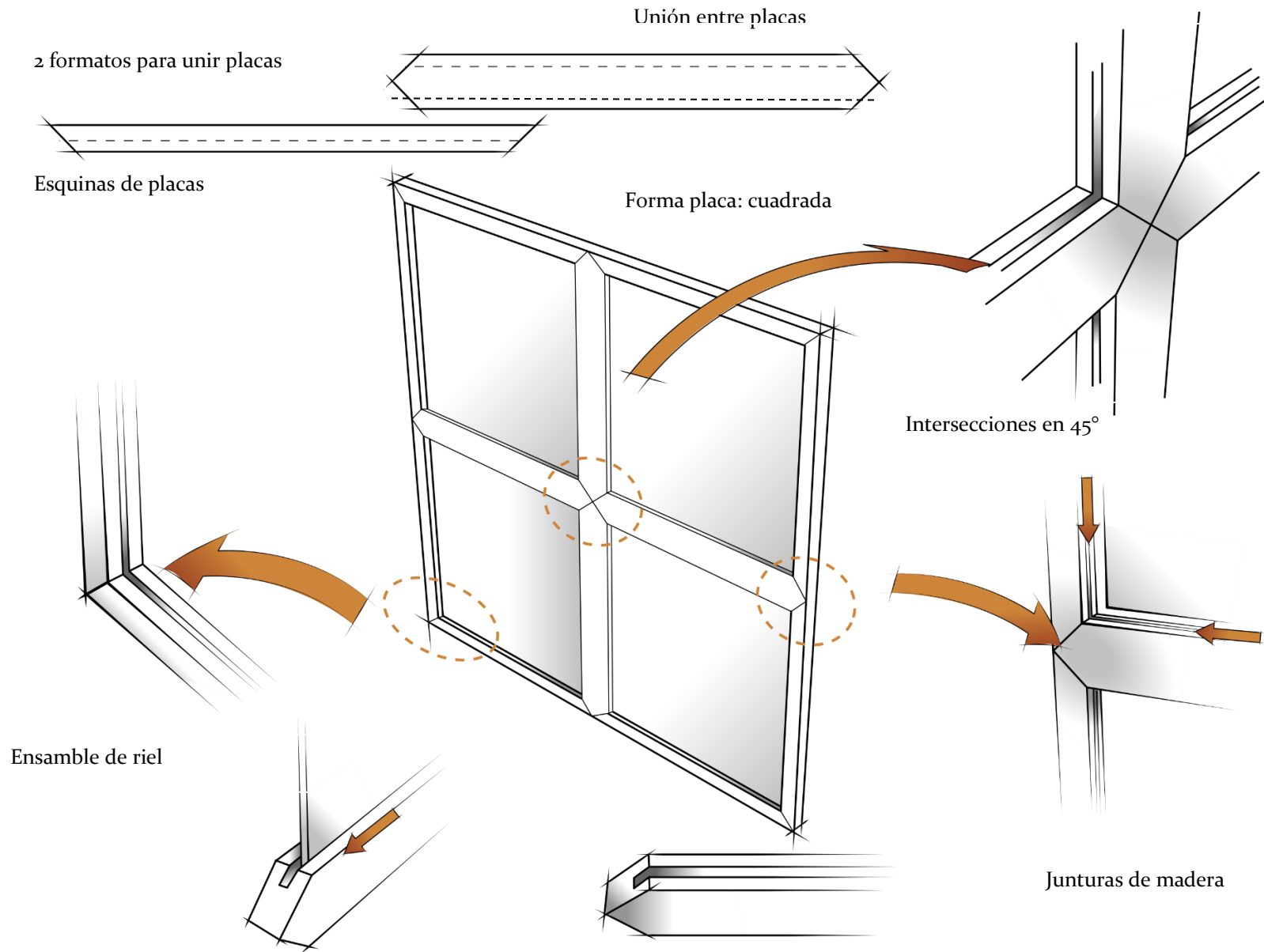
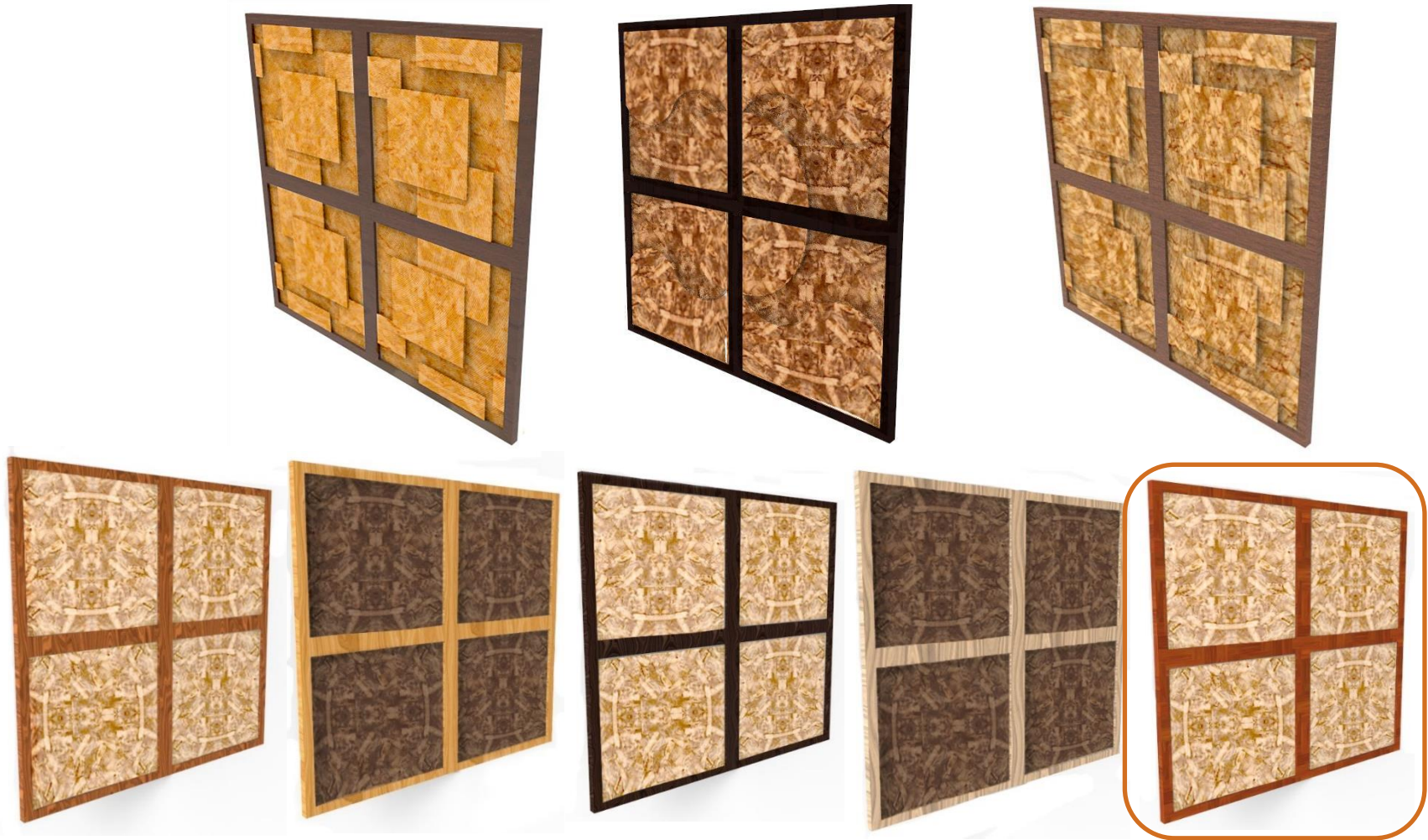


Figura nº 92: "Presentación del producto" (Elaboración Propia).

6.4.2 PROPUESTAS DE POSIBLES COMBINACIONES



Combinatoria llevada a cabo en el desarrollo formal.

Figura n° 93: "Renderización del producto" (Elaboración Propia).

6.4.3 FOTOMONTAJE N°1



Figura nº 94: "Fotomontaje nº1" (Elaboración Propia).

6.4.4 FOTOMONTAJE N°2

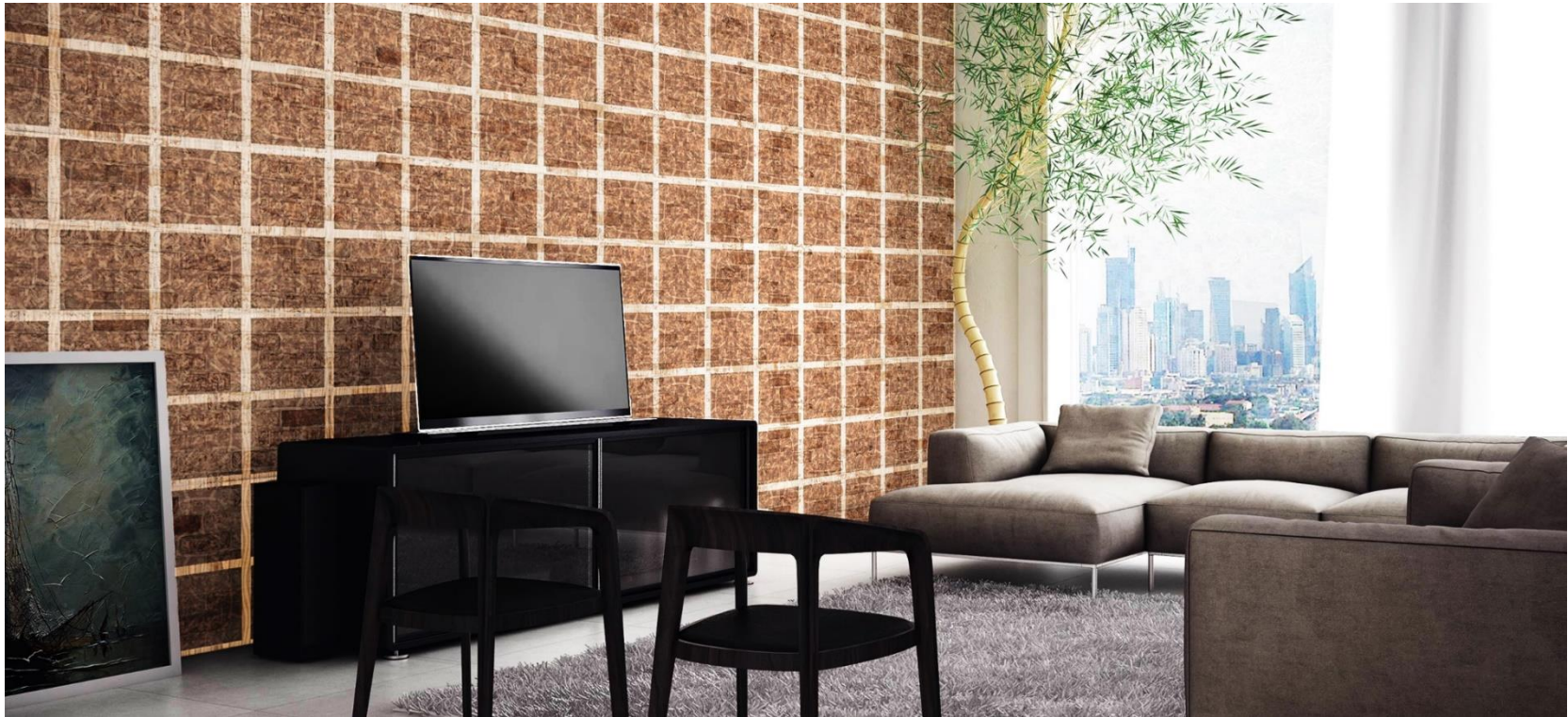
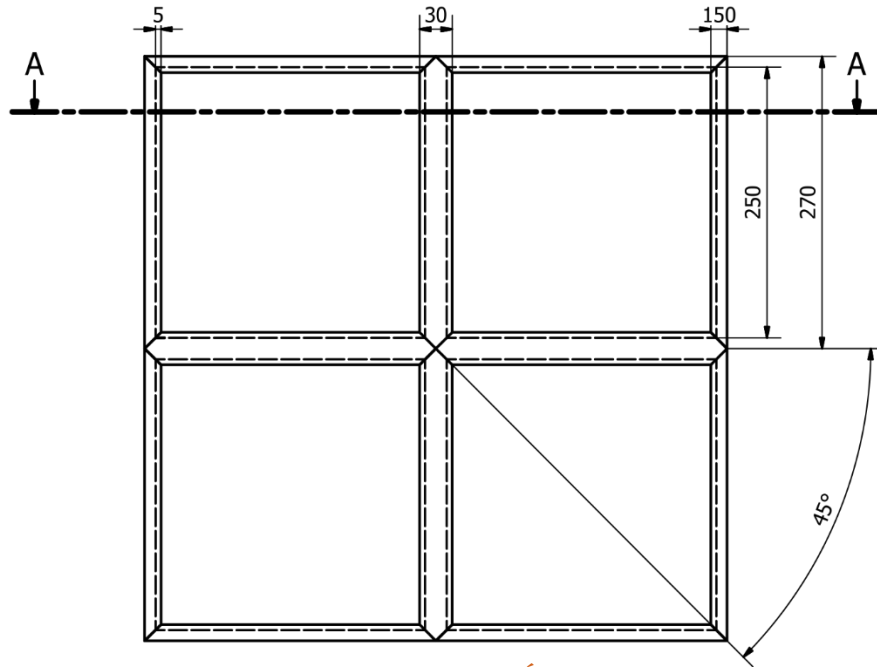


Figura nº 95: “Fotomontaje nº2” (Elaboración Propia).

6.4.5 DETALLES TÉCNICOS

VISTA FRONTAL

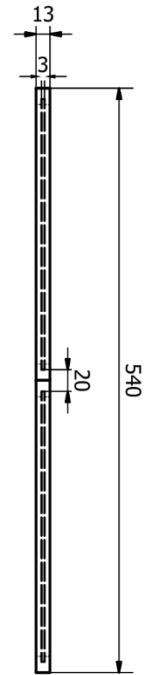


CORTE SECCIÓN A-A

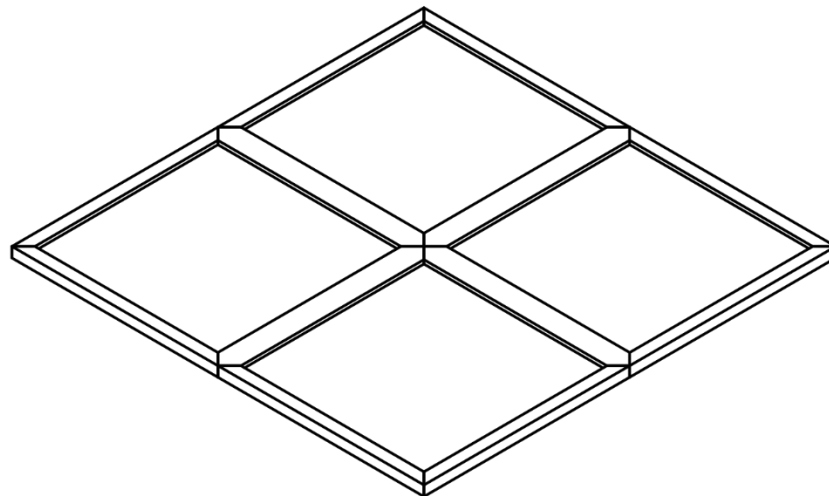


Escala 1:7
Unidad mm

VISTA LATERAL



PERSPECTIVA



6.5 DESARROLLO PROTOTIPOS

Para la conformación de las placas de compuesto, se realiza el mismo procedimiento mencionado en la página 64.

- 103,63gr de acetato
- 14,80gr almidón de maíz
- 29,61gr PVAc
-

Cabe destacar que, para una mejor optimización del material, el prototipo formal final se realizó con un espesor de $3\text{mm} \pm 1$.

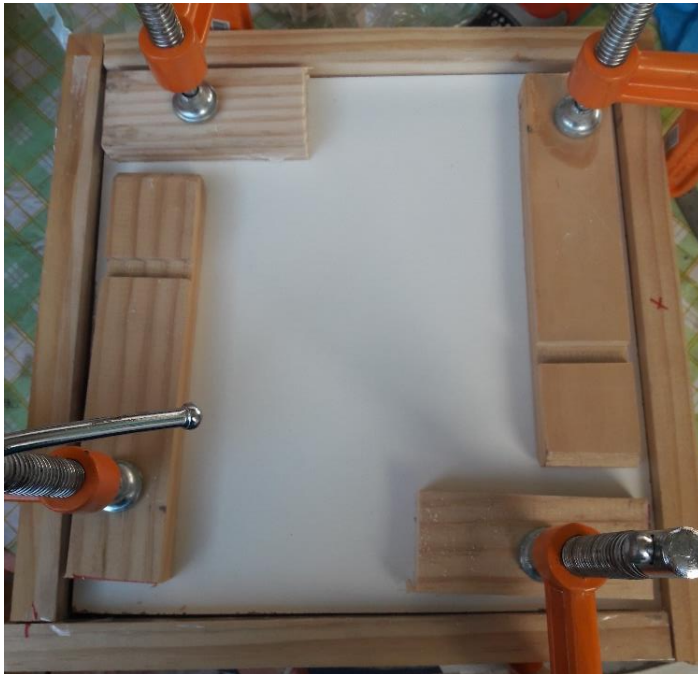


Figura n° 96: "Prensado prototipo formal" (Elaboración Propia).



Figura n° 97 "Placas finales" (Elaboración Propia).

Como acabado final, las placas obtenidas fueron barnizadas en tono natural, con el fin de impermeabilizar en cierto grado el material para que este no genere humedad e inhiba penetración de polución. Sin embargo, la fibra, al tener un alto grado de higroscopicidad, absorbe en gran cantidad el barniz, lo que genera una superficie semi-brillante, punto importante, ya que, el material no puede quedar 100% impermeable, de ser así, es probable que pierda su capacidad térmica.

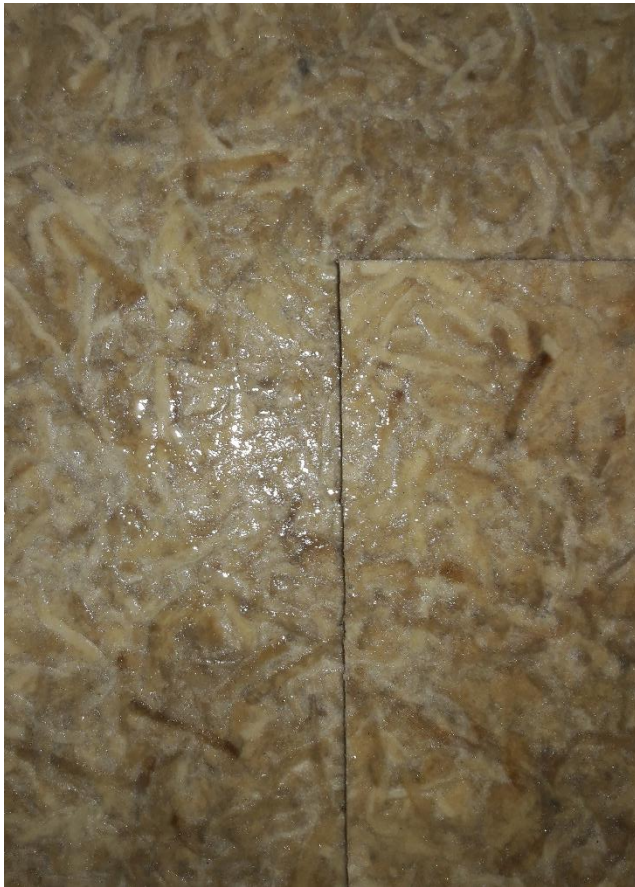


Figura n° 98: “Terminación de placas” (Elaboración Propia).

Para el desarrollo de las uniones de las placas de acetato, se utilizó como materia prima principal roble vaporizado, el cual, fue trabajado con diversas maquinarias para brindarle la forma final.

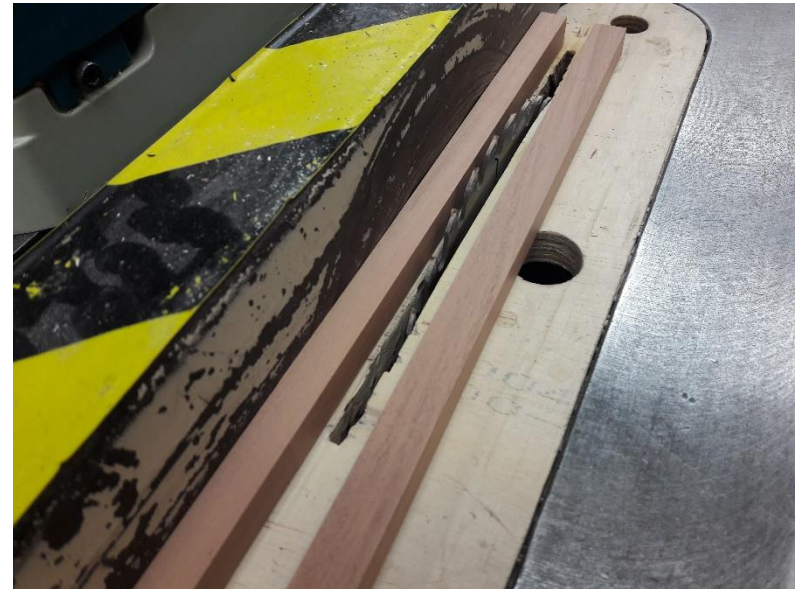


Figura n° 99: “Dimensionado de madera con maquinaria sierra de banco” (Elaboración Propia).



Figura nº 100: "Uso de cepilladora" (Elaboración Propia).



Figura nº 101: "Corte 45° con máquina ingletadora" (Elaboración Propia).



X 8 piezas

X 4 piezas

Figura nº 102: "Rieles finales de madera" (Elaboración Propia).

6.6 PROTOTIPO FORMAL

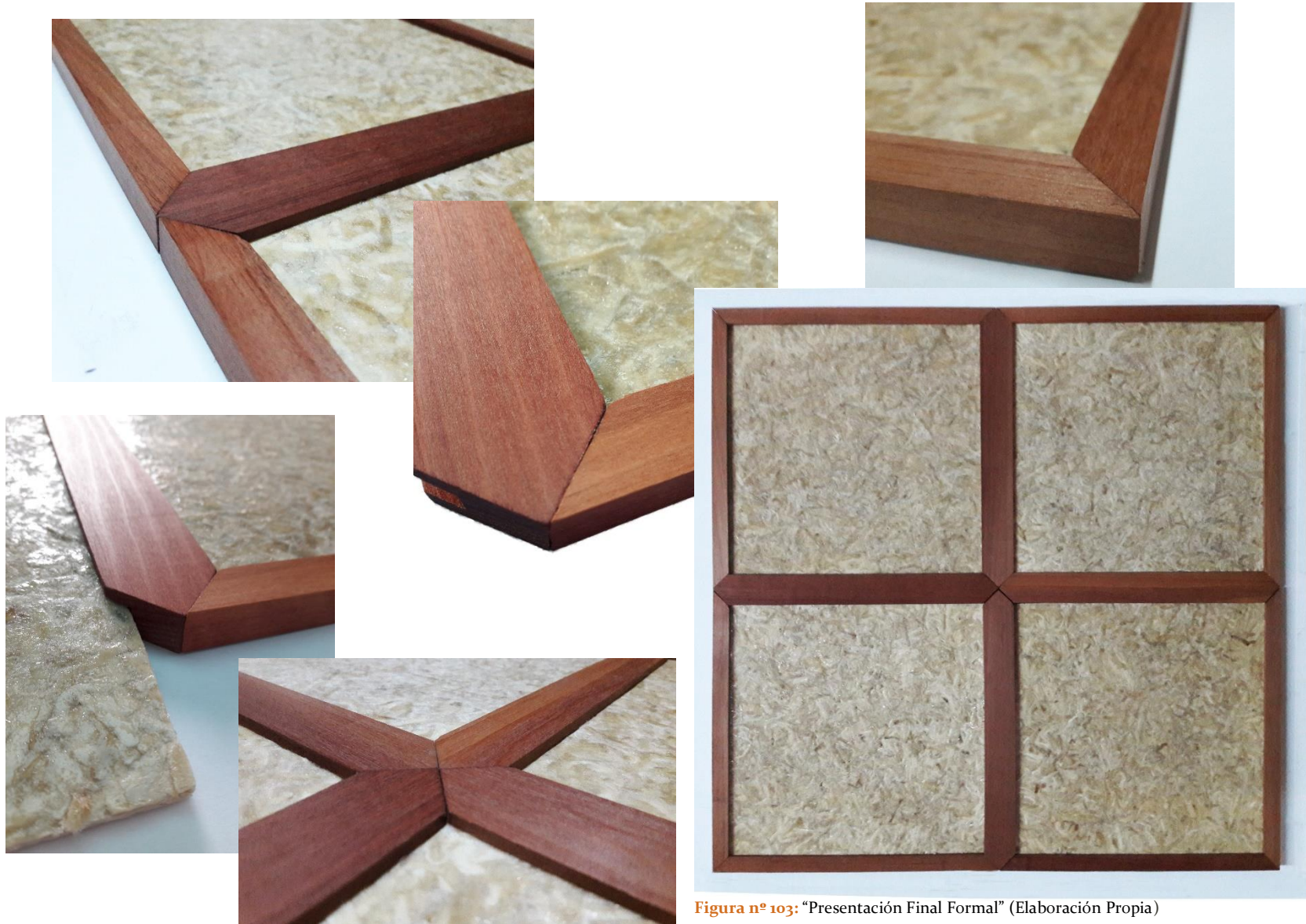


Figura n° 103: "Presentación Final Formal" (Elaboración Propia)

Como se mencionó en la página 106, se adiciona al prototipo formal la elaboración de un panel que cuenta con una sección de la estructura interna básica de una tabiquería, la que permite visualizar la presencia del compuesto diseñado, evidenciando otras alternativas de uso del material.

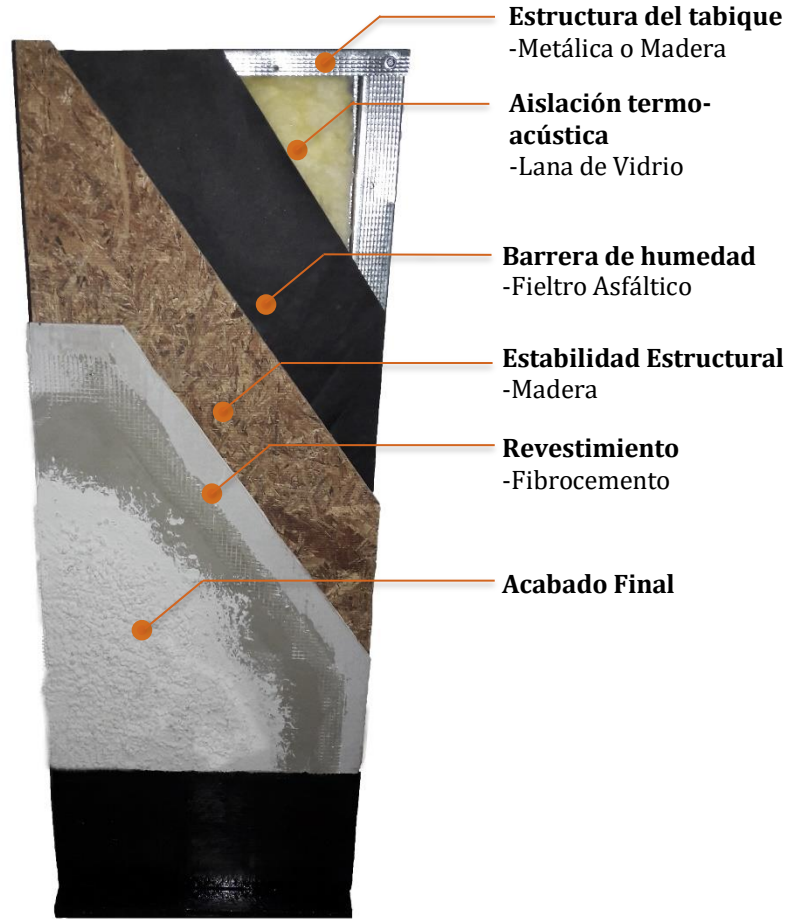


Figura n° 104: "Sector A: materiales utilizados actualmente" (Elaboración Propia)



Figura n°105: "Sector B: aplicaciones del material diseñado" (Elaboración Propia).

6.6.1 USUARIO - PRODUCTO

- Destinado a usuarios consientes con el medio ambiente.
- **Sector:** interior → evitar zonas con alto % de humedad o vapor, tales como baño / cocina.
- **Tipo de muro:** Apto solo para tabiquerías con estabilidad estructural de yeso-cartón

Este tipo de material es el más adecuado para ser utilizado como base de revestimiento, específicamente con Filterm, ya que, logra inhibir humedad en caso de existir (Especificar, s.f).

→ evitar muros de hormigón armado, de lo contrario es probable una proliferación de colonias de hongos.

Fuentes de humedad al interior: Proviene principalmente del vapor que se genera al interior de una vivienda, causando no solo proliferación de hongos, si no también, de pudrición de materiales, malos olores y manchados en apariencias. (Fernández, 2008).

- **Condiciones organolépticas:** visualmente presentan un semi-brillo otorgado por el barniz aplicado, los colores varían dentro de una gama de tonos cafés, donde se aprecian con notoriedad fibras oscuras (colillas antiguas) y otras fibras más claras (colillas nuevas). Debido al espesor de considerado, se presenta en la fibra rigidez y ligereza, donde el barniz aplicado le suma un grado de dureza al material.

En cuanto a la textura, esta es rugosa y porosa, inicialmente la sensación es fría (barniz), pero luego de unos segundos pasa a ser cálida.

- **Posible material a reemplazar:** En base a las características mencionadas de Filterm, el material que actualmente se comercializa en el mercado y que es semejante en cuanto a funciones y características, es el Fibrocemento.

Corresponde a un material utilizado como revestimiento apto para la impermeabilización, fácil de cortar y perforar, ligero y económico.

6.6.2 CICLO DE VIDA FIBROCEMENTO

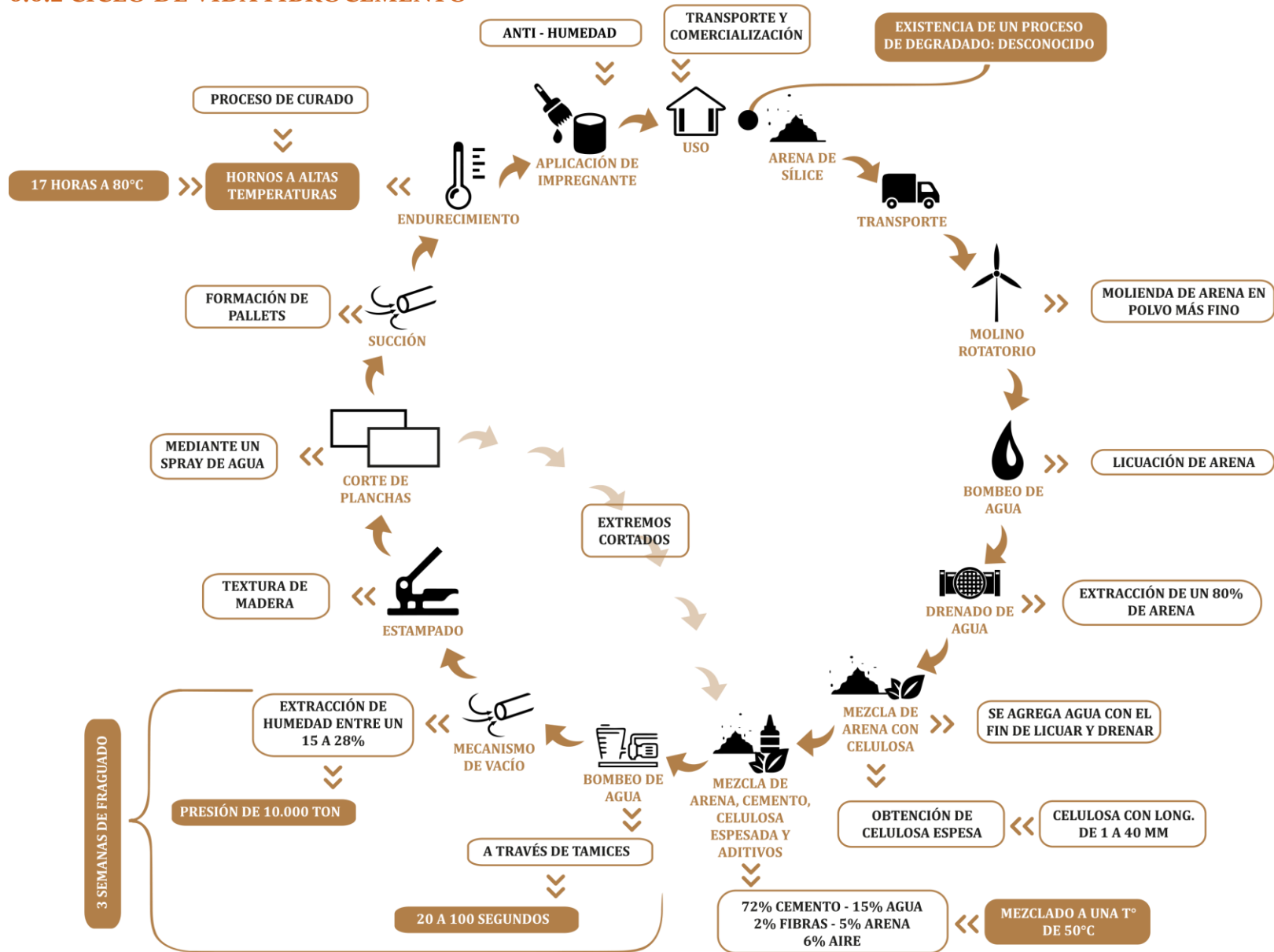


Figura n° 106: “Diagrama representativo ciclo de vida fibrocemento” (Hanak, 2019. Elaboración Propia).

6.6.3 CICLO DE VIDA ELABORADO DE FILTERM

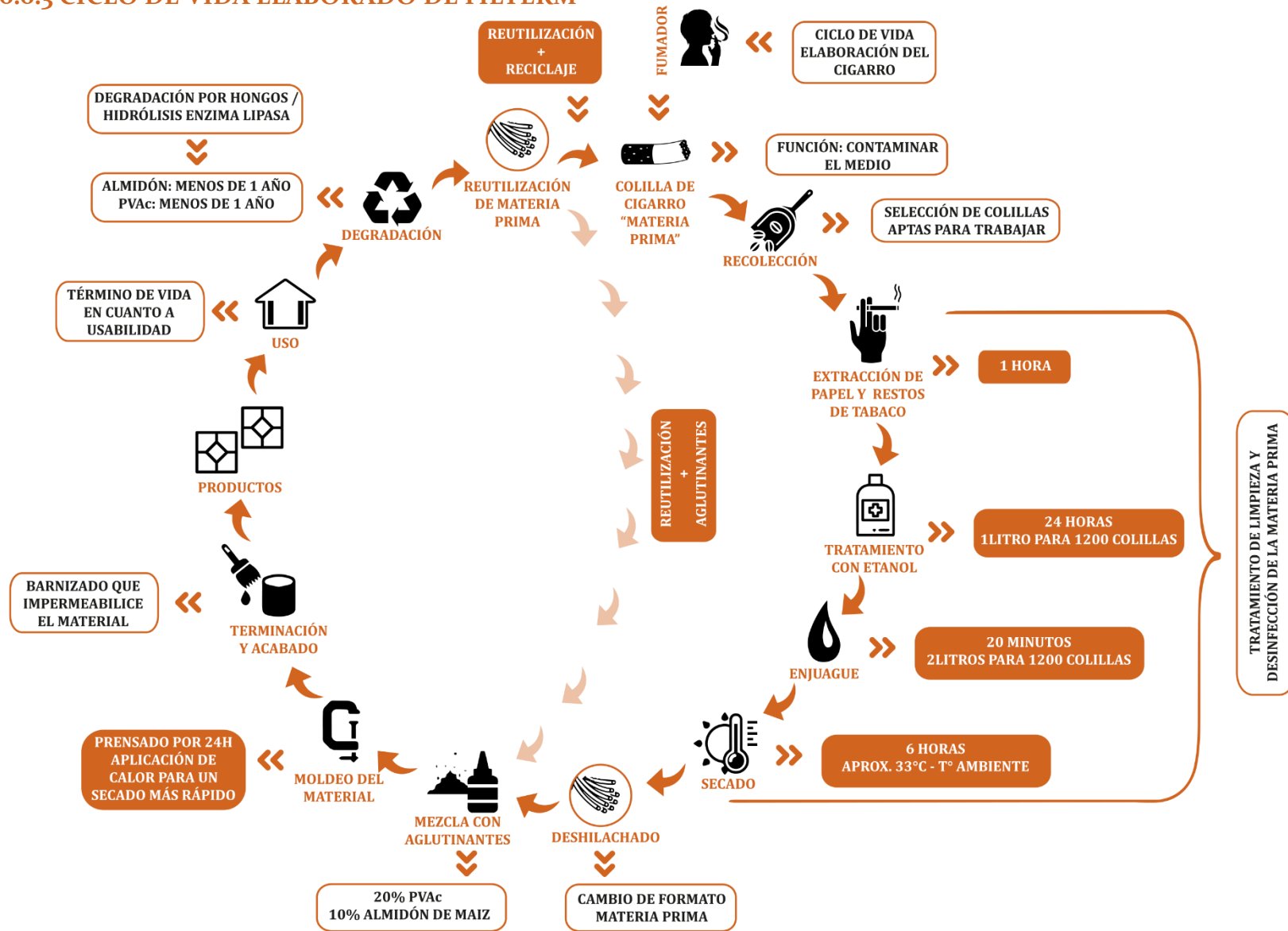


Figura nº 107: "Diagrama representativo ciclo de vida Filterm" (Elaboración Propia).

6.6.4 COMPARACIÓN FILTERM Y FIBROCEMENTO

Tabla N°35: “Tabla comparativa material elaborado vs material comercial”.

PARÁMETRO	FIBROCEMENTO	FILTERM
APARIENCIA	Peso ligero, con textura semi-lisa Material frío, carece de temperatura	Peso ligero, con textura rugosa Material cálido al tacto
COMPOSICIÓN	4 componentes: Cemento – Arena de Sílice – Fibras de Celulosa - Vinílicas o Vidrio + Agua	3 componentes: Acetato de Celulosa – Almidón de maíz – PVAc + Agua
CARACTERÍSTICAS	Rapidez de montaje Incombustible No se oxida, ni se deteriora con el agua Requiere de acabados finales, como pinturas, azulejos, aplicaciones de otros revestimientos, etc. Apto para tabiquerías	Rapidez de montaje Aporte térmico al interior Degradable y Reutilizable Se potencia la apariencia Apto para tabiquerías
PROCESOS Y PRODUCCIÓN	Proceso Industrial Alto porcentaje de agua utilizada (en distintas etapas de la producción) Uso de alta cantidad de energía (hornos a altas temperaturas constantes) Tiempo invertido: Alto (3 semanas sólo en el proceso de fraguado del material)	Proceso Manual (si se lleva a lo industrial, este debe ser más eficiente en cuanto a tiempos, energía y proceso productivo verde) Bajo porcentaje de agua utilizado (es posible ser reemplazada en el proceso de limpieza mediante uso de micelios) Tiempo invertido: Bajo (3 días en producir una placa)

Nota: Elaboración Propia.

- Como se muestra en la tabla n°35, es posible apreciar que, en cuanto a características que posee el material fibrocemento, filterm no es superior ni inferior, ya que, cada uno cuenta con parámetros que lo hacen ser un buen material en cuanto al uso que se le otorga.
- Sin embargo, es posible destacar en los procesos de producción que, filterm es superior, ya que, requiere de un bajo nivel energético para llevar a cabo toda su conformación, por otro lado, el fibrocemento como se muestra en la figura 106, su ciclo de vida no logra ser 100% circular, requiere de altos niveles energéticos y altas cantidades de uso híbrido.
- Sumado a lo anterior, en cuanto a conformación del fibrocemento, anteriormente este material era fabricado con Amianto, un material con fibras altamente nocivas para la salud (también llamado Asbesto), hoy en día son reemplazadas por fibras celulósicas o sintéticas, sin embargo, aún es posible encontrar en el mercado fibrocementos con esta conformación (Asbesto Chile, 2016).
- En apariencia, filterm es superior tomando en cuenta que ambos materiales poseen peso ligero y están destinados al interior de una vivienda, el fibrocemento no logra generar un ambiente de interior cálido por ser un material frío, lo que conlleva a tener que utilizar un mayor nivel de calefacción dentro de un hogar. En cambio, filterm, al ser un material térmico, consigue crear un ambiente templado, incidiendo en el bienestar de las personas.
- Entendiendo que los materiales más utilizados dentro de una tabiquería son los siguientes: EPS, Lana mineral / Vidrio y Celulosa Proyectada, con conductividades térmicas que van desde los 0,040 a 0,043 (λ) (Manual de [Re] Acondicionamiento Térmico, 2016), Filterm es mejor (térmicamente hablando) que el Fibrocemento en un 885% aproximadamente, ya que, poseen conductividades térmicas de 0,0257 y 0,23 respectivamente (mientras menor sea el valor de λ mejor es el comportamiento).

CONCLUSIONES

El estudio elaborado permite desarrollar un material compuesto mediante el reciclaje de colillas de cigarro a partir de la materia prima principal, acetato de celulosa.

Bajo el desarrollo de experimentaciones, es posible elaborar distintas probetas con diversas proporciones, formatos y aglutinantes, donde según criterios de selección, parámetros y características del material, se estableció el formato más óptimo siendo: 70% acetato / 30% aglutinante (20% PVAc – 10% almidón de maíz), en formato trozado. Este material, utiliza en su totalidad materiales locales de bajo costo, disponibles todo el año, no es tóxico y sus aglutinantes son degradables.

Se logra caracterizar el material desarrollado bajo las propiedades que posee mediante diversas pruebas físicas – mecánicas realizadas, las que permitieron conocer el comportamiento que este tiene frente a diferentes situaciones de prueba.

El material desarrollado logra tener estabilidad morfológica, es ligero y estéticamente se presenta como un material reciclado debido a las texturas y colores naturales que posee, donde es posible apreciar que, aquellas fibras con tonalidades más oscuras corresponden a aquellos filtros con mayor tiempo en el medio, mientras que las más blancas competen a aquellos filtros recientemente fumados.

En relación a las pruebas de absorción de agua / humedad, el material es semejante a las maderas ligeras, ya que, es higroscópico y permeable, debido a la alta capacidad que posee de absorber agua, hecho que, limita al material frente a posibles aplicaciones (estas pueden ser inhibidas mediante sellados superficiales), sin embargo, facilita su término de vida, ya que, fomenta la degradación de los aglutinantes utilizados.

Frente al mecanizado, se puede trabajar con distintos tipos de herramientas accesibles en el mercado, con las que se puede perforar, cortar y lijar, a su vez, el uso de nuevas tecnologías como grabado y rasterizado en láser se presentan de manera óptima.

Cabe destacar que, el material no daña ningún tipo de herramienta sometida a ejecución. Sin embargo, mecánicamente hablando tiene un comportamiento frágil, ya que, no es resistente a tracción y flexión, hecho que se debe a la irregularidad y corta longitud de la fibra, la que tiende a romperse instantáneamente.

Por otra parte, frente al comportamiento al fuego, este no presenta caída de partículas, expele humo blanco y si bien, es inflamable, al cabo de 15 segundos la flama tiende a auto extinguirse. En cuanto al comportamiento térmico, posee un bajo módulo de conductividad térmica (semejante al del EPS de 50mm de espesor), lo que implica que es un buen aislante térmico (en condiciones de 5mm de espesor en adelante).

El modo de conformar este material presentado es a través de moldeado con moldes y contra moldes, que permiten generar desde formas básicas a complejas, un método que no genera residuos / desperdicios, ya que, dichos moldes pueden volver a ser reutilizados más de 1 vez.

En base a las propiedades mencionadas y dentro de las posibilidades de aplicación, con el material diseñado se propone un uso como revestimiento con carácter térmico para muros de interior, generando una de las diversas formas de aplicación en cuanto a forma, formato, tipo de unión, etc. Además, el material no se limita a una sola forma de uso, ya que, es posible ser utilizado con accesorios provenientes de otras familias de materiales tales como pvc o policarbonato, a los que perfectamente se les puede brindar un uso interior.

Este material desarrollado tiene la posibilidad de ser un reemplazo a lo que actualmente se utiliza, fibrocemento (material comúnmente utilizado para posteriores superficies de acabado), ya que, filterm logra ser un material superior en cuanto a condiciones organolépticas (debido a su termicidad) y procesos de producción.

Ya que, el material posee propiedades térmicas, también es posible ser utilizado al interior de una tabiquería, donde pueda reemplazar a aquellos materiales que actualmente son utilizados como lana de vidrio / mineral o EPS.

En general, las propiedades del material proporcionan ventajas para innovar en diversas aplicaciones de diseño, generando caminos que a futuro permitan reemplazar en cierta medida a materiales existentes que no logran cumplir con un ciclo de vida circular.

PROYECCIONES

Aglutinantes

Ya que, el Acetato de Celulosa proveniente de las colillas de cigarro, logra ser una materia prima apta para el desarrollo de un material compuesto, queda abierta la posibilidad de experimentar con otros tipos de aglutinantes de carácter degradable, con el fin de que estos logren mejorar las propiedades obtenidas del AC o bien, obtener nuevas características.

Método de recolección

Se propone a futuro ampliar el método de recolección, fomentando el reciclaje de este residuo mediante posibles campañas, elaboración de contenedores aptos y especiales para este tipo de desecho en lugares estratégicos como paraderos, pubs, centros comerciales, etc. Posibles asociaciones con organizaciones y municipalidades que fomenten el reciclaje de este masivo desecho.

Pruebas Físicas

Se sugiere realizar pruebas físicas como aislamiento acústico y otras que comprendan el proceso de degradación que tiene el material en base a los aglutinantes utilizados con mayores períodos de tiempo, considerando también otros métodos de degradación tales como vermicompostaje (ver página 126).

Analizar el ciclo de vida del material obtenido, identificando la huella de carbono

Como es difícil de cuantificar que tan dañino resulta el material elaborado, se sugiere aplicar la metodología ACV, que permite evaluar aquellas cargas ambientales que se asocian a este estudio, identificando la energía y materia utilizada y emanada en el ambiente (Instituto Superior del Medio Ambiente. s.f), obteniendo así la huella de carbono y la huella ambiental del material.

Para llevar a cabo esta metodología, ISO 14040:2006, se hace imperativo realizar una serie de protocolos establecidos en la norma mencionada, donde se debe considerar inicialmente el ciclo completo del material diseñado, teniendo en cuenta cada una de sus etapas desde el inicio hasta su disposición final con el fin de generar conclusiones y recomendaciones para establecer mejoras en el estudio.

Esta metodología se debe realizar con softwares que requieren de licencias especiales, tales como Umberto, SimaPro, GaBi, Eco-It, entre otros.

Método de limpieza y desinfección

Seguido del punto mencionado anteriormente, es probable (por las características que presenta), que el proceso que mayor impacto genera en el medio ambiente sea el de limpieza y desinfección, ya que, para este punto se utiliza agua limpia, la que posteriormente queda totalmente contaminada. Por lo tanto, queda abierta la posibilidad de indagar en nuevas técnicas de limpieza más sustentables.

Un ejemplo de esto, corresponde a el uso de diversos tipos de hongos que permiten degradar (hasta el momento) un 18% de la totalidad de la materia prima.

Técnicas utilizadas

Formato del Acetato: la técnica utilizada para la producción del formato utilizado es totalmente manual, donde las fibras son irregulares entre sí, por ende, se sugiere establecer una técnica que tenga un carácter más industrial que artesanal, orientando nuevas investigaciones que aborden el desarrollo de herramientas adecuadas para mejorar las técnicas utilizadas en este estudio.

Morfología: Las morfologías desarrolladas en este estudio fueron mediante moldeado, por lo que se propone la exploración de distintos tipos de moldeo tales como moldeo por compresión. A su vez, queda abierta la posibilidad de explorar más formatos del material, es decir, planchas que posean mayores dimensiones en cuanto a lo presentado en este estudio (250 x 250 mm).

Aplicación

Otra posible aplicación que este material puede tener es potenciando la propiedad de higroscopicidad, la alta capacidad que tiene el material para absorber agua, puede ser utilizado perfectamente en contextos de escasas de agua y desarrollo de cultivos.

Ya que, el material posee la propiedad térmica, se deja abierta la posibilidad de ser utilizado en viviendas con muros de hormigón armado como un aislante térmico en forma de revestimiento, donde estos deben ir en el exterior, por ende, se debe trabajar con la

impermeabilización del material para que este sea apto a la intemperie.

Esta investigación deja abierta toda posibilidad de continuar caracterizando el material bajo diversos tipos de análisis perceptuales que permitan definir otros posibles formatos, tipos de usuarios y múltiples posibilidades de uso que cumplan con un ciclo de vida circular.

ACERCAMIENTO PRUEBA DE DEGRADADO

Esta prueba, consistió en un breve acercamiento de la posible degradación del material. Para ello, se insertaron 4 probetas del material diseñado a distintos niveles en un macetero con tierra húmeda, el que fue expuesto a cambios climáticos, durante 1 mes y medio.

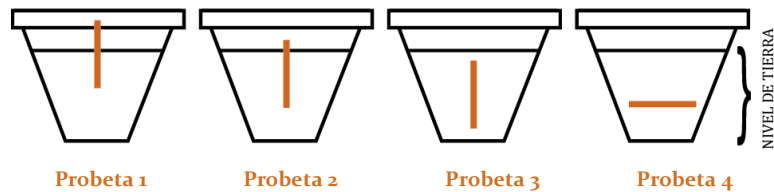


Figura n°108: “Proceso de degradado natural” (Elaboración Propia).

RESULTADOS:

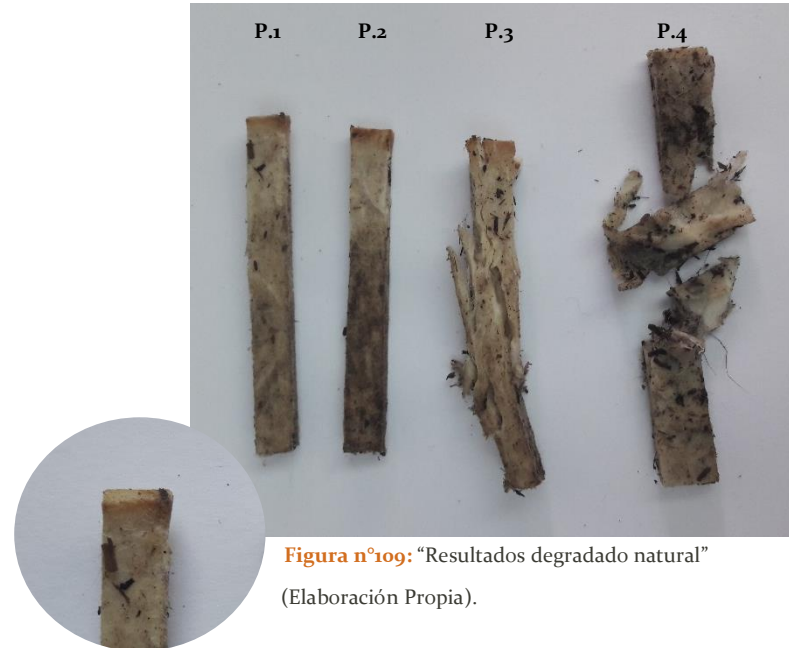


Figura n°109: “Resultados degradado natural” (Elaboración Propia).

En base a la prueba realizada, se verificó que efectivamente el material comienza un proceso de degradación, específicamente en las probetas 3 y 4 (que se encuentran completamente insertas en tierra), ya que, los aglutinantes comienzan a desintegrarse de forma natural. Por otro lado, las probetas 1, 2 y 3, al estar expuestas a factores ambientales, se aprecia un color naranja, semejante a la apariencia del proceso de oxidación en metales, es posible que la materia prima, al ser un derivado natural experimente proceso de oxidación por la sustancia presente en el acetato de: lignina.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acevedo, M. (2011, abril). "Estudio mide cuánto contaminan las colillas de cigarro." *PUBLIMETRO* [en línea]. Recuperado en: <https://www.publimetro.cl/cl/tecnologia/2011/04/19/estudio-mide-cuanto-contaminan-colillas-cigarro.html> [2018, 1 de octubre].

Adisa. (s.f). "Almidones y Desarrollos Industriales, Tecnología Natural". [en línea]. Recuperado en: <http://www.adisa.mx/pdf/sector-alimenticio/almidones-nativos/ALMIDON-DE-MAIZ-NIFRASTARCH-05B.pdf> [2019, 19 de marzo].

AENOR. (2006). UNE-EN ISO 14040:2006. "Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia".

Anfapa. (s.f). "Clasificación respecto al comportamiento frente al fuego según UNE-EN 13501-1. [en línea]. Recuperado en: <http://www.anfapa.com/es/morteros-para-la-colocacion-de-baldosas-ceramicas/91/clasificacion-respecto-al-comportamiento-frente-al-fuego-segun-une-en-13501-1>. [2019, 24 de abril].

Arauco. (2019). "Muro interior". pp.2.

Aros, M., Narváez, G. y Aros, N. (2009). "El diferencial semántico para la disciplina del diseño una herramienta para la evaluación de productos". pp. 1680 – 1686.

Asbesto Chile. (2016). "Tipos de materiales con Asbesto". [en línea]. Recuperado en: <http://www.asbestochile.cl/materiales-con-asbesto/>.

Ashby, M. (2005). "Materials Selection in Mechanical Design".

Ashby, M y Johnson, K. (2010). "Materiali e Design. L'Arte e la Scienza della Selezione del Materiali per il Progetto". Segunda Edición. pp.182-183.

Asociación Chilena de Seguridad (ACHS). (s.f). "Componentes del tabaco". [en línea]. Recuperado en: <https://www.achs.cl/portal/trabajadores/Documents/componentes-del-tabaco.pdf> [2018, 1 de octubre].

ASTM D638. "Standard test method for tensile properties of plastics"

ASTM International. Norma D1666-87. "Standard test methods for conducting machining tests of Wood and Wood-base materials".

ASTM International. Norma ASTM D1037. "Standar test methods for evaluating properties of Wood-base fiber and particle panels materials".

Barros, E. (2006). "Ciencia y Tecnología de los materiales en la configuración de productos de diseño". [en línea]. Recuperado en: <http://di1materiales.blogspot.com/2006/06/madera.html> [2019, 9 de mayo].

Brydson, J. (1999). "Plastic Materials". Volumen 9.

Brundtland, H. (1987). "Our Common Future".

Catalán, J. (2013) "Psicología del hábito de fumar".

- Chile Libre de Tabaco. (2013). “*Dónde sí y dónde no se puede fumar en Chile*”. [en línea]. Recuperado en: <http://www.chilelibredetabaco.cl/espacios-libres-de-humo-chile/> [2018, 6 de octubre].
- COATS. 2017. *Coats*. [En línea] Recuperado en: <http://www.coatsindustrial.com> [2018, 21 de diciembre].
- Confemadera. (2010). “*Vivir con Madera*”. Documental.
- Corfo. (2016). “*Manual de (Re) Acondicionamiento Térmico*”.
- Criado, M. (2014, agosto). “*Reciclan las colillas de los cigarrillos en “supercondensadores”*”. [en línea]. Recuperado en: <http://esmateria.com/2014/08/16/reciclan-las-colillas-de-los-cigarrillos-en-superbaterias/> [2018, 17 de mayo].
- De Castro, R. (1997). “*Papeles de Psicólogo*”, volumen 67.
- Espacio Anepma. (2018, marzo). “*Colillas de cigarro, el eterno problema en playas y otros espacios públicos*”. [en línea]. Recuperado en: <https://espacioanepma.org/2018/08/13/colillas-de-cigarrillo-el-eterno-problema-en-playas-y-otros-espacios-publicos/> [2018, 16 de septiembre].
- Especificar. (s.f). “*Planchas de Yeso Cartón – Volcanita RH*”. Recuperado en: <http://www.especificar.cl/fichas/planchas-de-yeso-carton-volcanita-rh>. [2019, 7 de junio].
- Fernández, J. (2008). “*Humedad proveniente del suelo en edificaciones*”. Trabajo de grado, Ingeniería Civil, Universidad de Chile, Chile.
- Flores, L. (2016). “*Estudio del comportamiento de adhesivos sintéticos y de sus propiedades físico - químicas aplicados sobre soporte lúgneo*”.
- Frihart, C. (2005). “*Wood adhesion and adhesives*”.
- Fritz, A. y Ubilla, M. (2012). “*Manual de Diseño. Construcción, montaje y aplicación de envolventes para la vivienda de madera*”. pp. 46.
- González, J. (2008). “*Reducir, reutilizar, reciclar*”. Revista Elementos, volumen 15 (n°69). pp. 45.
- Greenbutts. (2013). “*Greenbutts filters curbs pollution*”. [en línea]. Recuperado en: <http://green-butts.com/> [2018, 17 de mayo].
- Greenpeace. (2008). “*El poder de las 3R: reducir, reutilizar y reciclar*”. [en línea]. Recuperado en: <https://www.greenpeace.org/chile/es/noticias/El-poder-de-las-3R-reducir-reutilizar-y-reciclar/> [2019, 3 de enero].
- Groover, M. (1997). “*Fundamentos de manufactura moderna*”.
- Guerrero, A. (2005). “*Proyecto Mantis*”. [en línea]. Recuperado en: <http://mantis-mantis.blogspot.com/> [2018, 7 de mayo]
- Haenle, M., Brockmann, S., Kron, M., Bertlin, U., Manson, R. y Steinbach, G. (2006). “*Overweight, physical activity, tobacco and alcohol consumption in a cross-sectional random sample of German adults*”. BMC Public Health.

- Hanak, M. (2019, abril). “¿Cómo se fabrican los paneles de fibrocemento?”. [en línea]. Recuperado en: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/915794/como-se-fabrican-los-paneles-de-fibrocemento>
- Henkel. (s.f). “Cola fría, Agorex Profesional”. [en línea]. Recuperado en: http://www.agorexpro.cl/content/uac/agorex/chile/pro/es/informacion-tecnica/fichas-tecnicas-y-seguridad1/_jcr_content/par/article_13/2_1370015742579/par/download_1051/file.res/Agorex%20Cola%20Fria%20Profesional.pdf [2019, 20 de marzo].
- Hidalgo-Ruz, V., Honorato, D., Gatta, M. y Thiel, M. (2016). “Tercer muestreo nacional de basura en playas de Chile 2016 y resultados comparativos con campañas 2008-2012”. pp. 3-14
- IMEKO: recolectan, transforman, y revalorizan las colillas de cigarro (2018, 15 de mayo). Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Recuperado en: <https://www.pucv.cl/uuaa/instituto-de-quimica/noticias/imeko-recolectan-transforman-y-revalorizan-colillas-de-cigarro/2018-05-15/212730.html> [2019, 16 de mayo].
- Innovartic. (2007). “Tecnologías Limpias”. [en línea]. Recuperado en: http://www.innovartic.cl/tecnologias_limpias.html [2018, 13 de octubre].
- Instituto nacional de normalización (Chile). Norma NCh 1977. (1985). “Prevención de incendio en edificios – determinación del comportamiento de revestimientos textiles a la acción de una llama”.
- Instituto nacional de normalización (INN-Chile). Norma NCh 851. (2008). “Aislación térmica, determinación de propiedades de transmisión térmica en estado estacionario y propiedades relacionadas - cámara térmica calibrada y de guarda”
- Instituto nacional del medio ambiente. (s.f). “Análisis del Ciclo de Vida. Conceptos y Metodología”. [en línea]. Recuperado en: <http://www.ismedioambiente.com/programas-formativos/analisis-del-ciclo-de-vida-conceptos-y-metodologia> [2019, 18 de mayo].
- ISO 14125 (1998). “Fibre-reinforced plastic composites – Determination of flexural properties”.
- Lozano, R. (2008). “Envisioning sustainability three-dimensionally”. Journal of Clean Production, volumen 16 (n° 17). pp. 1838-1846.
- Martínez, E. y Saldarriaga, L. (2011). “Hábito de fumar y estilo de vida en una población urbana”. Revista Nacional de Salud Pública, volumen 29 (n°2). pp. 163-169.
- Martínez, J. (2001). “Riesgos por exposición a isocianatos”. [en línea]. Recuperado en: https://ibermutua.es/wp-content/uploads/2015/03/16_higiene_industrial.pdf [2019, 19 de marzo].
- McDonough, W. y Braungart, M. (2005). “Cradle to Cradle: Rediseñando la forma en que hacemos las cosas”.
- Mebratu, D. (1998). “Sustainability and Sustainable Bevelopment: Historical and Conceptual Review”.
- Mejía, C. (2011). “Metodología para el diseño de materiales, una aproximación desde la técnica y la sensorialidad”.

- Meneses, O. (2011). *"Identificación de usos probables de Pinus patula Schlect. et Cham. Con base en la determinación de las propiedades físico-mecánicas y de trabajabilidad de la madera en Iltaqi – Cotacachi – Imbabura"*. Trabajo de Grado, Ingeniería en Ciencias agropecuarias y ambientales, Universidad Técnica del Norte.
- Monzonis, J. (2011). *"Estudio para la minimización del residuo de colillas de cigarro y su posible reutilización"*. pp. 5–12.
- Moser, G. (2003) *"La psicología en el siglo 21: el desafío del desarrollo sustentable"*.
- Murrplastik. (2016). *"Apéndice: Grados de protección e inflamabilidad, Materiales y propiedades"*. [en línea]. Recuperado en: <http://rodavigo.net> PDF [2018, 8 de diciembre].
- Novotny, T., Lum, K., Smith, E., Wang, V. y Barnes, R. (2009). *"Cigarettes butts and the case for an environmental policy on hazardous cigarette waste"*.
- Ocean Conservancy. (2011). *"Tracking trash 25 years of action for the ocean"*.
- Organización Mundial de la Salud (2016). *"Informe sobre control del tabaco en la región de las Américas, a 10 años del Convenio Marco de la Organización Mundial de la Salud para el control del Tabaco"*.
- Organización Mundial de la Salud (1986). *"Carta de Ottawa para la promoción de la Salud"*.
- Organización Panamericana de la Salud. (2015) *"Informe sobre Control del Tabaco para la Región de las Américas"*. pp. 1.
- Palomo, M. (2017). *"Aislantes térmicos. Criterios de selección por requisitos energéticos"*.
- Prieto-Sandoval, V., Jaca, C. y Ormazabal, M. (2017). *"Economía circular: Relación con la evolución del concepto de sostenibilidad y estrategias para su implementación"*. pp. 91-92.
- Reddit. (2017, julio). *"Por qué es socialmente aceptado botar colillas de cigarro al suelo?"*. [en línea]. Recuperado en: https://www.reddit.com/r/chile/comments/6n33p1/por_qu%C3%A9_es_socialmente_aceptable_botar_colillas/ [2018, 16 de junio].
- Riquelme, A. (2015). *"Análisis de residuos textiles como uso de material aislante. Propuesta para aislamiento térmico en fachada exterior"*. Trabajo de grado, Ingeniería en Construcción, Universidad Austral, Chile.
- Rodríguez, E. (2014, agosto). *"¿Por qué tiramos basura?"*. [en línea]. Recuperado en: <https://www.reporteindigo.com/piensa/por-que-tiramos-basura/2/> [2018, 15 de junio].
- Saborido, M. (2009). *"Los barnices, capa de protección. Significado y composición: resinas sintéticas, aceites, disolventes y ceras"*.
- Saénz, A. (2010). *"Desarrollo de un aglutinante inorgánico para la producción de corazones de arena en la industria automotriz"*.
- Saddler, J. y Langford, A. (1989). *"Introducción a los textiles limusa"*.
- Schepp, F., (CORFO). (2016). *"Manual de (Re) Acondicionamiento térmico"*. 1º edición. pp. 31.

- Serna, Y., Borja, A., Fuentes, M. y Corona, A. (2011). *"Propiedades tecnológicas de la madera de algarrobo (Hymenaea oblongifolia Huber), de Bagadó-Chocó, Colombia"*. Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente, volumen 17 (n°3). pp. 411-422.
- Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica SEPAR. (2017). *"Las colillas constituyen la primera fuente de basura en el mundo"*.
- Soriano, R. (2017) *"El problema de las colillas o el tabaquismo "de cuarta mano"*.
- Tabacopedia. (s.f). *"Tipos de filtros"*. [en línea]. Recuperado en: <https://tabacopedia.com/es/articulos-del-fumador/filtros/tipos-de-filtros/> [2019, 17 de enero].
- Terracycle. (2012). *"El primer programa de reciclaje para residuos de cigarro en el mundo"*. [en línea]. Recuperado en: <https://www.terracecycle.com/es-ES/about-terracecycle/history> [2018, 17 de mayo].
- Valentine. (2003). *"Ficha técnica Poliuretano bicomponente blanco"*. [en línea]. Recuperado en: [http://bvweb.valentine.es/valentine/qualidade/gesttec.nsf/087bb697c8e7e43d802567fa003e79fe/d71ae742525087dcc1256d63004600d7/\\$FILE/G71080501%20POLIURETANO%20BICOMPONENTE%20BLANCO.pdf](http://bvweb.valentine.es/valentine/qualidade/gesttec.nsf/087bb697c8e7e43d802567fa003e79fe/d71ae742525087dcc1256d63004600d7/$FILE/G71080501%20POLIURETANO%20BICOMPONENTE%20BLANCO.pdf) [2019, 19 de marzo].
- World Health Organization (2018, marzo). *"Tobacco"*. [en línea]. Recuperado en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/tobacco> [2018, 2 de agosto].
- World Health Organization (2018). *"WHO global report on trends in prevalence of tobacco smoking 2000-2025."*. 2nd edition.
- Yuan, Z., Jiang, W., Liu, B. y Bi, J. (2008). *"Where Will China Go? A Viewpoint Based on an Analysis of the Challenges of Resource Supply and Pollution"*. Environmental Progress, volumen 27 (n° 4). pp. 503– 514.

ANEXO N°1: *Aglutinantes más utilizados en materiales compuestos*

AGLUTINANTE NATURAL	DESCRIPCIÓN	AGLUTINANTE SINTÉTICO	DESCRIPCIÓN
Gomas Vegetales	<p>Materiales secretados por determinadas plantas, entre ellas tienen en común azúcares sencillos. Se diferencian de las resinas naturales porque la sustancia aglutinante es únicamente soluble en agua, siendo insoluble en disolventes orgánicos. Se han empleado como aglutinantes para soportes de papel. El envejecimiento de estos materiales se produce por microorganismos y hongos.</p>	Formaldehídos	<p>Utilizado en la laminación de madera, y en variados sistemas de aglutinantes. Corresponde a un material termoestable, donde su proceso de curado es por polimerización y pérdida de agua solvente. Posee altas cantidades de emisiones nocivas para la salud durante su proceso de curado, sumado a eso, en estado gaseoso es utilizado como combustible.</p>
Almidones	<p>Corresponden a polisacáridos de la glucosa de alto peso molecular. Se obtienen de semillas de cereales, partes de plantas, entre otras. Este material se vuelve insoluble en agua fría, de lo contrario, es casi disuelto en agua hirviendo. Ante esto, su alta viscosidad permite ser utilizado como aglutinante.</p>	Resinas Sintéticas	<p>Se trata de productos orgánicos de composición compleja y variada, ya que, existen diversos tipos de familias donde cada una posee ventajas y desventajas en relación a diversas propiedades y aplicaciones como: flexibilidad, rigidez, dureza, resistencia a impactos, absorción de agua, entre otras.</p>

AGLUTINANTE NATURAL	DESCRIPCIÓN	AGLUTINANTE SINTÉTICO	DESCRIPCIÓN
Céridos / Ceras	Compuestos inertes que se transforman a sólidos blandos en temperatura ambiente. Muestran inercia ante posibles alteraciones químicas. En la práctica, se emplean en conjunto con resinas terpénicas, preparación de barnices, entre otros.	Acetato de Polivinilo (PVAc)	Material termoplástico e inodoro, no tóxico, de diversos usos con fuertes propiedades de adhesión. Secado rápido, fácil adquisición y aplicación dado que viene listo para su uso, utilización en frío y almacenaje durante un tiempo prolongado sin deteriorarse. Pierde resistencia al estar en contacto con la humedad. Se degrada mediante hidrólisis.
Resinas Naturales	Proviene de determinadas plantas y tipos de árboles. Insolubles en agua y solubles en diversos disolventes orgánicos. Estas resinas se emplean generalmente en la conformación de barnices, logrando películas transparentes, impermeables y duras. Al ser mezcladas con ceras, cumplen la función de adhesivo.	Isocianatos	Utilizados por su capacidad de reactivarse con diversos polímeros, ventaja que permite una rápida polimerización, otorgando una amplia gama en productos a realizar, entre ellos el más destacado: Poliuretano, con prestaciones como resistencia a la tracción, abrasión e intemperie, flexible y buena adherencia a materiales.

ANEXO N°2: *Aglutinantes considerados para el estudio*

POLIURETANO BI-COMPONENTE: “Los isocianatos son los precursores de los **poliuretanos, un tipo de polímeros sintéticos** conocidos vulgarmente como plásticos esponjosos, y que son utilizados también como espumas rígidas, lacas, elastómeros e insecticidas (...) Las aplicaciones de los isocianatos se realizan en muy diversos campos (...), como aplicación de en forma de adhesivos, depende ante todo de la viscosidad de la mezcla.

Estos adhesivos precisan un tiempo de reticulación relativamente largo de 50 a 100 minutos, para evitar la polimerización sobre el rodillo. Una vez aplicado, los materiales deben ser unidos mediante una presión uniforme y constante en toda la superficie. Se utilizan con frecuencia prensas de plato frío, de plato caliente o de vacío” (Martínez, J. 2001).

Entre las propiedades del tipo de isocianato: Poliuretano Bi-Componente se encuentran las siguientes:

- Brillo y dureza
- Rapidez de secado
- Máxima cubrición y nivelación
- Flexible
- Máxima resistencia en exteriores e interiores (Empresa VALENTINE. 2003).

ALMIDÓN DE MAÍZ: El almidón, es el componente principal del maíz, corresponde a un polímero de la dextrosa constituido por cadenas de amilopectina y amilosa. Esta última es la que le imparte la propiedad de formar gel al cocinarse. El almidón o fécula de maíz es un producto de grado alimenticio que ofrece una gran diversidad de aplicación a un bajo costo pudiendo clasificar los mismos en 2 grandes grupos: alimentarios e industriales (...)

Dentro de las aplicaciones en las industrias no alimentarias, sirven para dar mayor fuerza a los pañuelos y toallas de papel, permiten aprovechar más el papel reciclado en cartón; se utiliza en las películas y hojas de plástico, así como en las fórmulas de fibras naturales que reemplazan a las de plástico (...); en estos procesos cumple con varias propiedades funcionales tales como adhesivo, agente lubricante o aditivo (...); en la fabricación de empaques de cartón corrugado se utiliza para preparar adhesivos, en el papel se emplea como aditivo para impartir resistencia interna, en la manufactura de hilos y telas se usa como apresto para evitar rupturas y aumentar la eficiencia de los telares (ADISA. s.f).

ACETATO DE POLIVINILO PVAc: *“Es una cola blanca extra rápida libre de solventes, formulada como adhesivo en base polivinilacetato para trabajos en madera. Es particularmente recomendada para trabajos en donde se requiere una rápida velocidad de pegado en la preparación de uniones permanentes y de alta resistencia sobre variados tipos de madera y otros materiales porosos.*

Entre sus características más importantes se encuentran las siguientes:

- *Alta resistencia de pegado y velocidad de pegado*
- *Resiste humedad ocasional (DIN EN 204- D2)*
- *Ideal para el pegado de ensamblajes y superficies*
- *Propiedades inalterables en el tiempo”*

(HENKEL. s.f).

ANEXO N°3

POLIURETANO BI - COMPONENTE



T85 - A.P15



D85 - A.P15



E85 - A.P15

ALMIDÓN DE MAÍZ AL 50%



T50 - A.A50



D50 - A.A50

ALMIDÓN DE MAÍZ AL 30%



T70 - A.A30



D85 - A.A30



E85 - A.A30

ACETATO DE POLIVINILO (PVAc) AL 50%



T50 - A.PVAc50



D50 - A.PVA50



E50 - A.PVA50

ACETATO DE POLIVINILO (PVAc) AL 30%



T70 - A.PVAc30



D70 - A.PVAc30



E70 - A.PVAc30

ANEXO N°4

MEZCLA DE ACETATO DE POLIVINILO (PVAc) & ALMIDÓN DE MAÍZ



T70 - A.PVA20 - A.A10



T70 - A.PVA15 - A.A15



T70 - A.PVA10 - A.A20

ANEXO N°5

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D1037): Para determinar el porcentaje de absorción de agua y cuánto se hincha el material, se debe considerar lo siguiente:

- Tamaño de la probeta: 76mm x 156mm
- Haber calculado la masa inicial previamente
- Secar a 103°C (durante 24 horas) logrando que el peso final se estabilice (masa final)
- Calcular el contenido de humedad:

$$M = 100 [(W - F) / F]$$

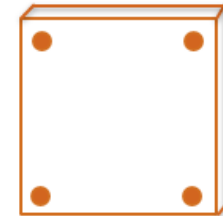
Donde: M = contenido de humedad
W = masa inicial
F = masa final

Resultados expresados en porcentaje de peso.

ANEXO N°6

ABSORCIÓN DE AGUA E HINCHAMIENTO (ASTM D1037): Para determinar el contenido de humedad se debe considerar lo siguiente:

- Tamaño de las probetas: 305mm x 305mm ó 152mm x 152mm // Para el desarrollo de este estudio se consideró el tamaño de las muestras de 50±1mm, en base a UNE-EN 317:1994.
- Pesar probetas y obtener volumen de cada una.
- Medir espesor en las 4 esquinas de cada probeta
- Sumergir por 2 horas en agua destilada a temperatura ambiente
- Pesar y medir probetas en los 4 puntos
- Sumergir nuevamente por 22 horas en agua
- Volver a pesar y medir las pruebas



Resultados expresados en porcentajes después de cada pesaje realización en función de la cantidad de agua absorbida.

Resultados de hinchamiento según aumento de porcentaje en base al espesor original.

ANEXO N°7

NORMA ASTM D1666-87 (1994): “La metodología utilizada para las pruebas realizadas de mecanizado, se basó en la norma ASTM D 1666-87 (re-aprobada en 2004), que establece un procedimiento de trabajo para la realización de ensayos de trabajabilidad.

En ella se menciona que la evaluación de las probetas se debe realizar mediante una inspección visual, donde se identifican fibra levantada y grano desgarrado.

Dependiendo de la magnitud de los defectos se clasifican las probetas sobre la base de la siguiente escala:

- *Grado 1: Excelente, no acepta ningún tipo de defecto. La fibra levantada alrededor de los nudos sólo se observa con luz oblicua.*
- *Grado 2: Bueno, acepta fibra levantada entre un 10 a 20% del área inspeccionada.*
- *Grado 3: Regular, acepta fibra levantada hasta en un 30%. Mínima presencia de grano desgarrado.*
- *Grado 4: Malo, acepta fibra levantada hasta en un 40%. Grano desgarrado se acepta hasta un 30% del área inspeccionada.*

- *Grado 5: Muy Malo, la fibra levantada se encuentra sobre un 40%. Grano desgarrado se presenta sobre un 30%” (Meneses, O. 2011).*

ANEXO N°8

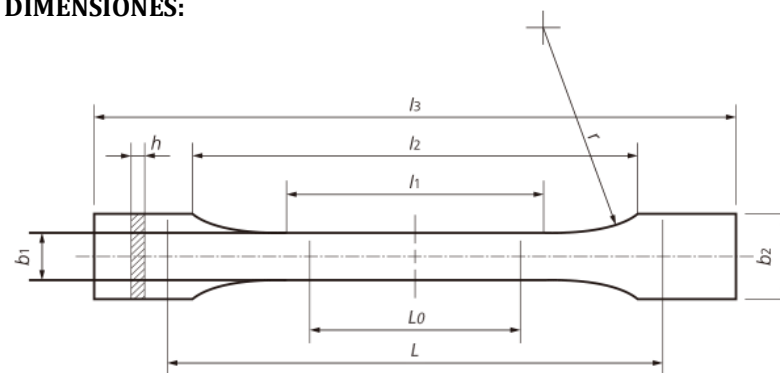
NORMA ASTM D638: Norma utilizada para determinar propiedades de tracción de materiales, específicamente de plásticos reforzados.

Dentro de las propiedades a analizar, se encuentran: resistencia máxima, deformación en rotura y módulo elástico.

“Al igual que con muchos materiales, los extensómetros son necesarios para medir correctamente la deformación. A menudo, una curva de resistencia del plástico frente a una curva de la deformación contiene una zona elástica lineal y una zona plástica no lineal. Se produce muy poca deformación en la zona lineal. Puesto que se mide el módulo en esta zona, son necesarios extensómetros con una alta resolución.

Normalmente, los extensómetros con una alta resolución tienen un recorrido limitado y es necesario extraerlos de la probeta durante un ensayo. Extensómetros de vídeo sin contacto, como el Extensómetro de vídeo avanzado (AVE) o el Extensómetro de vídeo estándar (SVE), tienen la resolución y flexibilidad adecuados para medir el módulo y la deformación en la rotura para la mayoría de los plásticos. Además de los extensómetros, recomendamos utilizar mordazas de cuña mecánicas o mordazas de acción lateral neumática para realizar ensayos de plásticos” (INSTRON. s.f).

DIMENSIONES:



SIZE	TYPE I	TYPE II	TYPE III	TYPE IV	TYPE V
Full length L3	165	185	165	115	
Parallel length L2	57	57	57	33	63.5
Gauge length L1	50	50	50	25	-
Parallel section width, strong ₁	13	6	19	6	7.62
Thickness, h	7mm or less		7mm to 14 mm	4 mm or less	
Grip section width, strong ₂	19	19	29	19	9.53
Distance between grips	115	135	115	65	25.4

Nota: Recuperado de: (Shidmazu, s.f).

ANEXO N°9

NORMA ISO 14125: Norma utilizada en verificar flexión en materiales compuestos o plásticos reforzados.

Este tipo de ensayo proporciona información sobre cómo estos tipos de materiales se van a comportar en condiciones reales.

La norma ISO 14125 describe el proceso para determinar las propiedades de flexión a tres o cuatro puntos de materiales compuestos reforzados con fibras. En este estudio, el tipo de flexión utilizado fue específicamente en 3 puntos, con una velocidad de 2 mm/min a una temperatura de 24°C ±1 con 80mm de separación entre cada apoyo.

ANEXO N°10

NORMA NCh 851: Esta norma está realizada con el fin de “establecer los principios para el diseño de aparatos y los requisitos mínimos para la determinación en laboratorio de las propiedades de transmisión térmica en estado estacionario de los elementos de edificación y elementos similares para su uso industrial”. Se consideran 2 tipos de aparatos, “una cámara térmica de guarda y una cámara térmica calibrada, la que se encuentran previstas para producir las condiciones de contorno convencionales en un espécimen específico (aire atmosférico), cada uno a T° uniforme”.

“Las mediciones se realizan en estado estacionario en cuanto a T° del aire y T° superficial y potencia de entrada por el lado caliente de la cámara. A partir de estas mediciones, se calculan las propiedades térmicas del espécimen. El intercambio de calor en las superficies del espécimen del ensayo involucra tanto elementos convectivos como radiantes. Los primeros dependen de las T° del aire y las emisividades totales hemisféricas superficiales del espécimen y las superficies vistas por la superficie del ensayo. Los efectos de transmitancia de calor por convección y radiación se combinan en el concepto de T° ambiente y de un coeficiente superficial de transmisión de calor”.

ANEXO N°11

DATOS OBTENIDOS ENSAYO DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA: Inicio: 11:42 // Término: 12:42

A. C	A. B	A. D	A. A	28,81	30,06	28,62	33,81	29,75	32	29,81	37	30,69	33,13	30,94	38,38
28,56	27,87	28,19	28,31	28,87	30,12	28,62	33,94	29,75	32,06	29,81	37,13	30,69	33,13	31	38,44
28,56	27,87	28,19	28,19	28,87	30,19	28,69	34,06	29,81	32,06	29,87	37,25	30,75	33,19	31,06	38,44
28,56	27,87	28,19	28,19	28,87	30,25	28,69	34,13	29,81	32,13	29,87	37,19	30,75	33,19	31,06	38,44
28,56	27,94	28,19	28,37	28,94	30,37	28,75	34,25	29,87	32,13	29,94	37,13	30,81	33,25	31,12	38,5
28,56	27,94	28,19	28,56	28,94	30,44	28,75	34,38	29,87	32,19	29,94	37,13	30,81	33,25	31,12	38,5
28,56	28	28,19	28,81	28,94	30,5	28,75	34,44	29,94	32,25	30	37,19	30,87	33,25	31,12	38,56
28,56	28	28,19	29	29	30,56	28,81	34,56	29,94	32,25	30,06	37,25	30,87	33,25	31,19	38,56
28,56	28,06	28,19	29,25	29	30,62	28,87	34,63	30	32,31	30,06	37,31	30,87	33,31	31,25	38,56
28,56	28,12	28,19	29,5	29,06	30,69	28,87	34,69	30	32,38	30,12	37,38	30,94	33,31	31,25	38,56
28,56	28,19	28,25	29,81	29,06	30,75	28,94	34,81	30,06	32,38	30,19	37,44	30,94	33,38	31,31	38,63
28,56	28,25	28,25	30,06	29,12	30,81	28,94	34,94	30,06	32,44	30,19	37,5	30,94	33,38	31,31	38,75
28,56	28,31	28,25	30,31	29,12	30,87	28,94	35,19	30,06	32,44	30,25	37,56	31	33,44	31,31	38,69
28,56	28,37	28,25	30,5	29,12	30,94	29	35,38	30,12	32,5	30,25	37,56	31	33,44	31,37	38,69
28,56	28,5	28,25	30,75	29,19	31	29,06	35,5	30,12	32,5	30,31	37,69	31,06	33,44	31,37	38,75
28,56	28,56	28,25	31	29,19	31,06	29,06	35,56	30,19	32,56	30,31	37,75	31,06	33,5	31,44	38,75
28,56	28,62	28,31	31,19	29,25	31,12	29,12	35,56	30,19	32,63	30,37	37,75	31,12	33,5	31,44	38,81
28,56	28,69	28,31	31,37	29,25	31,19	29,19	35,63	30,25	32,63	30,44	37,81	31,12	33,56	31,5	38,81
28,62	28,75	28,31	31,56	29,25	31,19	29,19	35,63	30,25	32,69	30,44	37,88	31,12	33,56	31,5	38,81
28,62	28,87	28,31	31,75	29,31	31,25	29,25	35,75	30,25	32,69	30,44	37,94	31,19	33,56	31,56	38,75
28,62	28,94	28,31	31,87	29,31	31,31	29,25	35,94	30,31	32,69	30,5	38	31,19	33,56	31,56	38,81
28,62	29	28,31	32,06	29,37	31,37	29,31	36,06	30,31	32,75	30,56	37,94	31,19	33,63	31,62	38,88
28,62	29,12	28,37	32,25	29,37	31,44	29,31	36,13	30,37	32,75	30,56	37,94	31,25	33,63	31,62	38,88
28,62	29,19	28,37	32,38	29,44	31,5	29,37	36,19	30,37	32,81	30,62	38	31,25	33,63	31,69	38,94
28,69	29,25	28,37	32,5	29,44	31,56	29,44	36,19	30,44	32,81	30,62	38,06	31,25	33,69	31,69	38,94
28,69	29,37	28,37	32,69	29,5	31,56	29,44	36,25	30,44	32,88	30,69	38,13	31,31	33,69	31,69	39
28,69	29,44	28,44	32,81	29,5	31,62	29,5	36,25	30,5	32,88	30,69	38,13	31,31	33,69	31,75	39
28,69	29,5	28,44	33	29,5	31,69	29,56	36,31	30,5	32,94	30,75	38,19	31,37	33,75	31,81	39
28,75	29,62	28,44	33,13	29,56	31,75	29,56	36,38	30,56	32,94	30,81	38,13	31,37	33,75	31,81	39
28,75	29,69	28,44	33,25	29,56	31,75	29,62	36,5	30,56	33	30,81	38,19	31,37	33,75	31,81	39
28,75	29,75	28,5	33,38	29,62	31,81	29,62	36,63	30,56	33	30,87	38,25	31,44	33,75	31,87	39
28,75	29,87	28,56	33,44	29,62	31,87	29,69	36,69	30,62	33,06	30,87	38,25	31,44	33,81	31,87	39
28,75	29,94	28,56	33,56	29,69	31,94	29,69	36,81	30,62	33,06	30,94	38,25	31,5	33,81	31,87	39
28,81	30	28,56	33,69	29,69	31,94	29,75	36,88	30,62	33,13	30,94	38,31	31,5	33,88	31,94	39

Anexos

31,5	33,88	31,94	39	32,38	34,5	32,88	39,44	33,06	34,94	33,69	39,63	33,69	35,25	34,31	39,69
31,56	33,88	32	39,06	32,38	34,5	32,94	39,5	33,06	34,94	33,69	39,63	33,69	35,25	34,31	39,69
31,56	33,88	32	39,06	32,38	34,5	32,94	39,5	33,13	34,94	33,69	39,63	33,69	35,25	34,31	39,69
31,62	33,94	32,06	39,13	32,44	34,5	32,94	39,5	33,13	34,94	33,75	39,63	33,69	35,25	34,31	39,69
31,62	33,94	32,06	39,13	32,44	34,5	33	39,5	33,13	34,94	33,75	39,63	33,75	35,25	34,31	39,75
31,62	33,94	32,06	39,06	32,44	34,56	33	39,44	33,13	35	33,75	39,63	33,75	35,31	34,31	39,69
31,69	33,94	32,13	39,13	32,5	34,56	33	39,44	33,19	35	33,75	39,63	33,75	35,31	34,38	39,69
31,69	34	32,13	39,25	32,5	34,56	33,06	39,38	33,19	35	33,75	39,63	33,75	35,31	34,38	39,63
31,69	34	32,19	39,25	32,5	34,56	33,06	39,44	33,19	35	33,81	39,63	33,75	35,31	34,38	39,63
31,69	34	32,19	39,25	32,56	34,56	33,06	39,44	33,19	35	33,81	39,69	33,75	35,31	34,44	39,63
31,75	34	32,19	39,25	32,56	34,63	33,13	39,5	33,25	35	33,81	39,69	33,81	35,31	34,44	39,63
31,75	34	32,25	39,25	32,56	34,63	33,13	39,5	33,25	35	33,88	39,63	33,81	35,38	34,44	39,63
31,81	34,06	32,25	39,25	32,56	34,63	33,13	39,56	33,25	35,06	33,88	39,63	33,81	35,38	34,44	39,69
31,81	34,06	32,31	39,25	32,63	34,63	33,19	39,56	33,25	35,06	33,88	39,63	33,81	35,38	34,44	39,69
31,81	34,06	32,31	39,19	32,63	34,63	33,19	39,5	33,25	35,06	33,88	39,63	33,88	35,38	34,44	39,69
31,87	34,13	32,31	39,25	32,63	34,63	33,19	39,56	33,31	35,06	33,88	39,56	33,88	35,38	34,44	39,69
31,87	34,13	32,38	39,31	32,69	34,69	33,25	39,5	33,31	35,06	33,94	39,56	33,88	35,38	34,5	39,63
31,87	34,13	32,38	39,38	32,69	34,69	33,25	39,5	33,31	35,06	33,94	39,63	33,88	35,38	34,5	39,63
31,94	34,13	32,38	39,38	32,69	34,69	33,25	39,5	33,38	35,13	33,94	39,63	33,94	35,44	34,5	39,63
31,94	34,13	32,44	39,31	32,69	34,69	33,31	39,5	33,38	35,13	33,94	39,56	33,94	35,44	34,56	39,63
31,94	34,19	32,44	39,38	32,75	34,69	33,31	39,5	33,38	35,13	34	39,63	33,94	35,44	34,56	39,63
32	34,19	32,44	39,38	32,75	34,75	33,31	39,44	33,38	35,13	34	39,63	33,94	35,44	34,56	39,63
32	34,19	32,5	39,31	32,75	34,75	33,31	39,5	33,44	35,13	34	39,63	33,94	35,44	34,56	39,63
32	34,25	32,5	39,31	32,81	34,75	33,38	39,56	33,44	35,13	34,06	39,63	33,94	35,44	34,63	39,63
32,06	34,25	32,56	39,31	32,81	34,75	33,38	39,56	33,44	35,13	34,06	39,63	34	35,44	34,56	39,63
32,06	34,25	32,56	39,31	32,81	34,75	33,38	39,56	33,44	35,13	34,06	39,69	34	35,44	34,63	39,63
32,06	34,25	32,63	39,38	32,88	34,75	33,38	39,63	33,5	35,13	34,06	39,69	34	35,44	34,63	39,63
32,13	34,25	32,63	39,44	32,88	34,75	33,44	39,63	33,5	35,19	34,06	39,75	34	35,44	34,63	39,69
32,13	34,31	32,63	39,44	32,88	34,81	33,44	39,63	33,5	35,19	34,13	39,69	34	35,5	34,63	39,69
32,13	34,31	32,63	39,38	32,88	34,81	33,44	39,63	33,5	35,19	34,13	39,63	34,06	35,5	34,69	39,69
32,19	34,31	32,69	39,31	32,94	34,81	33,5	39,56	33,56	35,19	34,13	39,69	34,06	35,5	34,63	39,69
32,19	34,31	32,69	39,31	32,94	34,81	33,5	39,56	33,56	35,19	34,13	39,69	34,06	35,5	34,69	39,63
32,19	34,38	32,75	39,31	32,94	34,81	33,5	39,63	33,56	35,19	34,19	39,69	34,06	35,5	34,69	39,63
32,19	34,38	32,75	39,31	32,94	34,88	33,56	39,56	33,56	35,19	34,19	39,69	34,06	35,5	34,69	39,56
32,25	34,38	32,75	39,25	33	34,88	33,56	39,63	33,56	35,25	34,19	39,69	34,13	35,5	34,75	39,56
32,25	34,38	32,81	39,25	33	34,88	33,56	39,63	33,63	35,25	34,25	39,69	34,13	35,5	34,75	39,56
32,25	34,38	32,81	39,38	33	34,88	33,56	39,63	33,63	35,25	34,25	39,69	34,13	35,5	34,75	39,56
32,31	34,44	32,81	39,44	33	34,88	33,63	39,63	33,63	35,25	34,25	39,69	34,13	35,5	34,75	39,56
32,31	34,44	32,88	39,38	33,06	34,88	33,63	39,63	33,63	35,25	34,25	39,69	34,13	35,56	34,75	39,56
32,38	34,44	32,88	39,38	33,06	34,94	33,63	39,56	33,69	35,25	34,25	39,69	34,19	35,56	34,75	39,56

ANEXO N°12

NORMA NCh 1977: Esta norma, está enfocada a la determinación de combustión con o sin llama dentro de un lapso. Se aplica en revestimientos de edificaciones de carácter textil, tales como alfombras entre otros. Procedimiento:

- Poseer previamente las probetas secadas a T° de 20°C ±2°C, con 65% ± 2% de humedad relativa.
- Colocar cada probeta sobre un sujetador y en su costado un hilo de algodón.
- Colocar la fuente de gas (con llama de 20mm ±1mm) a 50mm de la probeta como mínimo.
- Inclinar en 45° la fuente de gas y ubicarlo a 5mm de distancia de la probeta, de modo que, a 40mm el borde de la probeta se ubique en el centro de ella.
- Someter la prueba a llama por 15 segundos.
- Medir la quemadura más larga desde el inicio de la probeta.
- Exponer 5 probetas a 15 segundos, si arden durante más de 2 segundos, exponer otras 3 pruebas más.

ANEXO N°13

UNE-EN 13501-1: Clasificación de los materiales de construcción en relación al comportamiento que poseen frente al fuego, se aplica a revestimientos rígidos modulares que asumen funciones de membranas de separación.

A1	Los productos de la clase A no contribuirán en ninguna fase del fuego incluida a la correspondencia al fuego totalmente desarrollado. Por esta razón, se supone que son capaces de satisfacer automáticamente todos los requisitos de todas las clases inferiores.
A2	Tienen que satisfacer los mismos criterios que la clase B según la norma UNE-EN 13823. Además, en condiciones de fuego totalmente desarrollado, estos productos no deben contribuir de manera importante a la carga de fuego y al crecimiento de este.
B	Como la clase C, pero satisfaciendo requisitos más estrictos.
C	Como la clase D, pero satisfaciendo requisitos más estrictos. Además, bajo el ataque térmico por un único objeto ardiendo tienen que ofrecer una propagación lateral de la llama limitada.
D	Productos que satisfacen los criterios correspondientes a la clase E y que son capaces

	de resistir durante un período más largo, el ataque de una llama pequeña sin que se produzca una propagación sustancial de la llama. Además, también deben ser capaces de soportar el ataque térmico por un único objeto ardiendo con un retraso y con un desprendimiento de calor limitado.
E	Productos capaces de resistir, durante un período breve, el ataque de una llama pequeña sin que se produzca propagación sustancial de la llama.
F	Productos para los que no han determinado comportamientos de reacción al fuego o que no se pueden clasificar en una de las clases A1, A2, B, C, D o E.
Clasificación adicional según la producción de humo	
s1	Se satisfacen criterios más estrictos que los de la clase s2.
s2	La producción total de humo, así como la velocidad de aumento de la producción de humo están limitadas.
s3	No se requiere ninguna limitación de la producción de humo.
Clasificación adicional según la producción de gotas	
d0	No se producen gotas/ partículas en llamas.

d1	No se producen gotas/partículas en llamas con persistencia superior a un período dado.
d2	No hay limitaciones.

Nota: Recuperado de (ANFAPA, s.f)

ANEXO N°13

CÓMO TEÑIR: Teñido utilizado en esta experimentación:
TEÑIDO TRADICIONAL EN OLLA. Preparación para teñir ½ kilo de algodón:

- *Disolver anilina en agua caliente (1 taza)*
- *Verter anilina disuelta en agua hirviendo*
- *Agregar 200 gr de sal*
- *Mantener la olla a fuego*
- *Introducir material a teñir*
- *Revolver sacando y sumergiendo el contenido durante 30 minutos*
- *Enjuagar con agua fría hasta que deje de salir el colorante*
- *Estrujar a mano el contenido*
- *Secar a la sombra*

(Fuente: Instructivo de teñido, Anilinas MontBlanc).

Procedimiento utilizado para los 3 teñidos realizado, sustituyendo la anilina por producto natural y tinte china.

ANEXO N°14:

SELECCIÓN DESCRIPTORES BIPOLARES UTILIZADOS:

ESTÉTICO FORMAL	INSTRUMENTAL INDICATIVA	SIMBÓLICO SOCIAL
Feo / Bonito	Seguro / Peligroso	Barato / Costoso
Frío / Cálido	Resistente / Frágil	Moderno / Tradicional
Anguloso / Redondeado	Inalterable / Transformable	Formal / Informal
Vistoso / Discreto	Simple / Complejo	Vulgar / Selecto
Tosco / Delicado	Durable / Transitorio	Interesante / Irrelevante
Pesado/ Ligero	Interior / Exterior	Insólito / Habitual
Artesanal / Industrial		Degradable / No degradable

Nota: Recuperado de (Aros, M. Narváez, G. Aros, N. (2009). pp. 1686). (Elaboración Propia).

FORMULARIO APLICADO A ENCUESTADOS:

Edad: _____

Sexo: F _____ // M _____

ATRIBUTO	-3	-2	-1	0	1	2	3	ATRIBUTO
Feo								Bonito
Frío								Cálido
Anguloso								Redondeado
Vistoso								Discreto
Tosco								Delicado
Pesado								Ligero
Artesanal								Industrial
Seguro								Peligroso
Resistente								Frágil
Inalterable								Transformable
Simple								Complejo
Durable								Transitorio
Interior								Exterior
Barato								Costoso
Moderno								Tradicional
Formal								Informal
Vulgar								Selecto
Interesante								Irrelevante
Insólito								Habitual
Degradable								No Degradable