

FACULTAD DE
**ARQUITECTURA
Y URBANISMO**

UNIVERSIDAD DE CHILE



**Desde el residuo:
Al rescate de la cáscara de nuez.**

Memoria para optar al título profesional de Diseñadora Industrial

Estudiante: Dominique Bustamante Puel
Profesor guía: Andrea Wechsler Pizarro
Santiago, 2020

Agradecimientos

A mis padres y mis abuelos, por su apoyo y consideración.

A mis amigas por su apañe y ánimo.

A Nicolás por su empuje y amor.

A la Profesora Andrea Wechsler por su guía y paciencia.

A todas las mujeres que me apoyaron, guiaron e inspiraron en el proceso, en especial a la Andrea Lonkomil, por motivarme a terminar y descubrir que hay más allá.

Agradezco también al equipo de del Centro de Biomateriales y Nanotecnología de la Universidad del Bío-Bío, a Cynthia, Alfredo y Mario por la mejor disposición.

A René Carmona y Natalia del Departamento Ingeniería en Maderas y sus Biomateriales de la Universidad de Chile.

A las peladoras de nueces que compartieron un minuto de su tiempo de la manera más amable.

Índice

Problemática	1
Objetivos de la investigación.....	2
Objetivo general	2
Objetivos específicos	2
Metodología	2
Revisión de literatura	3
Impacto ambiental	3
Ecología y sustentabilidad	5
Ecología.....	5
Ecología Industrial	5
Ecoeficiencia	6
Criterios de selección para la elección de la materia prima....	7
Criterios de selección para la elección del aglomerante.....	8
Criterios de selección para el producto final.....	9
Agroindustria hortofrutícola, Chile a nivel global	10
Industria de la Nuez.....	12
La Nuez	13
Cáscara de nuez	15
Estado del arte y patentes.....	17
Residuos de la agroindustria frutícola.....	17
Material compuesto biobasado en residuos de origen vegetal.	17

Material compuesto biobasado en cáscara de nuez.	21
Aportes de referentes.....	23
Adhesivos para materiales compuestos	24
Métodos.....	26
Objetivos de la investigación	27
Objetivo general.....	27
Objetivos específicos	27
1. Revisión de literatura y selección de criterios.	28
1.1. Entrevista a peladores de nueces.	28
1.2. Preparación de materia prima: procesamiento de la cáscara de nuez.....	28
1.3 Fabricación de probetas, experimentado con adhesivos disponibles.	31
2. Confección del material compuesto	33
2.1. Preparación de la cáscara de nuez.....	33
2.2 Fabricación de tableros del material compuesto	35
3. Ensayos del material.	39
3.1 Ensayos Físicos.	39
3.2 Ensayos Mecánicos.	42
3.3 Resistencia a agentes externos.....	45
3.4 Pruebas de mecanizado.	47
3.5 Moldeado.....	48
3.6 Evaluación mediante un análisis perceptual.....	49
4. Diseño del producto.....	51

4.1 Diseño sostenible y valorización del material.....	51
Resultados y discusión de resultados.	54
1. Identificación y caracterización del residuo y la industria de la nuez.....	54
1.1 Entrevista a peladores.....	54
1.2 Preparación de materia prima y densidad aparente.	55
1.3 Experimentación con adhesivos	56
2. Componer y definir procedimiento del material	57
2.1 Preparación de la cáscara de nuez.....	57
2.2 Fabricación de tableros del material compuesto	58
3. Ensayos del material	59
3.1 Ensayos físicos.....	59
3.2 Ensayos mecánicos.....	63
3.3 Resistencia a agentes externos	67
3.4 Mecanizado.....	70
3.5 Moldeado	71
3.6 Evaluación mediante análisis perceptual.....	72
Ficha técnica del producto	75
4.1 Diseño sostenible y valorización del material.....	76
Juguete:.....	77
Recubrimiento de pared:	83
Conclusiones y Proyecciones	86
Anexos.....	87

Figuras

Figura 1. Características del medio ambiente y criterios de protección (Espinoza G, 2002)3

Figura 2. Criterios de Sustentabilidad por tipo de impacto ambiental (Semarnat, 2017).....4

Figura 3. Superficie comercial por área y región (M. Muñoz, 2016). 13

Figura 4. Paneles compuestos a base de poliuretano a base de aceite de ricino (Wechsler, 2013b)..... 17

Figura 5. Material biobasado de durazno y polipropileno, 18

Figura 6. Tablero basado en cáscara de maní (Materia, 2017a)..... 18

Figura 7. Material compuesto de fibra de cáscara de coco y látex natural (Materia, 2016) 19

Figura 8. Briquetas de carozos: Pulchén (Salazar, 2019) 19

Figura 9. Biogusto, cascarilla de arroz (Montenegro, 2019). 20

Figura 10. Organoid (Materio, 2020) 21

Figura 11. Material compuesto de cáscara de nuez y huevo (Materia, 2017b)..... 21

Figura 12. Nuxite, compuesto de cáscara de nuez y resina epóxica (RustBrothers, 2017)..... 22

Figura 13. Material de cáscara de nuez y PVAc (Parodi Miranda, 2016). 22

Figura 14. Adhesivos convencionales tóxicos (Muñoz, 2019). 24

Figura 15. Adhesivos sintéticos alternativos (Muñoz, 2019)..... 25

Figura 16. Estado de las cáscaras de los peladores. Elaboración propia. 28

Figura 17. Molido. Elaboración propia..... 29

Figura 18. Tamizado. Elaboración propia. 29

Figura 19. Estufa Binder. Elaboración propia. 30

Figura 20. Matriz con material compuesto. Elaboración propia. 32

Figura 21: Molino de multicuchillas Ming Lee. Elaboración propia. 33

Figura 22. Estufa Binder. (Elaboración propia). 34

Figura 23. Termobalanza Precisa. (Elaboración propia). 34

Figura 24. Armado del tablero. (Elaboración propia) 36

Figura 25. Prensa hidráulica Dumont. Elaboración propia. 37

Figura 26. Tablero prensado. Elaboración propia. 37

Figura 27. Sierra Dewalt. Elaboración propia..... 38

Figura 28. Estufa Binder. Elaboración propia. 40

Figura 29. Probetas en ensayo y midiendo su masa. Elaboración propia. 41

Figura 30. Máquina de ensayo universal Instron. Elaboración propia. 42

Figura 31. Ensayo de tracción en ejecución. Elaboración propia. 43

Figura 32..Ensayo de flexión en ejecución. Elaboración propia. 44

Figura 33.Ensayo resistencia a termitas. Elaboración propia. 45

Figura 34. Muestras expuestas a rayos UV. Elaboración propia..... 46

Figura 35. Probetas en ensayo de envejecimiento. Elaboración propia. 46

Figura 36. Probetas cortadas. Elaboración propia..... 47

Figura 37. Herramientas para el mecanizado. Elaboración propia. 47

Figura 38. Moldes de terciado. Elaboración propia. 48

Figura 39. Ejemplo de ilustración y puntuación. Elaboración propia. 50

Figura 40. Formas usadas para la encuesta perceptual. Elaboración propia..... 50

Figura 41. Diseño desde el material. Elaboración propia, basada en(Ashby, 2002) 51

Figura 42. Estructura de información para el diseño de producto. Elaboración propia, basada en (Ashby, 2002)..... 52

Figura 43. Ciclo del pelado de la nuez. Elaboración propia..... 54

Figura 44. Probetas fabricadas en la etapa de experimentación. Elaboración propia. 55

Figura 45. Resultados de la experimentación con adhesivos disponibles. Elaboración propia..... 56

Figura 46. Muestras de polvo de cáscara de nuez y poliuretano biobasado. Elaboración propia..... 56

Figura 47. Tablero espumado. Elaboración propia..... 58

Figura 48. Densidad de A y M. Elaboración propia..... 60

Figura 49. Gráfico de resultados de densidad con la desviación estándar. Elaboración propia. 60

Figura 50. Gráfico de contenido de humedad en base seca. Elaboración propia..... 61

Figura 51. Gráfico de Absorción de agua e Hinchamiento. Elaboración propia..... 62

Figura 52. Gráfico de resistencia a la tracción perpendicular a las caras. Elaboración propia.	63
Figura 53. Desprendimiento de una de las caras en ensayo de tracción perpendicular. Elaboración propia.	64
Figura 54. Gráfico de barras representando el módulo de ruptura. Elaboración propia.	65
Figura 55. Gráfico de barras representando el Módulo de elasticidad. Elaboración propia.	65
Figura 56. Condición A y B respectivamente. Elaboración propia....	66
Figura 57. Probetas expuestas al ataque de termitas, vista lateral. Elaboración propia.	67
Figura 58. Probetas expuestas al ataque de termitas, vista frontal. Elaboración propia.	67
Figura 59. Muestras de material después de un año y medio de estar en contacto con la tierra. Elaboración propia.....	68
Figura 60. Muestras de material después de 1 mes de estar en contacto con la tierra. Elaboración propia.	68
Figura 61. Muestras expuestas a rayos UV. Elaboración propia.....	69
Figura 62. Mecanizado de corte, lijado y perforado respectivamente. Elaboración propia.	70
Figura 63. Moldeado. Elaboración propia.	71
Figura 64. Resultados de la evaluación perceptual. Elaboración propia.	72
Figura 65. Corte y grabado láser. Elaboración propia.....	73
Figura 66. prueba de color y terminación.	74
Figura 67. Prueba de color antes de moldear. Elaboración propia....	74
Figura 68. Arcoíris Waldorf, ejemplo de juguete Montessori (Alupé, 2016).....	77
Figura 69. Bocetos de génesis formal. Elaboración propia.....	78
Figura 70. Muralla estado del arte.	83
Figura 71. Bocetos de recubrimiento de pared. Elaboración propia.	83

Tablas

Tabla 1. Criterios de la ecología industrial (Cervantes Torre-Marín et al., 2009). Elaboración propia.....	5
Tabla 2. Objetivos de la Ecoeficiencia (Lehni et al., 2000).....	6
Tabla 3. Fundamentación del uso de la cáscara de nuez. Elaboración propia.....	7
Tabla 4. Criterios de Selección para el aglomerante. Elaboración propia.....	8
Tabla 5. Criterios de sustentabilidad para el producto final, sumado a criterios propios. Elaboración propia.....	9
Tabla 6. Exportaciones de la agroindustria Hortofrutícola (IdeaConsultora, 2010).	10
Tabla 7. Exportaciones de frutos secos. Obtenida de (ODEPA, 2012).	11
Tabla 8. Exportación de nueces en toneladas. Obtenida de (Alonso, 2015).	12
Tabla 9. Disponibilidad de la nuez. Obtenida de (PortalFrutícola, 2012).	13
Tabla 10. Características físicas. Obtenida de (Kuhmichel, 2009).....	15
Tabla 11. Caracterización química. Obtenida de (Cristofanini & Melo, 1992; Cuervo et al., 2009).....	16
Tabla 12. Resumen de Estado del arte. Elaboración propia.	23
Tabla 13. Resumen de métodos. Elaboración propia.....	26
Tabla 14. Manipulación de adhesivos tóxicos. Elaboración propia. .	31
Tabla 15. Información de manipulación de adhesivos no tóxicos. Elaboración propia.....	31
Tabla 16. Formulación de mezclas generales. (Elaboración propia).	35
Tabla 17. Dimensionado. Elaboración propia.	38
Tabla 18. Matriz de Pugh elaborada para la comparación de propuestas de diseño. Elaboración propia.....	53
Tabla 19. Resultados de análisis de tamaño de partícula. Elaboración propia.....	57
Tabla 20. parámetros de confección de tableros y observaciones. Elaboración propia.....	58
Tabla 21. Resultados de la determinación de densidad. Elaboración propia.....	59

Tabla 22. Resultados de contenido de humedad en base seca. Elaboración propia.	61
Tabla 23. Resultados de hinchamiento y absorción de agua. Elaboración propia.	62
Tabla 24. Resultados a la tracción perpendicular. Elaboración propia.	63
Tabla 25. Resultados de flexión.....	64



Problemática

En Chile la producción de nueces ha ido en aumento, obteniendo protagonismo en el mercado internacional, posicionándose como el país con la mayor tasa de crecimiento productivo medio anual y 2° lugar de exportaciones a nivel mundial. Generó una cantidad de 75 mil toneladas de nueces el año 2016, y proyectándose para el año 2019 un alza a 90 mil toneladas (Bianchini, 2017), pero se superaron las expectativas alcanzando un total de 135.619 de toneladas para dicho año (Chilenut, 2020).

Dado que existe un gran número de exportaciones de nueces sin cáscara, que equivalen al 50% de su peso (F. L. Meza, Gamalier, 2005), se generan como subproductos grandes cantidades de cáscara que ascienden a 19 mil toneladas en el año 2015 (Uribe, 2016).

La cáscara de nuez actualmente se vende a muy bajo costo, alrededor de 10 a 13 pesos el kilo (Diego, 2017) para ser usada como biocombustible, pero la quema de residuos agrícolas trae consigo efectos ambientales negativos, siendo responsables del 40% de las emanaciones de dióxido de carbono y del 32% de monóxido de carbono, gas muy peligroso y nocivo para la salud (Kambis & Levine, 1996).

Además de ser subutilizada como biocombustible, también se usa para decoración de caminos y jardines o es acumulada como desecho en las industrias o vertederos, contaminando espacios y al mismo tiempo, atrayendo vectores como hongos, mosquitos a localidades aledañas.

La oportunidad del proyecto está en rescatar la cáscara de nuez para el desarrollo de un material compuesto, valorizando el residuo y aportando el cambio desde la cadena lineal que existe hoy, a un modelo de ciclo más largo, circular y más consciente.

De ésta forma se puede aprovechar las propiedades de la materia prima como su alta resistencia a la humedad, por su alto contenido en lignina, doblando los valores del pino radiata (Horvath, 2006). En la misma línea, puede ser beneficioso sustituir materiales más nocivos como tableros de partículas que son aglomerados con formaldehído, un carcinógeno humano (Niehs, 2016).

Objetivos de la investigación

Objetivo general

La finalidad de este proyecto de investigación es rescatar y aumentar el valor de los desechos de la industria de la nuez para desarrollar un material compuesto basado en la cáscara de nuez que sea medioambientalmente sustentable e indagar en las potenciales aplicaciones de diseño explotando las cualidades encontradas.

Objetivos específicos

1. Caracterizar y definir los componentes del material a desarrollar con el fin de reducir los impactos ambientales que genera la industria de la madera.
2. Componer y definir el procedimiento para la fabricación del material compuesto por el residuo y el aglomerante ya seleccionado.
3. Evaluar las características físicas, mecánicas, de trabajabilidad y de envejecimiento del material compuesto.
4. Validar el material mediante potenciales aplicaciones de diseño

Metodología

Esta investigación está distribuida en 3 etapas: La etapa A. “Revisión literaria y selección de criterios”, se realizó una exploración por diferentes conceptos significativos con el fin de elegir criterios de diseño para componer un material de bajo impacto y respetuoso con el medioambiente, aparte se incluyó una descripción de la industria de la nuez a nivel nacional y global, se llevó a cabo la caracterización de la cáscara, se entrevistó a peladores de nueces y se realizó una breve experimentación con aglomerantes locales. El propósito de esta primera etapa es cumplir el objetivo 1.

Posteriormente en la etapa B. “Experimentación”, se conformó el material y se realizaron todos los ensayos pertinentes: físico-mecánicos, trabajabilidad, moldeado y envejecimiento con el fin de desarrollar los objetivos 2 y 3.

Para finalizar, se realizó la etapa C. “Validación”, que busca comprobar el material mediante la búsqueda de aplicaciones potenciales que rescaten sus propiedades.

Revisión de literatura

En este capítulo se revisarán temas que sustentan las bases del proyecto de título, dando parámetros para la posterior utilización de criterios.

Impacto ambiental

“Conjunto de posibles efectos sobre el medio ambiente de una modificación del entorno natural, como consecuencia de obras u otras actividades (RAE, 2017).”

El concepto impacto hace alusión a alterar algo en base a una acción o golpe, en el caso del impacto ambiental esto se define como la acción de dejar huellas o señales dentro del medioambiente, en consecuencia, se altera algún factor ambiental lo que modifica su valor esencial. Dentro de sus efectos se presenta el daño a la biodiversidad y contaminación de cualquier tipo, que influye tanto al medioambiente, la salud y el bienestar personal.

En la industria, el impacto ambiental puede provenir de proyectos y/o actividades, por lo tanto cualquier acción susceptible de realizar un efecto en el medio ambiente, en cualquiera de sus etapas, deberá someterse a la Evaluación de impacto ambiental (EAI), el que se define como “una herramienta para que los tomadores de decisiones identifiquen los posibles impactos ambientales de los proyectos propuestos, a fin de evaluar los enfoques alternativos, y de diseñar e incorporar medidas adecuadas de prevención, mitigación, gestión y monitoreo (FAO, 2012).”

El responsable de evaluar el impacto ambiental es el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), quién controla si la empresa se ajusta dentro de los límites rigentes normativos. Para esta tarea se basa en la Declaración de impacto ambiental o en el Estudio de impacto ambiental que “evalúa y permite corregir las acciones humanas y evitar, mitigar o compensar sus eventuales impactos ambientales negativos, actuando de manera preventiva en el proceso de gestión (Espinoza G, 2002).”

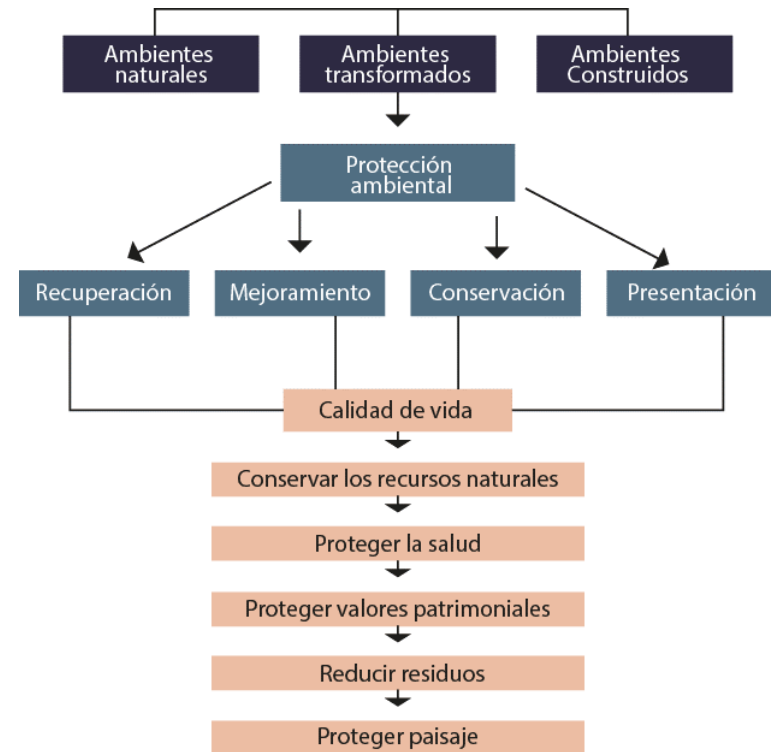
La declaración de impacto ambiental es el documento descriptivo, entregado bajo juramento, de la actividad y/o proyecto a realizar o de

los cambios que se ejecutarán en la empresa susceptible a impacto ambiental de cualquier nivel. El contenido de éste posibilita al SEA tener conocimiento si está dentro de la norma vigente (GRN, 2015)

Con el mismo propósito, el estudio de impacto ambiental es un documento con una recopilación de los puntos que refiere a actividades o proyectos, pero descritos detalladamente proporcionando además proyecciones sobre las mismas, identificando e interpretando el impacto ambiental que pueda presentar, para así expresar las acciones que minimice y mitigue los efectos del impacto ambiental efectuado.

Los criterios de protección para mitigar y asegurar el medioambiente se basan en el siguiente planteamiento:

Figura 1. Características del medio ambiente y criterios de protección (Espinoza G, 2002)



Existen 3 tipos de impacto según su origen (GRN, 2015):

Impacto ambiental por utilización de recursos naturales: Renovables como el aprovechamiento forestal o pesca o no renovables como extracción de combustible fósil. Los dos tienen por objetivo una disminución de tal utilización, para evitar la sobreexplotación y evitar el agotamiento de fuentes no renovables.

Impacto ambiental por ocupación de territorio: Cualquier proyecto o actividad que ocupen territorio físico y que modifiquen las condiciones medioambientales por hechos como: compactación de suelo y tala de árboles entre otros ejemplos.

Impacto ambiental por contaminación: Se puede resumir en cualquier tipo de proyecto que produzca residuos peligrosos o no, emitan gases o viertan líquidos al medioambiente. Para reducir estos impactos tenemos como objetivo evitar la contaminación por arriba del límite.

Los objetivos para reducir estos 3 impactos señalados nos llevan a un desarrollo sustentable y respetuoso con el medio ambiente.

Figura 2. Criterios de Sustentabilidad por tipo de impacto ambiental (Semarnat, 2017).



Ecología y sustentabilidad

Ecología

“Es una ciencia de síntesis que combina conocimiento de distintas disciplinas con puntos de vista propios, los que finalmente convergen en un tronco común: “El estudio de las relaciones entre los seres vivos y su medio ambiente (López & Chagollan, 2006).”

Ecología Industrial

En el contexto de la alta contaminación mundial en conjunto con el impacto ambiental grave desde la industria, la ecología industrial nace por la necesidad de cambiar el ciclo lineal de los productos desde; el origen natural, hasta los residuos que quedan del producto una vez ya utilizado, pasando por las etapas de materia prima, producto y desechos del producto.

La ecología industrial tiene como objetivo optimizar los recursos, tales como subproductos y desechos de cada etapa del ciclo en línea, para transformar el proceso e integrarlo a un ciclo circular y simbiótico, donde los residuos de la cadena no permanezcan como simples desperdicios, sino más bien, sean redirigidos para producir nuevos elementos o aportar de alguna manera al ahorro energético optimizando el consumo de energía.

Basado en la industria de producción masiva de bienes y servicios donde todo es desechable, nos encontramos con que la cadena de producción se encuentra atosigada por la explotación de recursos y existe una falta de optimización de desechos. La ecología industrial llega a solventar de alguna manera el sobre impacto, convirtiéndolo en un sistema industrial sustentable, ya que busca asimilar la conducta de un ecosistema natural, incrementando las relaciones del contexto de la economía, lo social y lo medioambiental, con el objetivo de maximizar la eficiencia del proceso industrial (Cervantes Torre-Marín, Sosa Granados, Rodríguez Herrera, & Robles Martínez, 2009).

Por un lado, hay otros criterios de la ecología industrial expuestos por Cervantes (Tabla 1), que obedecen a maximizar el uso de recursos y energía, y a mejorar la relación entre recursos y medioambiente, aumentando también variables como la ecoeficiencia. Por lo que se necesita conocer el concepto de Ecoeficiencia, que desarrolla estos criterios integralmente para una gestión ambiental adecuada, con el objetivo de bajar el impacto ambiental al comportamiento en ausencia de los principios de la ecología industrial.

Tabla 1. Criterios de la ecología industrial (Cervantes Torre-Marín et al., 2009). Elaboración propia.

Criterios de Ecología industrial	
1	Tendencia a un sistema industrial de ciclo cerrado
2	Ahorro en la extracción y uso de recursos naturales
3	Obtención de energía de fuentes renovables
4	Ecoeficiencia
5	Desmaterialización de la economía
6	Inclusión de costos ambientales en los productos o servicios
7	Generación de redes entre las entidades participantes y el entorno
8	Generación y mejora de puestos de trabajo

Por otro lado también da cuenta que en la aplicación de la ecología industrial, existen criterios establecidos para realizar el cambio a un sistema circular e integrado (Erkman, 2001). Éstos se relacionan con los anteriores expuestos, resumiéndolo en 4 objetivos:

- 1) Los desechos y subproductos deben explotarse sistemáticamente.
- 2) La pérdida causada por la dispersión debe ser minimizada.
- 3) La economía debe desmaterializarse (eficiencia de producción).
- 4) La energía debe depender menos de los hidrocarburos fósiles.

Ecoeficiencia

World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) es una organización global de más de 200 empresas líderes que trabajan juntas para acelerar la transición hacia un mundo sostenible (WBCSD, 2017) y define que ***“La ecoeficiencia se logra mediante la entrega de bienes y servicios a precios competitivos que satisfacen las necesidades humanas y aportan calidad de vida, reduciendo progresivamente los impactos ecológicos y la intensidad de los recursos a lo largo del ciclo de vida a un nivel tal que se alinee con la capacidad de carga estimada del planeta.(WBCSD, 2006)”***. En otras palabras, se entiende que el objetivo es crear más valor en los productos y en su producción con un impacto ambiental menor.

Para mejorar e implementar la ecoeficiencia en la industria, se demuestran necesarios los siguientes puntos (FFA, 2010):

- Reduce el despilfarro de los recursos mediante la mejora continua.
- Reduce el volumen y toxicidad de los residuos generados.
- Reduce el consumo de energía y las emisiones contaminantes.
- Se reducen los riesgos de incumplimiento de las leyes y se favorecen las relaciones con la administración competente.

Para entender de mejor manera los objetivos de la ecoeficiencia, se complementa a las ideas de Lehni que se demuestran en la Tabla 2.

Entonces se concluye que en un sistema, el aumento de la ecoeficiencia es la manera principal de contribuir al desarrollo sostenible, como también, aumenta la idea de transformarse en un elemento de primer orden en el diseño de estrategias empresariales (FFA, 2010).

Tabla 2. Objetivos de la Ecoeficiencia (Lehni et al., 2000)

Objetivos de la Ecoeficiencia	
Reducción del consumo de recursos	Para minimizar el uso de energía, materiales, agua y tierra, mejorar la reciclabilidad y la durabilidad del producto, y cerrar los bucles de material.
Reducción del impacto en la naturaleza	Para minimizar las emisiones atmosféricas, las descargas de agua, la eliminación de desechos y la dispersión de sustancias tóxicas, así como para fomentar el uso sostenible de los recursos renovables.
Aumentar el valor del producto o servicio	Para que, a través de la funcionalidad del producto, la flexibilidad y la modularidad, se proporcionen servicios adicionales, centrándose en la venta de las necesidades funcionales que los clientes realmente quieren.

Criterios de selección para la elección de la materia prima.

A continuación, se analizan todos los criterios y se seleccionan los pertinentes y aplicables al proyecto. Éstos se resumen y se explican en la siguiente tabla:

Tabla 3. Fundamentación del uso de la cáscara de nuez. *Elaboración propia.*

Tema	Criterio	Aplicación del criterio
Impacto ambiental	Conservar recursos naturales	Obedece a la utilización de residuos de la industria de la nuez como materia prima de otra cadena de producción.
Impacto ambiental	Reducir residuos	
Ecología industrial	Tendencia a sistema industrial ciclo cerrado	
Ecología industrial	Ahorro en la extracción y uso de recursos naturales	
Ecoeficiencia	Reducción de la intensidad de uso de materias primas	
Ecoeficiencia	Fomento de la reutilización y reciclaje de los materiales	
Ecoeficiencia	Optimización de recursos naturales	
Ecoeficiencia	Minimización de residuos y sustancias tóxicas	Relación a la parte social, proveniente de los peladores de cáscara de nuez que tendrán nueva fuente de trabajo o de ingresos participando de la nueva cadena de producción.
Ecología industrial	Generación de redes entre las entidades participantes y el entorno	
Ecología industrial	Generación y mejora de puestos de trabajo	
Ecología industrial	Evitar sobreexplotación de recursos	Siendo una opción al uso de tableros aglomerados y por ende de sobreexplotación de suelos y tala de árboles.

Para la elección de la materia prima se justifica en los criterios vistos en la Revisión de literatura, unidos en la Tabla 3 y exponiendo como éstos pueden ser aplicados.

1. “Obedece a la utilización de residuos de la industria de la nuez como materia prima de otra cadena de producción”.

La cáscara de nuez es sólo un residuo del ciclo productivo de su industria, por lo que insertarla a otro ciclo de producción es un beneficio social, económico y medioambiental.

2. “Relación a la parte social, proveniente de los peladores de cáscara de nuez que tendrán nueva fuente de trabajo o de ingresos participando de la nueva cadena de producción.”

Después del catastro de la postura de los peladores, se piensa en la intención de incluir a estos trabajadores, comprándole la cáscara o participando de la primera fase de limpiado, ya que está a su alcance y hay una disposición a una nueva fuente de ingreso monetario.

3. “Siendo una opción al uso de tableros aglomerados y por ende de sobreexplotación de suelo y tala de árboles.”

El material compuesto desarrollado en este documento se comparó con el tablero de partículas MDF y es una potencial alternativa a reducir considerablemente los 3 tipos de impacto según su origen, lo que están planteados en el apartado de Impacto ambiental.

Criterios de selección para la elección del aglomerante.

Para la elección del aglomerante se reunieron y relacionaron los criterios en la Tabla 4 para considerar como se podía aplicar el criterio, teniendo como resultado que el aglomerante debería cumplir con la totalidad o la mayoría de los siguientes puntos.

1. Sin emisiones de formaldehído.
2. No tóxico.
3. Consumo mínimo de energía en el proceso.
4. Biodegradable en condiciones compostables y/o reutilizable.
5. No basados en petróleo.
6. Curado a baja temperatura y procesos escalables en una producción menor.
7. Bajo costo.

Para efectos de experimentación y posterior elección también se tomaron en cuenta otros factores importantes y decisores como la disponibilidad de aglomerantes y su accesibilidad dentro del contexto.

Tabla 4. Criterios de Selección para el aglomerante. Elaboración propia.

Tema	Criterio	Aplicación del criterio
Impacto ambiental	Proteger la salud	-Sin emisiones de formaldehído. -No tóxico.
Ecología industrial	Evitar contaminación por arriba del límite	
Ecoeficiencia	Reducción del daño a la salud humana y el medioambiente	-Consumo mínimo de energía en el proceso.
Ecoeficiencia	Minimización de residuos y sustancias tóxicas	Biodegradable en condiciones compostables, reutilizable.
Ecología industrial	Evitar sobreexplotación de recursos	No basados en petróleo, ni fuentes no renovables.
Ecología industrial	Obtención de energía de fuentes renovables	
Ecología industrial	Energía dependiendo menos de hidrocarburos fósiles	
Características deseadas del adhesivo	Reducción de energías participantes en el proceso	Curado a baja temperatura y procesos escalables a producción menor.
	Precios alcanzables acorde a adhesivos tóxicos utilizados en tableros existentes.	Bajo costo

Criterios de selección para el producto final.

Para el producto final se propone reducir los residuos, aprovecharlos en un objeto no desechable y esto se podía traducir también en poseer características biodegradables, resistencia a la humedad para perdurar en el tiempo o tolerar de manera aceptable los esfuerzos mecánicos que le permitiera su uso.

También se buscó cumplir con criterios de evaluación ligados a la producción del material y del producto final, tales como la reducción de intensidad en uso de energías, cómo por ejemplo evitar el uso de maquinaria compleja o industrial de bajo consumo eléctrico. Además, se le suman criterios importantes con relación al diseño, como agregar valor de alguna forma al producto final a través de la forma, del proceso, del uso o de la difusión informativa sobre un material innovador en base a residuos.

Tabla 5. Criterios de sustentabilidad para el producto final, sumado a criterios propios. Elaboración propia.

Tema	Criterio	Aplicación del criterio
Ecoeficiencia	Reducción de intensidad en uso de energía	En el proceso de manufactura del material <u>biobasado</u> en cáscara de nuez.
Ecoeficiencia	Aumentar el valor del producto	Producto con valor agregado.
Ecología industrial	Generación de redes entre las entidades participantes y el entorno	Con relación a la proyección de producción en masa del material <u>biobasado</u> en cáscara de nuez.
Ecología industrial	Generación y mejora de puestos de trabajo	
Características deseadas del material	Reducir residuos sin ser desechable	Biodegradable bajo condiciones de compostaje.
		Resistencia a la humedad.
		Resistencia mecánica aceptable para el producto final.

Agroindustria hortofrutícola, Chile a nivel global

Actualmente el sector agroindustrial hortofrutícola muestra un crecimiento activo en el comercio internacional desde décadas anteriores y cuyas exportaciones tienen un aumento considerable y sostenido a lo largo de los años. Así, desde el año 1996 al año 2006 la exportación de la industria alimentaria chilena aumentó un 6,6% a nivel mundial, pasando de US\$371,1 millones en el año 1996 a US\$703,8 millones en el año 2006. En cuanto a las exportaciones de la industria hortofrutícola global en su línea de procesados como conservas, congelados, jugos, aceites y deshidratados se muestra un aumento de 159% entre el periodo de 2001 al 2009, 13.3% de aumento por año en promedio (ITC, 2010).

En volumen correspondería a 81,58 millones de toneladas de exportaciones el año 2001 y 103,84 millones de toneladas en el año 2009, donde Chile ocupó un 1,16% de esta cifra y un 0,64% de lo valorizado en exportaciones globales (ITC, 2010).

En orden de valor de exportaciones de Chile al mundo, está en primer y segundo lugar minerales y cobre, luego de eso se encuentra la industria hortofrutícola con US\$6,3 MM de exportación al año 2018, aumento sostenido desde el 2001.

El universo de la agroindustria hortofrutícola se encuentra categorizados de la siguiente manera:

- Conservas de frutas y hortalizas.
- Productos hortofrutícolas congelados.
- Productos hortofrutícolas deshidratados.
- Jugos de frutas y hortalizas.
- Aceites de frutas y hortalizas.

La Tabla 6 muestra las cifras de exportaciones en el año 2010.

Se da cuenta que la sección de conservas lleva la delantera en lo que se refiere a volumen, pero en la categoría de productos hortofrutícolas se destaca el título que Chile ocupa entre los países exportadores donde ocupaba el lugar número 8 en el año 2012 (IdeaConsultora, 2012). Esto puede ser debido a que es un mercado en alza por la calidad del producto entregado y reconocido mundialmente, en especial la sección de frutos secos, que sólo desde el año 2009 al 2011 tuvo un aumento de 38% aproximadamente, como se muestra en la Tabla 7. Exportaciones de frutos secos. Obtenida de (ODEPA, 2012).

Tabla 6. Exportaciones de la agroindustria Hortofrutícola (IdeaConsultora, 2010).

Categoría	Exportado en toneladas	Exportado en miles de US\$ de FOB
Conservas de frutas y hortalizas	281.473	335.379
Congelados de frutas y hortalizas	111.428	274.483
Productos hortofrutícolas deshidratados	160.753	452.488
Jugos de frutas y hortalizas	96.053	181.945
Aceites de frutas y hortalizas	4.308	21.464

La Tabla 7 muestra una destacada producción de nueces tanto en volumen y como en valores, los que han ido aumentando sostenidamente, transformándose en un 64.25% del total del volumen de frutos secos y en un 84.13% del total en valor de exportaciones.

Tabla 7. Exportaciones de frutos secos. Obtenida de (ODEPA, 2012).

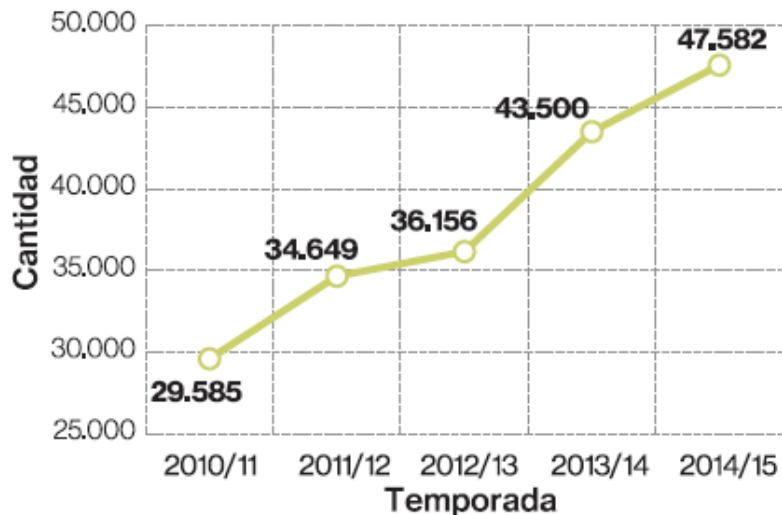
Productos	Volumen (toneladas)				Valor (miles de US\$ FOB)*			
	2009	2010	2011	Var % 11/10	2009	2010	2011	Var % 11/10
Frutos secos (total)	30.196	30.461	41.529	36,3	130.542	208.652	274.630	31,6
Almendras con cáscara	766	444	503	13,3	2.422	1.868	2.055	10,0
Almendras sin cáscara	7.681	6.245	8.800	40,9	34.003	39.344	54.429	38,3
Avellanas con cáscara	2.671	2.203	5.000	126,9	6.372	6.422	15.776	145,6
Avellanas sin cáscara	44	48	109	129,4	249	316	835	164,4
Castañas, frescas o secas	733	124	422	239,6	665	108	544	404,5
Los demás cocos, excepto secos	1	1	5	326,5	11	14	12	-12,9
Nueces de marañón	0	180	0	-100,0	0	840	0	-100,0
Nueces de nogal con cáscara	11.458	12.833	17.754	38,4	32.379	56.876	80.910	42,3
Nueces de nogal sin cáscara	6.790	8.379	8.931	6,6	52.093	102.826	120.014	16,7
Pistachos, frescos o secos	51	3	4	21,7	2.347	34	49	44,2
Los demás frutos de cáscara	1	1	1	-4,9	1	5	7	52,1

Industria de la Nuez

La demanda de la nuez a nivel global ha aumentado considerablemente, pasando de un consumo per cápita de 50 gramos en el año 2004, a un consumo de 80 gramos para el año 2014 y proyectándose a 260 gramos para el año 2050 (ProChile, 2017).

La Tabla 8 demuestra que hace cinco años, Chile se consolidaba mundialmente como el sexto productor de nueces, pero tercero como exportador (1° lugar EE. UU., 2° Ucrania), teniendo en ese entonces una cifra de 47.582 toneladas de nueces exportadas. Así, en 5 años aumentó la cifra en un 60,8%, abarcando plantaciones de más de 37 mil hectáreas, creciendo en cada año alrededor de 2500 ha. productivas, todo esto debido al cambio favorable de la entrada al comercio de Corea del Sur y China en el ámbito de nueces sin cáscaras

Tabla 8. Exportación de nueces en toneladas. Obtenida de (Alonso, 2015).



En paralelo, el Consejo Internacional de Nueces y Frutos Secos en su cuenta anual del año 2018, posiciona a Chile como tercer productor de nueces con un 8% del total y destacó además que posee el mayor incremento de producción mundial frente al promedio de los anteriores 10 años (INC, 2018).

Asimismo, en el año 2017 se comercializaron 271,600 millones de toneladas de nueces con cáscara en todo el mundo, de las cuales el 51% fueron exportadas por los Estados Unidos y el 21% siguiente por Chile, posicionándose como segundo exportador mundial de nueces (INC, 2018).

Con el aumento de producción y exportación, aumentan también los beneficios sociales como espacios de trabajos destinados en PYMES mayoritariamente, empleando más de 10 mil puestos de trabajo.

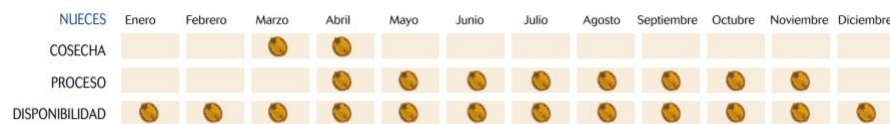
Esta industria además se introduce en un sistema de organizaciones por comités, que se materializa con la generación de Chilenut, caracterizándose como la “Asociación gremial de Productores y Exportadores de Nueces de Chile distribuidos entre la cuarta y la novena región, así como a asesores privados y viveristas ligados a la industria de los frutos de nuez. La entidad representa actualmente al 55% de la superficie nacional plantada con frutos de nuez y al 20% de la fuerza exportadora de Chile” (Chilenut, 2017). Esto nace con intenciones de representar el gremio, promocionar, reforzar y transparentar la información existente de cultivo para un mejor desarrollo de la industria (Bravo, 2010).

La Nuez

Entre las variedades que existen, encontramos Chandler, Serr, Hartley, Howard, Franquette, Amigo, Chico, Tulare, Sunland y Vina, siendo las más utilizadas las del tipo Serr, Chandler y Howard, que se usa y exporta en altas cantidades en su estado descascarado, siendo por excelencia la variedad Chandler para este uso en el medio.

La presencia de la nuez en la industria es de ciclo anual desde la cosecha, procesabilidad y disponibilidad. La cosecha se desarrolla a mediados de marzo para las variedades más tempranas y a mediados abril las más tardías, encontrándose en fase de proceso la mayor parte del año.

Tabla 9. Disponibilidad de la nuez. Obtenida de (PortalFrutícola, 2012).



Entre los beneficios de la producción de la nuez, se encuentra la característica de ser un producto de contra estación, permitiendo ser una fuente de ingreso a personas de localidades cercanas a esta industria en los meses que la producción y procesamiento de uva está inactiva.

Una de las actividades remuneradas más requeridas en esta industria es el partido de nueces, porque si bien existe el partido mecanizado, el partido manual es mucho más preciso por la calidad final.

El trabajo de partir las nueces es una entrada de dinero extra para las familias aledañas a campos e industria de la nuez. Por ejemplo, en una localidad de la Región de Coquimbo, Monte Patria, el procedimiento consta de transportar las nueces con cáscara desde las empresas dedicadas a las nueces hasta los hogares de 235 familias (Montepatrino, 2017)

Desde la comodidad de sus casas, personas mayores y dueñas de casa en su mayoría, parten las nueces entregando sólo el fruto al mismo proveedor que las transporta devuelta a la empresa.

Todos estos trabajadores son debidamente capacitados e implementados para la labor a efectuar, por los altos estándares de calidad requeridos para consumo y exportación (Montepatrino, 2017). La producción de nuez se encuentra presente desde la Región de Atacama hasta la Región de los Lagos, concentrándose desde las regiones IV y VII, destacando por lejos la Región metropolitana con una superficie comercial de 12,48 miles de hectáreas en el año 2016 (Marcelo Muñoz, 2016). Agregando además que existe aumento en superficies de plantación de nogales en todas las regiones mostradas en Figura 3. Superficie comercial por área y región (M. Muñoz, 2016). exceptuando la Región de Atacama y la Región de los Ríos, donde hay un retroceso.

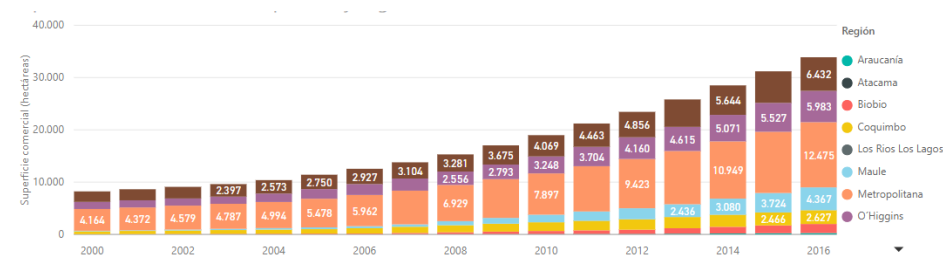


Figura 3. Superficie comercial por área y región (M. Muñoz, 2016).

El fruto del nogal se divide en 4 partes:

1. Pelón: Es la parte más externa del nogal y consta de mesocarpio externo y epicarpio. Un indicador de que la nuez está madura para poder cosechar es la apertura de esta capa, ya sea resquebrajándose o abriéndose.

2. Cáscara: Consta de mesocarpio interno más endocarpio, es la capa que protege la semilla de agentes externos. Entre ésta y la semilla, se encuentra el tejido de embalaje, que envuelve la pulpa (Lemus, 2001). La relación cáscara/semilla va desde el 41% a 51% en las variedades descritas en la sección anterior (F. Meza & Lemus, 2005)

3. Semilla o pulpa: Es la parte comestible del fruto que “está rodeado por el endospermo en la fruta madura, el que permanece como una película membranosa entre el embrión y la cubierta de la semilla. Cada uno de los cotiledones del embrión es bilobulado y cada lóbulo está doblado hacia sí mismo. Toda esta semilla se encuentra cubierta por los tegumentos (Asagrin, 2014)”. Está formada por dos cotiledos, llamados comúnmente mariposas.

4. Tejido de embalaje o septum: Es una capa delgada que recubre la semilla, replegándose y rodeando.



Cáscara de nuez

Caracterización física

La cáscara al representar de un 41% a 51% aproximadamente el peso total del fruto (Meza and Lemus, 2005), puede otorgar un estimado del residuo en toneladas. En el año 2015 este estimado alcanzó la cifra de 19 mil toneladas sólo contando con las exportaciones de nueces sin cáscara, logrando un gran margen de producción en ese año con 77 mil toneladas. Si se restan las exportaciones de nueces con cáscara y sin cáscara que resultan en 51,23 mil toneladas, se obtiene finalmente 25,76 mil toneladas que no se consideran.

En términos de caracterización física, la cáscara de nuez de la especie *Juglans Regia*, posee las siguientes propiedades:

La densidad aparente es un dato muy importante para la fabricación del material, pero cómo la información entrega un rango, realiza un cálculo posteriormente.

Tabla 10. Características físicas. Obtenida de (Kubmichel, 2009)

Característica física	
Dureza	2,5-3,5 Mohs aprox.
Peso específico	1,0-1,2 g/cm ³ aprox.
Densidad aparente	0,6 – 0,8 g/cm ³
Temperatura de ignición	170°C aprox.
Temperatura de autoignición	270°C aprox.
Forma de grano	Angular
Origen	Vegetal, orgánico, biodegradable y ecológico.
Solubilidad	Insoluble al agua
Frente a combustión	Emite CO ₂
pH	neutro
Cuidados	No es peligroso para la salud, pero por seguridad por material particulado se requiere mascarilla y protección ocular.

Caracterización química.

En caracterización química de la cáscara de nuez, se puede mostrar que contiene alto contenido en potasio y calcio, y una menor cantidad de fósforo y sodio, tal como se muestra en la Tabla 11.

Por otra parte se encuentra que el contenido de celulosa, componente principal de la pared celular, se encuentra en los rangos de 25-30% (Cuervo, Folch, & Quiroz, 2009) comparado a maderas, donde los rangos oscilan comúnmente de 38 a 50% (Hubbard, Biles, & Mayfields, 2007)

En el caso de la hemicelulosa, que al igual que la celulosa conforman la pared celular, la cáscara tiene un contenido mucho mayor casi duplicándolo, ya que en la cáscara presenta de 25 a 30% (Cuervo et al., 2009), mientras en el pino radiata que se da en Chile presenta alrededor de 16,4% (Cristofanini & Melo, 1992).

También, la cáscara de nuez posee un porcentaje entre 30-40 de lignina (Cuervo et al., 2009), que es el segundo mayor componente de la pared celular, actuando como aglomerante de las células fibrosas y tiene como cometido dar rigidez. Entre sus múltiples funciones están aumentar impermeabilidad a la pared celular y proteger el material lignocelulósico de microorganismos, comportándose como fungicida (EcuRed, 2012).

La lignina presente en maderas como pino radiata es un 27% (Chávez-Sifontes & Domine, 2013) y en comparación a la cáscara de nuez, se puede decir que la cáscara se comporta de mejor manera frente a la humedad, dándole una ventaja por sobre la madera.

Se puede concluir que la cáscara puede tener mejor resistencia al agua, comparándola con maderas como el pino radiata.

Tabla 11. Caracterización química. Obtenida de (Cristofanini & Melo, 1992; Cuervo et al., 2009).

Material	% Celulosa	% Hemicelulosa	% Lignina
Cáscara de nuez	25-30	25-30	30-40
Pino radiata	53,7	16,4	27,1

Determinación	ppm
Nitrógeno	2,22
Fósforo	219
Potasio	1761
Calcio	1978
Magnesio	27,8
Sodio	905
Hierro	71,5
Zinc	10,3
Manganeso	13,8
Cobre	0,61

Estado del arte y patentes

Residuos de la agroindustria frutícola.

En la agroindustria frutícola, se generan dos tipos de residuos: líquidos y sólidos. Para efectos de esta investigación se enfocará en los residuos sólidos y de origen vegetal, ya que aplica al caso de estudio que es la cáscara de nuez.

Los residuos sólidos de origen vegetal, pueden provenir de las fases tratamiento y procesamiento de; limpieza, lavado, partido, corte, deshuesado y descorazonado de los frutos, donde podemos encontrar restos de frutas o frutas podridas, cuescos, cáscaras y hojas, que son vistos como desechos, destinados en gran mayoría a vertederos y usados en alimento para animales o abono (CONAMA, 1998).

El manejo o mal control de estos residuos puede tener un impacto ambiental por contaminación en sus tres tipos (aire, suelo y agua), generando malos olores, contaminando cauces de agua y también el terreno, atrayendo también plagas, hongos y otros vectores que pueden afectar tanto a la industria como a la población.

Hoy en día, se busca valorizar estos subproductos para incorporarlos a una nueva cadena productiva.

Material compuesto biobasado en residuos de origen vegetal.

Algunos ejemplos de materiales basados en residuos procedentes de frutos y granos junto con sus aplicaciones pueden verse a continuación:

Paneles de partículas sostenibles

Investigación que busca desarrollar opciones más sostenibles para tableros de partículas, ocupando subproductos agrícolas y forestales de origen australiano, cómo la cáscara de macadamia, las cápsulas de eucalipto y los conos de pino, aglomerados con poliuretano a base de aceite de ricino y polipropileno reciclado.

Esta tesis de doctorado indaga en las mezclas más adecuadas para posteriormente analizar sus características e impacto ambiental comparado a los paneles estándar existente en el mercado.

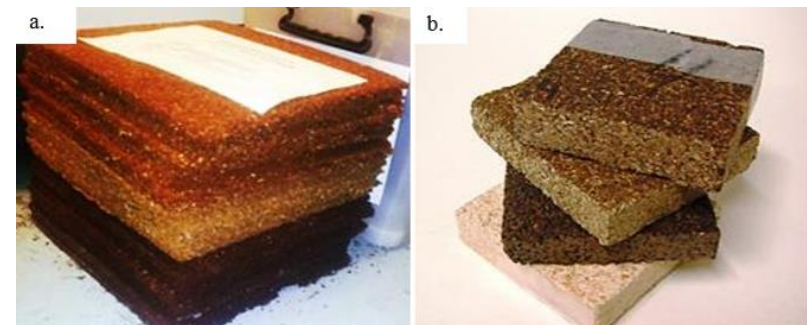


Figura 4. Paneles compuestos a base de poliuretano a base de aceite de ricino (Wechsler, 2013a).

Material compuesto basado en carozo de durazno y polipropileno para aplicaciones constructivas.

Desarrollo de un material compuesto de residuos de la industria conservera chilena, donde se ocupan los carozos de los duraznos y se mezclan con PP, tratando de lograr un material opcional a maderaplástico. El objetivo de la investigación fue caracterizar el material, demostrando en sus cualidades que posee un hinchamiento un 50% menor a la madera plástica y se obtiene un módulo elástico también menor un 40% en comparación.



Figura 5. Material biobasado de durazno y polipropileno,

Kokoboard Peanut Shell

Es un material compuesto basado en cáscaras de maní, proveniente de la industria. Este se aglomera con un adhesivo libre de formaldehído, prensado en caliente para convertirlo en tableros de gran aspecto por el color y textura rugosa, donde se ve claramente la trama de la cáscara. El producto fabricado e ideado en Tailandia también se ajusta a materia de ecoeficiencia, por su bajo uso de energía para la producción, agregando que el material es una alternativa para el uso de la cáscara de maní, ya que es usada considerablemente en quema. Ahora gracias a este proyecto se convierte en una oportunidad para los agricultores como también para conseguir mayor valor monetario por los desechos, además de fomentar el uso del material como una opción a la madera reconstituída, ya que resiste mejor a la humedad utilizándose así en pisos, paredes, muebles y otros.



Figura 6. Tablero basado en cáscara de maní (Materia, 2017a)

Cocoform

Consiste en un compuesto fibroso y moldeable a base de materiales biodegradables, renovables y compostables como lo es la fibra de coco mezclada en un 60% más látex natural en una proporción de 40%.

El proceso para fabricar el material consta de tratar las fibras de la cáscara de coco, retirándolas y formando capas. Entre cada capa de fibra se adiciona el látex natural, inyectándolo y posteriormente incorporando calor al molde.

Se transforma finalmente en piezas moldeadas usadas en packaging, embalaje y tapicería, con buena resistencia entre las fibras y capas.



Figura 7. Material compuesto de fibra de cáscara de coco y látex natural (Materia, 2016)

Pulchén

Es una briqueta elaborada a partir de carozos de frutas reciclados desde el descarte industrial. El proceso de fabricación es sustentable y es un producto nuevo e innovador.

Al combustionarlo sirve para ahumar y sazonar los alimentos con los distintos tipos de hierbas aromáticas que contiene en su interior.

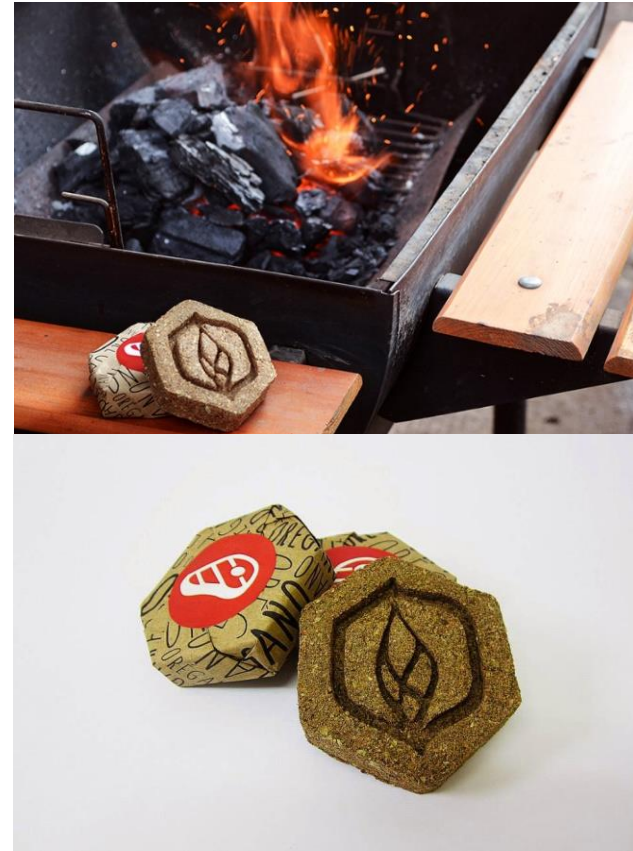


Figura 8. Briquetas de carozos: Pulchén (Salazar, 2019)

Biogusto

Envases 100% natural, biodegradable y reciclable, hechos a base de cascarilla de arroz.

Es una alternativa al packaging tradicional de polímeros, papel y cartón, por sus propiedades de biodegradabilidad y el uso de materias primas naturales provenientes de residuos de la industria arrocerá. En Chile se desechan más de 25.000 toneladas de cascarillas de arroz al año (Grove, 2015).

La idea nació en el 2013, en su proyecto de título, que se basó en residuos industriales. Ahora tiene una fábrica dedicada a la elaboración y venta de packaging, que gestiona más de 1000 productos diarios que venden para catering y eventos.

Para el fin de la vida útil de los envases entregan cuatro alternativas que se pueden hacer con los productos (Villalobos, 2016):

1. Usar como macetero hasta que termine su ciclo de vida.
2. Reutilizar hasta que termine su vida útil.
3. Plantar: Se rompe el envase y se tira en la tierra, lo que permite nutrir el suelo.
4. Compostar: Se rompe el envase y se tira al compost, acelerando su descomposición.



Figura 9. Biogusto, cascarilla de arroz (Montenegro, 2019).

Demaní

Al año se desechan alrededor de 10 mil toneladas de cáscara de maní en el mundo y demora 100 años de degradarse en el medioambiente (Díaz, 2014).

Demaní es un mobiliario fabricado a partir de cáscara de maní y leche procesada, por medio de moldeo por presión, que lo hace un mobiliario 100% biodegradable, liviano, impermeable y ecológico, además de innovador y sustentable (Grove, 2015).

Con el material ya pensado, Francisca Clavijo diseñó una línea de mobiliario infantil, que además de ser sustentable, amigable con el medioambiente y degradable, se puede producir a nivel local.

Organoid

Material de origen australiano, constituido de fibras vegetales variadas, pero en su mayoría viruta de madera y de corteza, agregando flores, semillas y hierbas, aglomerada con resina fenólica y laminada a alta presión.

Sus terminaciones no son tan acabadas, sino más bien naturales, también para preservar los olores innatos como valor agregado a la experiencia.

En la gama de productos son utilizados en productos decorativos como revestimientos de interior, contiene propiedades térmicas aislantes.



Figura 10. Organoid (Materio, 2020) .

Material compuesto biobasado en cáscara de nuez.

Shell Homage

Es un material hecho a partir de cáscara de nuez y cáscara de huevos, recurso mezclado con biopolímero no tóxico, orgánico y biodegradable, por lo que lo convierte en su conjunto en biodegradable y no nocivo para el ambiente y la salud.

Material con características fuertes por el factor del residuo del huevo, rico en calcio y colágeno que también contribuye a capturar el CO2 del ambiente. Por otra parte, aporta la cáscara de nuez provista de colores y texturas atrayentes.

El producto final llamado Pebble, tiene como función contener diferentes y pequeños objetos en proporción de cada componente, otorgándole un valor agregado por la exclusividad de la pieza.



Figura 11. Material compuesto de cáscara de nuez y huevo (Materia, 2017b).

Nuxite

Bio-compuesto conformado de cáscara de nuez y resina epoxica libre de compuestos orgánicos volátiles (COVs), lo que la hace amigable a usos cotidianos. Es de alta densidad, baja absorción de humedad y peso ligero.

Es vendido con el propósito de convertirse en cubierta de muebles y se comporta similar a la madera maciza. Además es de fabricación con elementos y herramientas de bajo nivel.



Figura 12. Nuxite, compuesto de cáscara de nuez y resina epóxica (RustBrothers, 2017).

Material biodegradable basado en cáscara de nuez

En el proyecto de título de Daniela Parodi en el año 2016, "Desarrollo de un material compuesto biodegradable a partir de la utilización del residuo cáscara de nuez", se realizó un estudio de las posibilidades de ocupar la cáscara con fines medioambientales, haciendo de este un material compuesto biodegradable ya que posee como aglomerante el PVAc. También se rescataron las propiedades de aislación térmica, atóxico, moldeable.



Figura 13. Material de cáscara de nuez y PVAc (Parodi Miranda, 2016).

Aportes de referentes

Tabla 12. Resumen de Estado del arte. Elaboración propia.

Tipo de Residuo	Nombre del material o tesis	Residuo orgánico	Aglomerante	Tipo de conformado	Aplicaciones
Fibras	Kokoboard peanut shell	Cáscara de maní	Adhesivo libre de Formaldehído	Prensado con calor, bajo uso de energía para fabricación.	Tableros, para pisos, paredes, muebles.
	Cocoform	Fibra de coco	Látex	Prensado con calor.	Packaging, tapicería.
	Biogusto	Cascarilla de arroz	---	---	Packaging desechable.
	Demaní	Cáscara de maní	Leche	Moldeado por presión.	Mobiliario infantil
	Organoid	Fibra vegetal, viruta de madera o corteza y otros	Resina fenólica	Prensado a alta presión.	Revestimiento interior
Partículas	Paneles de partículas sostenibles	Cáscara de macadamia, conos de pino y cápsulas de eucalipto	Poliuretano basado en aceite de ricino	Prensado con calor.	Tableros.
	Material compuesto basado en carozo de durazno	Carozo de durazno	Polipropileno	Prensado con calor.	Tablero.
	Shell Homage	Cáscara de nuez	Biopolímero	---	Contenedores.
	Nuxite	Cáscara de nuez	Resina epóxica libre de COVs	---	Cubierta de muebles.
	Material compuesto de cáscara de nuez y PVAc	Cáscara de nuez	PVAc	Prensado.	Tablero.

Los aportes procedentes de los materiales compuestos de residuos de frutos y fibras vegetales existentes (Tabla 12) son:

1. Tener el escenario de comportamientos físico mecánico ya comprobados y así obtener una pequeña pauta de lo que se puede revelar en los ensayos. Además de que uno de los mencionados contiene el mismo adhesivo utilizado en esta memoria, y los restantes tienen conducta similar.

2. Demostrar la moldeabilidad y tipo de tecnología usada para esto, que es casi la totalidad era prensado con calor. Lo que da un acercamiento a la técnica utilizada en la conformación del material en estudio.

3. Obtener una muestra de las aplicaciones que se otorga a este prototipo de material. Dentro de estas, se puede concluir que el más utilizado es el formato de tablero, donde no está tan explorado el proceso de diseño de producto y no está tan orientado al formato 3D, ni aplican mecanizados un poco más complejos para la fabricación.

4. En conjunto con el punto anterior, se puede analizar también que los materiales de fibras están más explorados en cuanto a formas y usos, debido al tipo de conformación, ya que al poseer una configuración de fibras paralelas aglomeradas tiene mayor refuerzo que partículas duras no entrelazadas, teniendo así comportamiento mecánico más precario, que es lo esperado para el material en estudio.

5. Considerar que el adhesivo cumple un rol importante al tener que estar en consonancia con la utilización de residuos, teniendo que estar libre de tóxicos y acorde a la sustentabilidad, pero al mismo tiempo tener una gran potencia de adhesión a causa de usar partículas.

Asimismo, se demuestra que en el campo de materiales de partículas se ve una gran oportunidad de experimentación en cuanto al diseño en 3D y procesos de manufactura, al ser un área menos explorada en diseño de producto, pero más en investigación. También se percibe que es un tema en constante desarrollo para sustituir materiales más nocivos, de materias primas explotadas o también para utilizar residuos de grandes industrias que sólo están ahí siendo basura o subutilizados.

Además de los ejemplos expuestos en el punto anterior, se elaboró una recopilación sobre el estado del arte presente en Chile y el mundo, en el marco de una investigación para participar en el concurso Idea en dos etapas para FONDEF (Anexo 1), junto con un cuadro resumen anexado (Anexo 2) para patentes existentes de materiales compuestos por cáscara de nuez y cuescos de duraznos.

De estas se puede extraer que actualmente en países como China y Japón existen variadas patentes de desarrollo de materiales en base a cáscara de nuez, además se encontraron 2 marcas asociadas a cubiertas de cáscara de nuez, como lo son Nuxite y Arto lo que demuestra la comercialización y fabricación a nivel internacional.

Adhesivos para materiales compuestos

Se puede definir adhesivo como una sustancia que posee la capacidad de unir materiales mediante el contacto de sus superficies, es decir, la adhesión. También proporciona en la unión una resistencia interna adecuada, que se define como cohesión.

En el mercado hay una diversidad de productos para adherir materiales maderosos que, dependiendo de su composición, varían en características y propiedades.

En el caso de los materiales compuestos, el adhesivo es apreciado como la matriz.

Se realizó una búsqueda de tipos de resinas usadas como adhesivo, indicando sus características principales, ventajas, desventajas y usos, para compararlas entre sí a grandes rasgos (Anexo 6). Posteriormente se hizo una tabla con las resinas acordes a la materia prima y

disponibles en el laboratorio (Anexo 7), los que se separaron en dos grupos:

Adhesivos sintéticos tóxicos utilizados en compuestos basados en madera.

Entre las ventajas de los termoestables está la alta resistencia a los impactos, solventes, a la permeación de gases y a altas temperaturas. Por otro lado, en sus desventajas se presenta lo frágil que es el material, lo difícil de procesar y su toxicidad.

En la industria de tableros de partículas, tradicionalmente se utilizan adhesivos basados en formaldehído, un aditivo carcinógeno (Commission, 2014) y muy requerido en la fabricación de tableros de partículas. A continuación, se presentan los siguientes termoestables compuestos por formaldehído que son tóxicos en la procesabilidad y en las emisiones cuando el producto está finalizado.

1. Melamina formaldehído: Resiste a manchas de agua, posee menor resistencia a impactos, tiene una estabilidad dimensional regular y es tóxico si se degrada.
2. Urea Formaldehído: Tiene alta resistencia mecánica y a la abrasión, y es de bajo costo. En sus limitaciones tiene baja resistencia al calor, mala resistencia a la humedad y es algo frágil.
3. Fenol formaldehído: Posee buena estabilidad dimensional, tiene bajo costo, es resistente al calor, pero tiene una baja resistencia al impacto en la mayoría de sus tipos.

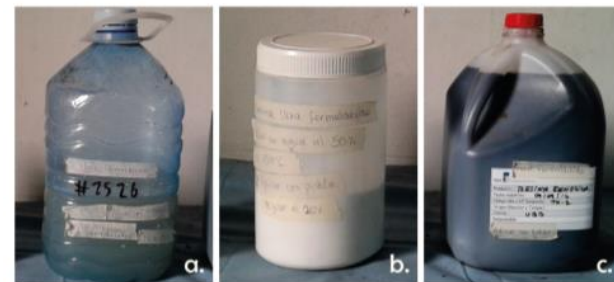


Figura 14. Adhesivos convencionales tóxicos (Muñoz, 2019).

Adhesivos sintéticos no tóxicos utilizados en compuestos basados en madera.

Dentro de las características están su alta resistencia a la humedad, a los impactos y que es un adhesivo no inflamable. Como ejemplo de se encuentra el Acetato de polivinilo (PVA) y el poliuretano a base de aceite de ricino.

1. Acetato de polivinilo: Es un polímero sintético orgánico. Se caracteriza por no ser tóxico y que se diluye fácil en agua, por lo que no es resistente a la humedad.
2. Poliuretano a base de aceite de ricino: Es un termoplástico, resistente a desgaste, con alta resistencia a la tracción, además no es tóxico, y tiene una alta resistencia a la humedad y a los rayos UV.

El poliuretano usado en la experimentación fue el AG201 de la empresa Kehl, es un bicomponente que se mezclan sus 2 componentes isocianato y polioliol en las proporciones 1:2 respectivamente. Tiene una excelente adherencia, resistencia química y mecánico y posee alto poder de impermeabilización. Entre sus características es de origen natural renovable, amigable con el medioambiente, no tiene disolventes, es impermeable y tiene una alta resistencia química y mecánica, además de poder estar en contacto con alimentos (Kehl, 2007).



Figura 15. Adhesivos sintéticos alternativos (Muñoz, 2019).

Métodos

Las etapas y actividades relacionadas a cada objetivo se muestran en la Tabla 13.

1. Etapa A. Revisión literaria y selección de criterios:

En la primera etapa se caracterizan las materias primas y su industria, mediante una revisión de literatura, entrevista a peladores, análisis químico y una breve experimentación con aglomerantes, con la finalidad de cumplir el primer objetivo sobre caracterizar y definir los componentes del material.

2. Etapa B Experimentación.

Con la finalidad de cumplir los objetivos 2 y 3, se procedió a definir el procedimiento y armar el material compuesto en las dependencias de la Universidad del Bio Bío, para posteriormente evaluar las características por medio de ensayos físicos mecánicos, de agentes externos, moldeado y un análisis perceptual del material.

3. Etapa C Validación. Se busca validar el material mediante aplicaciones de diseño exploratorias. Diseñando dos propuestas de producto, fabricando las matrices, moldeando el material y realizando las terminaciones.

Tabla 13. Resumen de métodos. Elaboración propia

Objetivo General		
Desarrollar un material compuesto medioambientalmente sustentable en base a cáscara de nuez para aplicaciones de diseño.		
Etapa	Objetivo Específico	Actividad
A. Revisión de literatura, selección de criterios y estudio de campo.	1. Caracterizar y definir los componentes del material con el fin de reducir los impactos ambientales que genera la industria de la madera.	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión literaria. • Estado del arte. • Selección de criterios medioambientales sustentables. • Caracterización química de la cáscara de nuez.
B. Experimentación.	2. Componer y definir el procedimiento para la fabricación del material compuesto por el residuo y el aglomerante ya seleccionado.	<ul style="list-style-type: none"> • Definir procedimiento y parámetros para la conformación del material. • Componer el material
	3. Evaluar las características físicas, mecánicas, de trabajabilidad y de envejecimiento del material compuesto.	<ul style="list-style-type: none"> • Ensayar el material (físico-mecánicos). • Ensayar trabajabilidad y moldeo del material. • Ensayar envejecimiento del material (UV y termitas).
C. Validación.	4. Validar el material mediante aplicaciones de diseño.	<ul style="list-style-type: none"> • Rescatar las características fundamentales del material para diseñar. • Diseñar y fabricar prototipos para validar el material.

Objetivos de la investigación

Objetivo general

Desarrollar un material compuesto medioambientalmente sustentable en base a cáscara de nuez para potenciales aplicaciones de diseño.

Objetivos específicos

1. Caracterizar y definir los componentes del material con el fin de reducir los impactos ambientales que genera la industria de la madera.
2. Componer y definir el procedimiento para la fabricación del material compuesto por el residuo y el aglomerante ya seleccionado.
3. Evaluar las características físicas, mecánicas, de trabajabilidad y de envejecimiento del material compuesto.
4. Validar el material mediante aplicaciones de diseño

1. Revisión de literatura y selección de criterios.

Métodos: Objetivo 1.

“Caracterizar y definir los componentes del material con el fin de reducir los impactos ambientales que genera la industria de la madera.”

1.1. Entrevista a peladores de nueces.

Para lograr el objetivo 1 se llevó a cabo una entrevista a peladores de nueces con el fin de hacer un levantamiento de información y contextualizar el rubro de la nuez, generando un perfil del pelador y obteniendo información de primera fuente sobre los usos y estados de la cáscara de nuez, como también, contemplando los problemas que ocasionan. Se elaboró una breve entrevista de 22 preguntas presentado en el Anexo 4.

Como el proyecto de título está inserto en el proyecto de investigación del Concurso U-inicia, el comité de ética ya tiene aprobado el protocolo de investigación (Anexo 5), por lo que sólo se realizó una pauta de preguntas y la firma de su consentimiento para realizarla (Anexo 3).

1.2. Preparación de materia prima: procesamiento de la cáscara de nuez.

Para elegir el aglomerante de nuestro material compuesto, se realizó una experimentación fabricando probetas, preparando previamente la materia prima, donde la cáscara se obtiene por medio de un canal y sigue un curso para transformarse prontamente en tableros.

Limpieza de cáscara

Las cáscaras utilizadas a lo largo del proyecto fueron donadas por peladores de la comuna de Paine, provincia de Maipo, Región Metropolitana. Se pudo conseguir 3 sacos de material.



Figura 16. Estado de las cáscaras de los peladores. Elaboración propia.

Molido

Para moler la cáscara se realizó un molido manual previo con un martillo y posteriormente se utilizó un molino de granos casero marca Corona, en el que se trituro la cáscara hasta observar un molido uniforme y de pequeño diámetro.



Figura 17. Molido. Elaboración propia.

Tamizado

Para tamizar la cáscara molida, se fabricaron 2 tamices de 12 y 14 mesh. El material molido se tamizó primero con el de 12 mesh para quitar los granos más grandes y volverlos a procesar, luego se pasa el molido por el tamiz de 14 mesh para quitar las partículas más pequeñas al igual que el polvo.

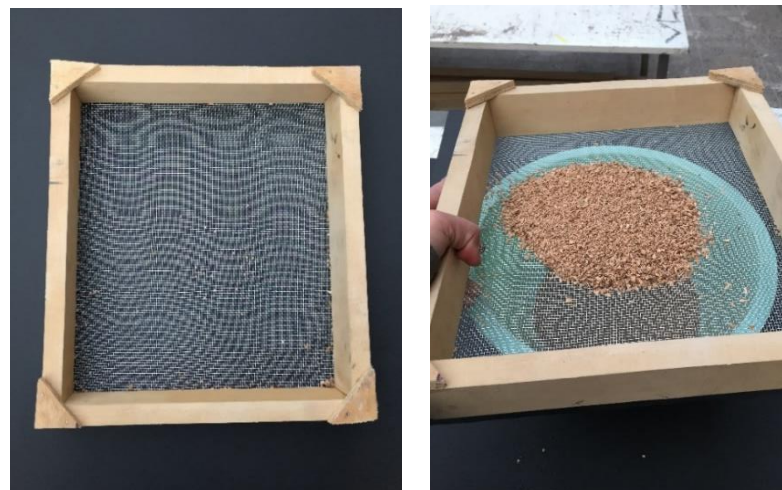


Figura 18. Tamizado. Elaboración propia.

Secado

Es necesario que el material molido se encuentre seco para poder obtener la densidad aparente. Es un punto muy importante para mezclar con los adhesivos, ya que si se encuentra húmedo puede formar burbujas. Para esta labor se expuso el grano molido y tamizado en una estufa marca Binder a una temperatura constante de 60°C por dos días completos.



Figura 19. Estufa Binder. Elaboración propia.

Densidad aparente de la cáscara de nuez molida

Como se logra apreciar en la Tabla 10, donde se exponen de las características de la cáscara de nuez, la densidad de la cáscara es de 1,0-1,2 g/cm³ aproximado, pero este resultado no toma en cuenta los poros o espacios entre las moléculas que existen en un material molido. Por lo tanto, nos basamos en la densidad aparente que va desde los 0,6 a 0,8 g/cm³ dependiendo del tamaño del grano, por lo que se tuvo que calcular la densidad aparente del material molido obtenido.

Se calculó mediante la fórmula:

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

Donde:

ρ = densidad (gramos/ centímetro cúbico)

m = masa (gramos)

V = volumen (centímetros cúbicos)

Lo que se realizó fue un experimento donde se vertió material particulado en un volumen de 600 ml y se calculó su peso, obteniendo así su densidad.

1.3 Fabricación de probetas, experimentado con adhesivos disponibles.

Más atrás, en la sección de “Adhesivos para materiales compuestos”, se habla de los adhesivos elegidos para la experimentación. Estos presentan características variadas, pero más considerable es el hecho de la accesibilidad a ellos.

El objetivo de esta actividad es exponer los métodos de preparación y proceso manual, exploratorio y artesanal con el fin de:

- Definir proporciones adecuadas de adhesivos.
- Fabricar probetas para comparar los resultados.
- Seleccionar el adhesivo definitivo para los tableros finales.

Formulación de proporciones de adhesivo y cáscara de nuez.

Para la utilización de adhesivos tóxicos como el Urea formaldehído (UF), Fenol formaldehído (FF) y la melamina formaldehído (MF), se siguieron las instrucciones de uso, curado y proporciones propuestos por los facilitadores del Centro de Biomateriales y Nanotecnología de la Universidad del Bío-Bío, expresadas en la siguiente tabla.

Tabla 14. Manipulación de adhesivos tóxicos. Elaboración propia.

Adhesivo	Características	Mezcla entre componentes	Proporción Adhesivo/Carga	Información de curado
Urea Formaldehído	Una vez moldeado, se endurece	No se diluye	10 a 15% y carga el resto	Cura a 150°C
Melamina Urea formaldehído	Excelente resistencia al aislamiento. No reciclable	Diluir en agua tibia o caliente en 1:1, revolver con revolvedor	20% y 80%	Cura a 150°C
Fenol Formaldehído	Estructural	No se diluye	1: 5, una parte de fenol y 5 de carga	Prensar a 150°C

En los adhesivos atóxicos (Tabla 15) el PVA también fue proporcionado por el mismo centro y entregaba una mezcla adecuada de 20% adhesivo y 80% carga. Como antecedente, tenemos que se ocupó en material compuesto también con cáscara de nuez, en una proporción de 30 a 40% de adhesivo (Parodi Miranda, 2016). Por otro lado está el PU (AG201), que según el fabricante es recomendado usarlo en proporciones de 20% PU y 80% carga (Kehl, 2007).

El compuesto AG201, se mezcla sus 2 componentes en las proporciones dadas por el fabricante, en razón 1:2.

Tabla 15. Información de manipulación de adhesivos no tóxicos. Elaboración propia.

Adhesivo	Características	Mezcla entre componentes	Proporción Adhesivo/Carga	Información de curado
AG201	Excelente adherencia, resistencia química y mecánica.	Proporción entre componentes B:A de 2:1 en peso.	10 a 20% y carga el resto	Temperatura ambiente y acelerar con la estufa a 60 u 80%
PVA	Cola fría industrial, Uso húmedo, clasificación D4	No se diluye	20% y 80 %	Cura a 25°C

Mezcla de cáscara con adhesivo

Para la mezcla se necesitaron los siguientes implementos e instrumentos para la preparación.

-Implementos de seguridad: Guantes, mascarilla para los adhesivos tóxicos, overol.

-Instrumentos: Balanza, recipientes para pesar componentes, recipiente para mezclar, espátulas para mezclar.

La balanza marca Kern se utilizó con la finalidad de:

-Primero pesar en gramos la cáscara de nuez que se va a mezclar.

-Luego pesar en gramos los componentes del adhesivo, para mezclar previamente el adhesivo si se compone de partes como el PU y la melamina.

Se mezclaron activamente de forma manual en un recipiente, el adhesivo y la cáscara molida.

Moldeado

Para esta etapa se fabrican matrices de 240 mm x 50 mm de material MDF, que se cubren con láminas de teflón para facilitar el desmoldado. El compuesto ya mezclado se introdujo en las matrices, se pre-prensa para acomodar las partículas, para finalmente, prensar e introducir en la estufa.



Figura 20. Matriz con material compuesto. Elaboración propia.

Curado

Se mantuvo a una temperatura constante en la estufa por el tiempo necesario para cada adhesivo, luego se retira y deja enfriar.

Desmoldado

Al abrir la matriz, se divisó el aspecto de ésta para tener en cuenta si estaba seca o estructurada, y se procedió a desmoldar cuidadosamente para finalmente rotular cada código en la probeta.

2. Confección del material compuesto

2. Métodos: Objetivo 2

“Componer y definir el procedimiento para la fabricación del material compuesto por el residuo y el aglomerante ya seleccionado.”

Las actividades descritas a continuación que comprenden el proceso de fabricación de tableros se efectuaron en el Centro de Biomateriales y Nanotecnología de la Universidad del Bío-Bío, Concepción, a cargo del jefe de Laboratorio de Adhesivos y Materiales Compuestos, Mario Núñez.

2.1. Preparación de la cáscara de nuez.

Para cumplir el objetivo 2, se requirió previamente la elección del tamaño de grano, y con eso ya resuelto se procedió a producir el material compuesto por la cáscara de nuez y el aglomerante elegido en la etapa anterior.

Triturado

Las cáscaras de nueces fueron obtenidas gratuitamente desde peladores de Paine, Región Metropolitana, lugar donde se concentra una gran cantidad de plantación de nogales y es cercana a la localidad, teniendo mayor conectividad y bajo costo de transporte.

El material se entregó un poco húmedo, con pequeños restos de fruto, polvo y tierra, por lo que primero se limpió superficialmente en seco 15 kilos de cáscara y se pasó al molino de multicuchillas de marca Ming Lee modelo ML-SC de 5HP, que cuenta con un tamiz incorporado de 10 mesh, de esta forma se obtienen partículas más pequeñas a 10 mesh.



Figura 21: Molino de multicuchillas Ming Lee.
Elaboración propia.

Análisis de tamaño de partícula.

Según la norma ASTM D6913-04, se sometió a “Práctica estándar para la preparación en seco de muestras de suelo para análisis de tamaño de partículas y determinación de constantes de suelo.”

Con el objetivo de seleccionar el tamaño de la partícula que conformará el material compuesto, se realizó un estudio basado en tomar una muestra demostrativa del material triturado de 200 gramos con el fin de tamizarlo y según su tamaño, categorizarlo y observar cuál es el grupo más presente.

La preparación de este estudio comprende que el material esté previamente secado al aire, en este caso se realizó en estufa a una temperatura de 60°C a 80°C, hasta alcanzar una humedad igual o menor al 4%. Posteriormente se tamizó a través de tamices varios, utilizando los de tamaño 10, 40, 60 y 100 mesh.

Ya tamizado, se pesó para mostrar el porcentaje de cada grupo.

Tamizado

Se tamizó toda la cáscara molida por tamices de 10 y 40 mesh para tener el grupo de tamaño de partículas seleccionado en el apartado de Análisis de tamaño de partículas en Resultados

Secado

El material ya tamizado se secó en una estufa marca Binder, de dos puertas, con extractores de aire incluidos que ayuda en la expulsión de vapores, con el propósito de un secado más controlado y que disminuya la humedad rápidamente.

Se ejecutó a una temperatura de 80°C, por más de 24 horas, hasta lograr un contenido de humedad de alrededor de 4%, que es el rango aproximadamente adecuado para mezclar y prensar en calor. La acción de medir el contenido de humedad se realizó con una termobalanza marca Precisa modelo XM 60.



Figura 22. Estufa Binder. (Elaboración propia).



Figura 23. Termobalanza Precisa. (Elaboración propia).

2.2 Fabricación de tableros del material compuesto

Antes de comenzar a componer los tableros, se establece la formulación en cuanto a porcentajes de poliuretano/cáscara y densidad proyectada.

Se comienza por probar el porcentaje de mezcla más utilizado (20% adhesivo y 80% cáscara) en el punto “1.3 Fabricación de probetas, experimentando con adhesivos disponibles”, pero por su saturación excesiva se decide bajar el porcentaje de adhesivo a un 10% y variar entre dos tipos de tableros a través de la densidad.

Tabla 16. Formulación de mezclas generales. (Elaboración propia).

Tablero	Cáscara (%)	Poliuretano (%)	Densidad proyectada (g/cm^3)
A	90	10	0,8
B	90	10	1

El objetivo de variar en densidad es experimentar si se puede lograr la densidad 1 gracias a la prensa hidráulica de platos calientes Dumont con la capacidad de prensar a 25 bar.

Mezclado o encolado

El polímero elegido en la etapa A de experimentación, el poliuretano bicomponente, se prepara en una razón de 1:2 de isocianato y polioli correspondientemente.

La mezcla de todos los componentes trata de 3 pasos, explicados a continuación:

1. Pesar las cáscaras de nuez en un recipiente.
2. Pesar y mezclar los dos componentes del adhesivo por 2 minutos en otro recipiente.
3. Introducir la cáscara en el recipiente del adhesivo, mezclando manualmente.

Armado

Para el armado del tablero se usaron de instrumentos:

- Un marco de metal.
- Teflón.
- Un marco de madera con su tapa.
- Dos planchas de metal que harán de base.

Para la conformación:

1. Se colocó la plancha metálica de base, con el teflón encima para que no se adhiriera nada de la mezcla.
2. Después se posiciona el marco de metal que dará el espesor, de dimensiones 450 x 450 x 10 mm. o 300 x 300 x 10 mm.
3. Por encima del marco de metal se sitúa el marco de madera para delimitar la mezcla.
4. Se distribuyó la mezcla de forma pareja y con la tapa de madera se pre-prensa manualmente.
5. Se retiró el marco de madera con su tapa.
6. Se colocó el teflón y la plancha metálica para pasar al prensado.

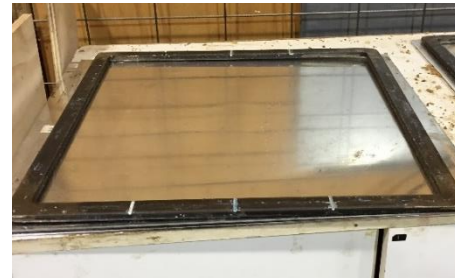


Figura 24. Armado del tablero. (Elaboración propia)

Prensado

Todos los tableros de esta etapa se prensaron con una prensa hidráulica de platos calientes marca Dumont modelo 250T, de área máxima útil de prensado de 600 mm. x 600 mm., con una presión máxima a utilizar de 25 bar. La razón del tiempo de prensado obedece a 1:1, lo que significa que el espesor en mm. se expresa en los minutos de prensado. En este caso, para 10 mm de espesor se prensa 10 minutos a 80°C.



Figura 25. Prensa hidráulica Dumont. Elaboración propia.

Para prensar todos los tableros se utilizó el método manual que consiste en controlar la presión que ejerce al comienzo, siendo el punto máximo de fuerza ejercida y se baja la presión paulatinamente para desgasificar en los 10 minutos que dura el proceso.



Figura 26. Tablero prensado. Elaboración propia.

Luego de los 10 minutos de prensado y curado, se retira de la prensa y se deja enfriar, para luego desmoldar cuidadosamente. Se deja el tablero con peso encima alrededor de 8 horas para evitar deformaciones.

Dimensionado

El propósito de dimensionar los tableros es obtener las probetas con que se ensayarán posteriormente. Se agrega también un tablero de MDF, para posteriormente comparar con el material compuesto.

Se dimensionó con sierra radial marca DeWalt modelo DW8001, disco de corte de diámetro 300 mm, con espesor de diente de 3,2 mm. Se procedió cortando todos los bordes de los tableros por la irregularidad de densidad, haciendo que la medida de cada corte en cada tablero dependiera de las condiciones.

Los tamaños de las probetas dependieron del uso que se le dará y también para que ensayo se usaron, tal como lo detalla la tabla a continuación.

Tabla 17. Dimensionado. Elaboración propia.

Ensayo	Repeticiones por cada condición	Medidas de la probeta
IB y densidad	5	50 x 50 mm
Flexión	6	250 x 50 mm
Humedad	5	50 x 50 mm
Termitas	3	50 x 25 mm
Absorción e hinchamiento	5	50 x 50 mm
Contenido de humedad	4	50 x 50 mm
Exposición a humedad y tierra	4	50 x 50 mm
Mecanizado Perforado	5	150 x 100 mm
Mecanizado Lijado	5	200 x 80 mm



Figura 27. Sierra Dewalt. Elaboración propia

3. Ensayos del material.

3. Métodos: Objetivo 3

“Evaluar las características físicas, mecánicas, de trabajabilidad y de envejecimiento del material compuesto.”

Todos los ensayos físicos y mecánicos se realizaron en dependencias de la Universidad del Bio Bio, en el centro de Biomateriales y nanotecnología a cargo de Mario Núñez.

3.1 Ensayos Físicos.

Para cumplir el tercer objetivo se parte por ensayar físicamente las probetas del material compuesto, teniendo dos tipos A y B, que corresponden a muestras de distintas densidades y se comparó además con un tablero de partículas del mercado marca Masisa MDF, con el fin de tener un punto de referencia existente y lo más parecido al material compuesto creado y además seleccionar cual variación del material compuesto tiene mejor comportamiento.

3.1.1 Densidad

El objetivo del ensayo es determinar la densidad de cada probeta y si se alcanzó la consistencia deseada.

La densidad del material se determinó en base a la norma UNE-EN 323 Determinación de la densidad (EN, 1993c), con la siguiente fórmula:

$$\rho = \frac{m}{l \times a \times e} \times 10^3$$

Dónde:

ρ = Densidad en gramos dividido en centímetros cúbicos (g / cm^3)

m = Masa de la probeta en gramos (g)

l = Largo de la probeta en milímetros (mm)

a = Ancho de la probeta en milímetros (mm)

e = Espesor de la probeta en milímetros (mm) Se adaptaron los resultados de la norma que originalmente se encontraban de kg/m^3 a g/cm^3 .

En este caso se ensayaron probetas de 50 mm x 50 mm., siendo 5 repeticiones del compuesto A, 5 repeticiones del compuesto B y 5 del tablero de partículas convencional.

Se tomaron todas las medidas correspondientes a espesor, ancho y largo con pie de metro marca Mitutoyo y posteriormente se pesaron en una balanza de precisión marca Pagwag modelo.WTB-2000

3.1.2 Ensayo de contenido de humedad

Basado en la norma UNE-EN 322 “Determinación de contenido de humedad en tableros derivados de la madera(EN, 1993d)”. El objetivo es cuantificar la diferencia de la masa en gramos de las probetas antes y después de 24 horas, secadas a 103°, expresada en porcentajes.

Se realizaron 4 repeticiones de cada condición (A, B y masisa).

El procedimiento fue pesar las probetas antes de secarlas, luego ponerlas en la estufa marca Binder a 101°C por 24 horas, para pesarlas inmediatamente al sacar las muestras.

Se determina el contenido de humedad mediante la siguiente fórmula:

$$H = \frac{m_0 - m_f}{m_f} \times 100$$

Dónde:

H = Porcentaje de Humedad (%)

m_0 = Masa inicial de la probeta en gramos (g)

m_f = Masa final de la probeta luego del secado, en gramos (g)



Figura 28. Estufa Binder.
Elaboración propia.

3.1.3 Ensayo de hinchamiento y absorción de agua.

El objetivo de este ensayo es determinar y comparar resultados de hinchamiento y absorción de agua entre el material compuesto y la masisa.

Se utilizó la norma UNE-EN 317 Determinación de la hinchazón en espesor después de inmersión en agua (EN, 1993a)

Se ensayaron 8 probetas de cada condición (A, B y masisa), de 50 mm x 50 mm.

Antes de realizar el ensayo se tomaron las medidas de 4 espesores a cada probeta y se midió la masa. Se colocaron envueltas en una red, metidas en un recipiente grande el que se rellenó con agua. La red tiene como función evitar que las muestras floten y también que toquen las paredes del recipiente.

Al transcurrir 24 horas de inmersas, se retiran e inmediatamente se miden los espesores nuevamente en los mismos 4 puntos que fueron medidos al inicio, finalmente se pesan, logrando así calcular el porcentaje de hinchamiento por diferencia de espesores y absorción de agua dado por diferencia de peso, con la siguiente fórmula:

$$G_t = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \times 100$$

Dónde:

G_t = Porcentaje de hinchamiento en %

t_1 = Espesor de la probeta antes de la inmersión en agua en mm.

t_2 = Espesor de la probeta después de la inmersión en agua en mm.



Figura 29. Probetas en ensayo y midiendo su masa. Elaboración propia.

3.2 Ensayos Mecánicos.

Para cumplir el tercer objetivo se parte por ensayar mecánicamente las probetas del material compuesto en sus 2 versiones A, B y también tablero de masisa MDF, con el fin de comparar comportamientos. Los ensayos se realizaron en una máquina de ensayo universal Instron modelo 4468 (Figura 30)

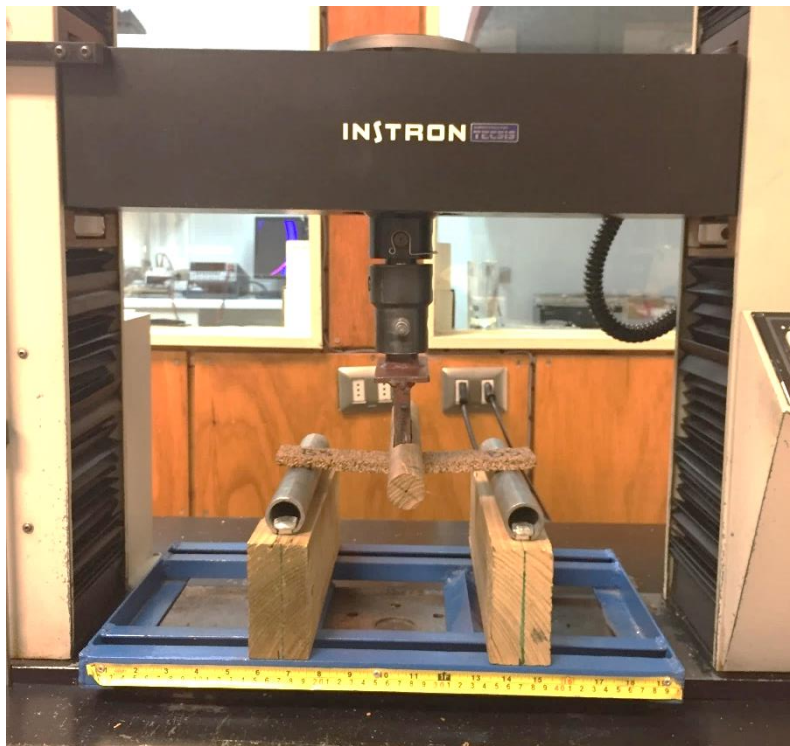


Figura 30. Máquina de ensayo universal Instron. Elaboración propia.

3.2.1 Ensayo Internal Bond (IB)

El objetivo del ensayo es medir y comparar la adhesión de capas del material compuesto y la masisa.

Se utiliza la norma EN 319 Determinación de la resistencia a la tracción perpendicular a las caras del tablero (EN, 1993b), la que se adapta el número de repeticiones que en este caso son 8 repeticiones con probetas de dimensiones 50 mm x 50 mm x 10 mm que se someten a un esfuerzo de tracción a las caras hasta que se produce la rotura

Para el ensayo se requiere una maquinaria Instron más los accesorios de IB; dados, adhesivo hot melt y los traccionadores. Como instrumentaría se necesita una placa calentadora, pinzas, bandeja con agua para enfriar los dados y los elementos de seguridad como guantes resistentes al calor y vestimenta de protección.

El procedimiento por ejecutar se compone de las siguientes etapas:

1. Rotulación y medidas: se rotularon las 8 probetas en sus dos condiciones A y B y la masisa. Luego se procede a medir las dimensiones exactas; ancho, largo y 2 espesores de cada probeta, registrando también la masa.
2. Fijación de las probetas con los dados: cada probeta de pega a 2 dados
3. Posicionamiento en la maquinaria Instron: Se encajaron los dados a las tenazas de la Instron.
4. Configuración de la máquina de ensayos universal INSTRON: Se configuró la velocidad de carga, calculando 0.08 segundos multiplicado por el espesor promedio de la tanda de probetas, cambiando la configuración para probetas del grupo A, B y masisa.
Probetas A = 0.96 mm/s de velocidad ajustado al espesor de 12 mm.
Probetas B = 0.848 mm/s de velocidad ajustado al espesor de 10.6 mm.
5. Inicio del ensayo: Comienza la prueba, la maquina Instron ejerce carga hasta que existe ruptura, se registra cuanta carga soportó y cómo fue la falla.

La resistencia a la tracción perpendicular a las caras de cada probeta se calculó con la siguiente fórmula:

$$f_{t\perp} = \frac{F_{m\acute{a}x.}}{a \times b}$$

Dónde:

$f_{t\perp}$ = Resistencia a la tracción perpendicular a las caras (N/mm²)

$F_{m\acute{a}x.}$ = Carga de rotura en Newton (N)

$a \times b$ = Longitud x ancho en milímetros (mm).



Figura 31. Ensayo de tracción en ejecución. Elaboración propia.

3.2.2 Ensayo de Flexión

El objetivo del ensayo es determinar la resistencia a la flexión por medio de una carga aplicada en el centro de la probeta, se busca revisar el comportamiento de todas las condiciones A, B y masisa.

Se utiliza la norma EN 310 Determinación del módulo de elasticidad en flexión y de la resistencia a la flexión (Aenor, 1994), que para nuestro caso, las probetas ensayadas miden 250 mm x 50 mm x 10 mm y se realizaron 6 repeticiones para cada condición.

La velocidad del ensayo para las probetas A es de 8 mm/min y para las probetas B es de 7 mm/min. La luz de ensayo dada por la norma fue de 200 mm, que es la distancia entre los dos puntos de apoyo donde recae la probeta.

De este ensayo se pueden calcular distintos módulos. La resistencia a la flexión se calculó con la siguiente fórmula:

$$fm = \frac{3F_{m\acute{a}x.} \times I_1}{2bt^2}$$

Siendo:

fm = Resistencia a la flexión N/mm^2

I_1 = Distancia entre apoyos (mm).

b = Ancho de la probeta (mm).

t = Espesor de la probeta (mm).



Figura 32..Ensayo de flexión en ejecución. Elaboración propia.

Para calcular el módulo de elasticidad (MOE) se calculó de la siguiente forma:

$$E_m = \frac{[I_1^3(F_2 - F_1)]}{[4bt^3(a_2 - a_1)]}$$

Dónde:

E_m = Módulo de elasticidad en N/mm^2

I_1 = Distancia entre apoyos (mm)

I_1 = Distancia entre apoyos (mm)

$F_2 - F_1$ = Incremento de carga (N)

$a_2 - a_1$ = Incremento de la deformación en la mitad de la longitud de la probeta (que se corresponde con $F_1 - F_2$)

Para calcular el esfuerzo de fluencia, se usó la siguiente fórmula:

$$\sigma f = \frac{3(P \times L)}{2(b \times d^2)}$$

Dónde:

σf = Esfuerzo de fluencia en N/mm^2

P = Carga de fluencia (N).

L = Distancia entre los dos puntos de apoyo inferiores (mm).

b = Ancho de la probeta (mm)

d = Espesor de la probeta (mm)

Para encontrar el punto de fluencia, se calculó la pendiente de la zona elástica, para luego buscar cual punto del gráfico estuviese acorde al $<2\%$ con el límite de correlación.

3.3 Resistencia a agentes externos

Se realizaron pruebas de resistencia a agentes externos como las termitas, a la intemperie en suelo, también a luz y calor solar

3.3.1 Resistencia a las termitas

La finalidad de este ensayo es analizar el comportamiento del material compuesto frente a la exposición a termitas y compararlo con la masisa. Basándose en la norma NCh 3060 “Preservantes de la madera- Eficacia contra termitas subterráneas- método de laboratorio”(INN, 2007), se adapta el ensayo a 3 repeticiones de la condición elegida y también 3 repeticiones con masisa, el material de control.

Todo se realizó en el laboratorio del Departamento de Ingeniería en Maderas y sus Biomateriales de la Facultad de Ciencias forestales y de la Conservación de la Naturaleza de la Universidad de Chile, a cargo del docente René Carmona.

Duración del ensayo: 2 meses

Elementos necesarios:

- Frascos de 1 litro.
- Placas de Petri.
- Probetas de material de cáscara de nuez y Masisa, de dimensiones 50 x 25 x 10 mm.
- Arena de cuarzo.
- Agua.
- Termitas.

Herramientas y maquinarias:

- Autoclave.
- Estufa.

Para el desarrollo del ensayo se preparan previamente los frascos, las tapas y la arena, realizando un proceso de esterilización en un Autoclave marca Baird & Tatlock a 120°C a 15 bares de presión.

Para cada frasco se necesita, según normativa, una colonia de termitas *Reticulitermes flavipes*, un tipo de termitas norteamericanas, de las más dañinas, subterráneas y difíciles de rastrear. Esta colonia consta de 250 obreras y un porcentaje de ninfas y soldados, que tienen diferentes labores de sobrevivencia para su especie.

La disposición del ensayo termina con los frascos que en su contenido (en orden de capas):

1. 1 gramo de madera de cría (para la inicial sobrevivencia).
2. Arena de cuarzo húmeda (1 volumen de agua destilada por 4 volúmenes de arena de cuarzo).
3. La colonia de termitas.
4. Tubo de PVC de 15 mm de alto.
5. Probeta de material de cáscara de nuez o masisa.

Se inicia el ensayo en el termitero del laboratorio, un ambiente donde fue primordial controlar la temperatura a 28°C y una humedad constante, agregando manualmente agua destilada diariamente en base al peso constante de todos los elementos juntos.

Luego de 2 meses de duración del ensayo, se contaron las termitas que sobrevivieron en cada frasco, se observan y analizan las probetas ensayadas, comparando peso inicial/final y clasificando el nivel de ataque al que fueron expuestas, según la norma NCh3060.



Figura 33. Ensayo resistencia a termitas.
Elaboración propia.

3.3.2 Envejecimiento del material

El objetivo del ensayo fue observar y analizar el comportamiento a la intemperie del material compuesto.

Duración: 1 año y medio.

Elementos e implementos:

- Manga plástica.
- Probetas lijadas y cortadas.
- Tierra húmeda.



Figura 35. Probetas en ensayo de envejecimiento. Elaboración propia.

En una manga de polietileno de baja densidad se coloca tierra y encima de ella se posicionan las probetas, dejándolas a la intemperie y registrando su evolución.

3.3.3 Resistencia a rayos UV

Como experimentación se hizo una prueba de resistencia a rayos UV, para tener un panorama sobre la factibilidad del uso del material en exteriores, se busca conocer cambios estructurales y superficiales.

Se usaron probetas sobrantes de dimensiones 120 mm x 50 mm x 10mm.

- 4 probetas expuestas al sol, entre noviembre y diciembre.
- Duración: 4 semanas.
- Analizar la diferencia de color y estabilidad dimensional.
- Fragilidad y comportamiento del adhesivo.



Figura 34. Muestras expuestas a rayos UV. Elaboración propia.

3.4 Pruebas de mecanizado.

Con el fin de conocer el comportamiento del material compuesto a diferentes mecanizados se realiza esta prueba basada en la norma ASTM D1666-17 “Métodos de prueba estándar para realizar pruebas de mecanizado de maderas y materiales de paneles de madera” (ASTM, 2017)

Se ensayó la variable elegida del material en conjunto con la masisa, en diferentes procesos de maquinaria tales como: Corte, lijado y perforado. Se registraron resultados y evaluaron los resultados visualmente, clasificándolos mediante los criterios dispuestos en la norma, como desprendimiento de partículas (en %) y marcas dejadas por la herramienta en uso.



Figura 36. Probetas cortadas. Elaboración propia.

Para la prueba de corte se utilizó una sierra circular marca Bosch, modelo GKS 190 de potencia 1400 watts, velocidad de 5500 rpm, con disco para madera de 40 dientes, se corta el tablero en probetas de 85 mm x 85 mm

Para el lijado se utilizó una lijadora excéntrica, modelo GEX 125-1 AE, de 250 watts de potencia, con una velocidad de 7.500 – 12.000 min rpm, disco de lija de N° 100, las probetas utilizadas fueron de 200 mm x 80 mm

Para ejecutar la prueba de perforado se realizó con un taladro pedestal marca BMI, modelo T 25, velocidad de 870 rpm y con broca de madera número 7. Se perforaron probetas de 100 mm x 150 mm y se hicieron 10 perforaciones por cada una.



Figura 37. Herramientas para el mecanizado. Elaboración propia.

3.5 Moldeado

Se ocuparon moldes de terciado fabricados con tecnología CNC router, las formas a moldear fueron variadas, desde semicírculo, láminas planas y un volumen más plano con aristas curvas.

La medición del resultado se realizó por medio de la observación, evaluando si el material llega a todos los rincones, examinando el comportamiento del material en aristas pronunciadas revisando si se desgrana al tacto.



Figura 38. Moldes de terciado. Elaboración propia.

3.6 Evaluación mediante un análisis perceptual

Es necesario el estudio perceptual del material para tener una visión completa y de total entendimiento sobre las cualidades percibidas por el usuario, que sumadas a las características ensayadas otorgan las restricciones para el proceso de diseño. Para esto se revisó la metodología Material Driven Design (MDD) que explica que si bien, en un principio el uso de un material se relaciona directamente con la correcta función o los distintos beneficios que este puede aportar al producto, “Es la apreciación del usuario, lo que determina el éxito comercial del producto” (E. B. Karana, Bahareh; Rognoli, Valentina; Zeeuw van der Laan Anouk, 2015). Agregando que además que el material debe satisfacer las necesidades funcionales y hedónicas de las personas.

Esta metodología facilita el proceso de diseño cuando su origen es un material único, teniendo en cuenta cómo la materialidad afecta y construye la experiencia de uso del producto. El proceso consta de 4 etapas, pero para los límites de esta investigación nos centraremos en las 2 iniciales, ya que la primera es la caracterización del material y tiene que ver con los puntos antes descritos, los ensayos y pruebas realizadas al material, con el objetivo principal de tener los aspectos técnicos, funcionales y de manufactura del material.

En la etapa 2, nos invita a encontrar contextos en que el material marcaría una diferencia positiva, cómo por ejemplo en grupos pendientes del reciclaje, empresas ecológicas podrían rescatar el valor de un producto hecho de residuos y podría potenciar su misma idea de negocio.

“La visión de experiencia en materiales expresa cómo un diseñador visualiza el papel de un material en la creación/contribución a la superioridad funcional y una experiencia única de usuario cuando se incorpora a un producto, así como su propósito en relación con otros productos, personas y un contexto más amplio” (E. B. Karana, Bahareh; Rognoli, Valentina; Zeeuw van der Laan Anouk, 2015). El material hace que las personas conozcan sus patrones de consumo. En grupos ocupados por el medio ambiente, las personas aprecian que los productos estén elaborados en base a residuos y el

hecho de consumir este material de bajo impacto, satisface necesidades hedónicas, haciéndolos sentir especiales.

Finalmente, en esta etapa induce al objetivo principal que es construir la visión de experiencia de material, definido como la experiencia que las personas crean frente al material y a través de él (E. Karana, Hekkert, & P, 2008). Esta consta de 4 niveles experimentales:

-Nivel sensorial: Cómo sentimos el material por medio de nuestros sentidos.

-Nivel Interpretativo: El significado que le otorgamos.

-Nivel Afectivo: La experiencia emocional, cómo me hace sentir.

-Nivel Performativo: Que me hace hacer, cómo lo manipulo.

Para esto propone herramientas para la evaluación perceptual y se eligen los 3 primeros que son los más aplicables a una posterior apreciación.

Se evalúa en base a un diferencial semántico, que es un instrumento de evaluación psicológica de la autoría de Charles Osgood. Donde se presentan significados opuestos, pero entre cada extremo hay valores intermedios, lo que hace que, frente a un criterio, la persona se incline a uno de estos dos polos o se mantenga en posición neutra (Osgood, 1957)

Se hizo una revisión del método práctico del MDD de Karana presentado en el paper “Experiential characterization of material: Toward a toolkit” (Camere & Karana, 2018), que propone los significados en pares opuestos más adecuados y aplicables frente a un material genérico, pero para motivos de este proyecto se adapta la lista a nuestro contexto, seleccionando los que estuvieran más acorde al nuevo material y pudieran ser un aporte al análisis perceptual.

La lista final consta de 12 pares de adjetivos para el nivel sensorial, 14 pares de significados para el nivel interpretativo y 9 pares de significados emocionales para el nivel afectivo.

Grupos de estudio

Para la evaluación perceptual, se aplicó a 3 grupos de personas con tópicos coherentes para la investigación:

- Grupo asociado al diseño: Conformado por personas con formación profesional ligada al diseño, las artes o la arquitectura.
- Grupo de personas con conciencia ecológica: Conformado por personas que se ocupan de proteger el medioambiente, realizando alguna actividad ligada a esto.
- Grupo de control: Compuesto por personas de cualquier ámbito, mayor de 18 años, con ninguna profesión requerida y que no pertenezcan a los 2 grupos antes mencionados.

Se encuestaron a 50 personas en total, 16 del grupo a), 16 del grupo b) y 18 del grupo c).

Antes de comenzar, se les explicó el contexto del proyecto, sin mencionar de que estaba conformado el material, pidiendo la evaluación respecto a su experiencia y aclarando que los adjetivos presentados no tenían ninguna connotación negativa ni positiva para el análisis, sino más bien sólo eran datos subjetivos.

Se esclarece también sobre la puntuación, que se podía inclinar por cualquiera de los dos adjetivos, eligiendo el que mejor representaba el material y marcando la intensidad entre 1 y 2 como se muestra en la Figura 39 y que el cero representaba neutralidad entre ambos conceptos.

Para el nivel sensorial se mostraba una ilustración (Figura 39) que describía el adjetivo, los otros 2 niveles eran más bien abstractos, así que se dejaron llevar por su concepción del significado.

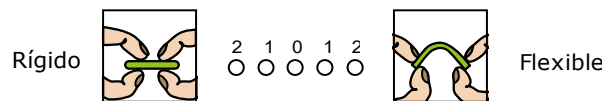


Figura 39. Ejemplo de ilustración y puntuación.
Elaboración propia.

Para la aplicación de la encuesta se seleccionaron 3 formas moldeadas (Figura 40) y se entregaron en conjunto con la encuesta por escrito (que se encuentra completa en el anexo 9). Estas formas se eligieron con el fin de que la persona tuviera alguna noción de las posibilidades existentes en los distintos formatos, pero se aclara que para la encuesta no se basen en la forma sino más bien sólo en el material.

Una vez terminada la encuesta, se pidió una pequeña retroalimentación donde se preguntaba en que producto se imaginaba el material, también si lo veía en interior o exterior y dónde o en que contexto lo proyectaba. Para finalizar, se revela que el material es hecho de residuos, cáscara de nuez y poliuretano biocompatible.



Figura 40. Formas usadas para la encuesta perceptual. Elaboración propia.

4. Diseño del producto

4. Métodos: Objetivo 4

“Validar el material mediante aplicaciones de diseño.”

4.1 Diseño sostenible y valorización del material

Hoy en día, es muy importante la experiencia del usuario, y el material es pieza importante en esta tarea. La materialidad entrega personalidad al producto, invita al usuario a experimentar en toda la gama de sentidos, pero es importante considerar el rol que ocupa el usuario en la sociedad, para sentirse identificado con el material y con los ideales que se desea expresar o abanderar, como por ejemplo los materiales sustentables, biodegradables y el respeto por el medioambiente. Sin duda el material es importante pero también depende mucho del diseño del producto, su funcionalidad, lo visual y las texturas.

Si bien el ciclo más común sería diseñar un producto y luego elegir la materialidad, en esta ocasión se parte desde el material para desarrollar aplicaciones, teniendo en cuenta sus características físicas y comportamientos frente a la aplicación de fuerzas.

Para nuevos materiales explorados, existen metodologías para llevar a cabo un producto. La que expondremos a continuación (Figura 41) contiene 5 etapas y pertenece a “Materials and design. The Art and Science of Material Selection in Product Design”; Primero está el levantamiento de datos sobre el material, por medio de pruebas y ensayos, luego se presenta el análisis y procesamiento de todos estos datos, para posteriormente concretar en una tabla de caracterización técnica del material en conjunto con los parámetros para diseñar como el modo de conformado o el mecanizado, por consiguiente, explorar entre sus potenciales aplicaciones y finalmente el producto (Ashby, 2002).

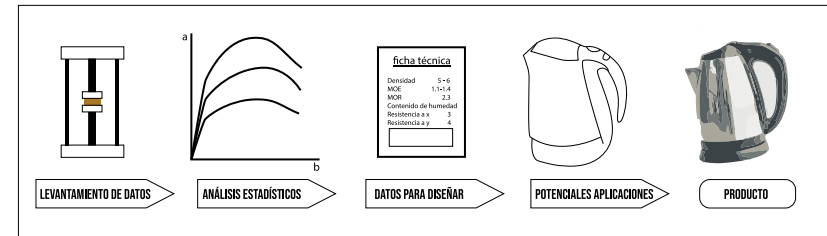


Figura 41. Diseño desde el material. Elaboración propia, basada en(Ashby, 2002)

También existen 2 ámbitos más, uno relacionada a lo ambiental, donde es requerida la información sobre la fabricación del material, el uso y la eliminación del producto, y dos, el diseño del producto y su interacción con el usuario con la conexión emocional y perceptual del material y del producto.

Siguiendo la metodología, se utiliza como base la “Estructura de información para el diseño de producto” Figura 42 planteada por Ashby, que resume un sistema de 5 guías; Intención, estética, percepción, procesos, material, y combinados dan soluciones que encarnan el producto que representa también al concepto.

Para objetivos de este proyecto, se justifica utilizar el diagrama ya que se puede abordar desde el material, dependiendo las otras cuatro aristas de éste.

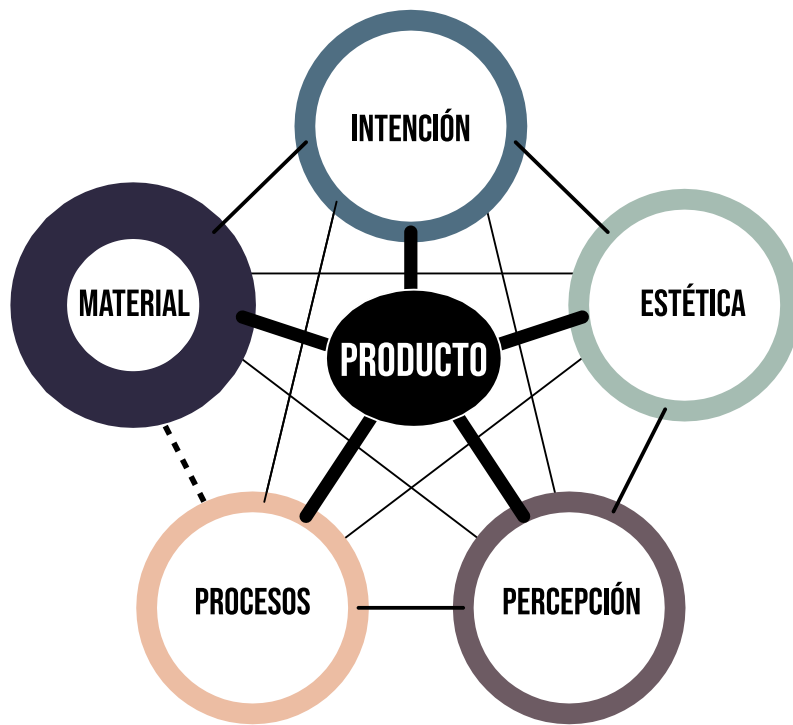


Figura 42. Estructura de información para el diseño de producto.
Elaboración propia, basada en (Ashby, 2002)

Material: Ficha técnica, son los atributos físicos y mecánicos que se tienen disponibles, en cuanto a las limitaciones, también se presentan las características percibidas desde el punto de vista del diseñador, como detalles o particularidades descubiertas.

Estética: Son los atributos sensoriales, tales como los visuales, táctiles, acústicos y olfativos en concordancia con el material.

Percepción: Se relaciona a conceptos o adjetivos que se le puede otorgar al material, en este proyecto, éste y el punto anterior se resumen en el análisis perceptual.

Intención: Las visiones generales que guían lo que el diseño de producto debe ser como, por ejemplo: diseño para grupos en específico de personas, de masas, de conciencia, de pensamiento.

En cuanto a la forma del producto se basa en las características de todos estos puntos, pero trascendentemente en las del material, por lo que las propiedades y características definen las restricciones que son importantes para la génesis formal, y el aplicarlas es parte fundamental del acto de selección, por lo que se descartan las soluciones que no cumplan las limitaciones.

En síntesis, se aplicarán combinaciones entre los 5 campos de la Figura 42, para dar soluciones en productos.

Además, para corroborar los resultados y ejecutar la selección de propuesta de producto se hará por medio de una matriz de Pugh para compararlos por medio de puntajes.

En las columnas se colocaron en orden: La intención, la propuesta de producto, luego los ámbitos: Material, donde se presentan las propiedades y cualidades encontradas; Perceptual, que obedecen al análisis perceptual; Procesos, que se relacionan con la fabricación del material y los tratamientos que soporta; y el puntaje total. Se valoró cada propiedad con +1, 0 y -1, lo que se traducía respectivamente en que, si la propiedad aportaba a la propuesta, no influía o influía negativamente.

Además de sumar el puntaje, se tiene en cuenta que son descartadas las propuestas que no cumplen con limitaciones significativas, cómo por ejemplo si una propiedad es que posee degradabilidad en tierra, son descartadas las propuestas que se relacionan con la jardinería, cómo macetas de plantas por tal restricción.

Las propuestas seleccionadas se presentan en casilla verde, las descartadas en rojo y las restantes alcanzaron un puntaje precario.

Tabla 18. Matriz de Pugh elaborada para la comparación de propuestas de diseño. Elaboración propia.

Intención	Propuesta de producto	Material			Perceptual			Procesos			Puntaje total
		Propiedad A	Propiedad B	Propiedad C	Propiedad D	Propiedad F	Propiedad G	Propiedad H	Propiedad I	Propiedad J	
Intención 1	Propuesta 1										
	Propuesta 2										
Intención 2	Propuesta 3										
	Propuesta 4										
Intención 3	Propuesta 5										
	Propuesta 6										

Resultados y discusión de resultados.

A continuación, se exponen los resultados de cada punto descrito anteriormente en la Metodología.

1. Identificación y caracterización del residuo y la industria de la nuez.

1.1 Entrevista a peladores

Se realizó una entrevista a 5 peladores de la zona de Paine, entre los 28 a los 68 años, en su totalidad mujeres dueñas de casa.

Como resultado de la entrevista se alcanza un perfil similar entre las entrevistadas, concluyendo que todas son mujeres pertenecientes a un sector económico bajo, dueñas de casa y realizan esta labor para aumentar sus ingresos. Trabajan entre abril a noviembre, con un aproximado de 250-300 kilos semanales, donde la familia ayuda en la labor. Se pudo corroborar que la cáscara queda como residuo limpio, guardado bajo techo y es retirado por la persona que abastece o es regalado.

El proceso de pelado de nueces es (Figura 43):

1. Partir todas las nueces por la mitad.
2. Abrirlas y sacar la cáscara → aquí sale la cascara del proceso, limpia y guardada en saco.
3. Clasificar las nueces por color o tamaño.
4. Entregar las nueces al proveedor, algunos proveedores reciben también la cáscara, otros en cambio, la dejan a cargo del pelador y este ve lo que realiza con ella.

En trabajo de campo se pudo apreciar que los peladores en su mayoría guardaban las cáscaras en los mismos sacos que se le entregaban apenas pelaban. También se observó que los guardaban bajo techo y resguardados hasta que eran retirados por los mismos contratistas que se llevaban las nueces peladas. Por lo que se tiene como antecedente que las cáscaras vienen en buen estado para procesarlas, proyectándolo a futuro.

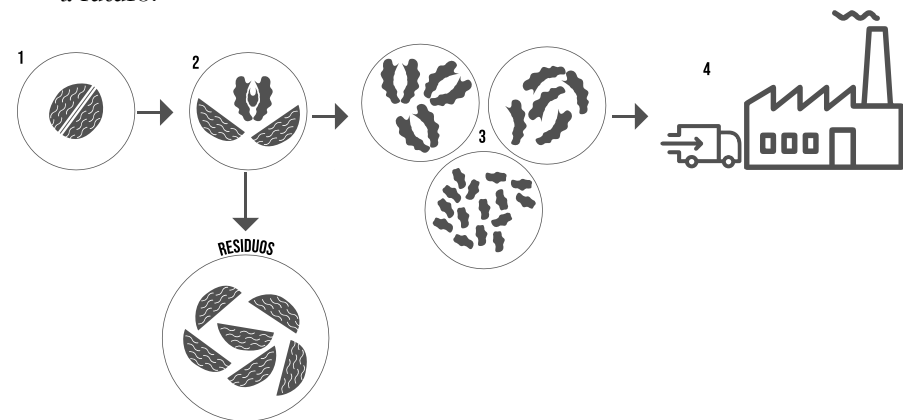


Figura 43. Ciclo del pelado de la nuez. Elaboración propia.

1.2 Preparación de materia prima y densidad aparente.

Los resultados de la etapa de preparación de materia prima, nos ayudó a corroborar los pasos adecuados a seguir para la fabricación de tableros de mayor escala.

Etapa de limpiado:

El estado de las cáscaras fue favorable para la investigación, ya que traía en menor cantidad restos de tierra y piedras, que eran fácilmente separadas manualmente.

Etapa de molido manual:

El molido manual requiere de mucho trabajo y esfuerzo por la naturaleza de la fibra ya que es muy dura y el molino de granos se traba porque se meten pequeños trozos a los discos

Etapa de tamizado:

Si bien el tamizado manual aporta a que las partículas usadas sean más homogéneas, levanta mucho polvo de cáscara al ambiente, haciendo que el uso de mascarilla y lentes sea obligatorio.

Etapa de secado:

Para acelerar el proceso de secado, se revuelve el molido cada cierto tiempo, para tener un secado uniforme y no quede atrapada la humedad.

Etapa de mezclado:

Se concluye que el mezclado de cáscara y adhesivo debe hacerse con las manos y no por medio de herramientas, ya que es la mejor forma de que se impregne.

Etapa de moldeado:

Para que quede bien prensado, se aplasta de a poco mientras se va incorporando la mezcla, así quedan menos espacios sin material.

Etapa de Curado:

Entre el curado en estufa y el curado a temperatura ambiente no hay mayor diferencia, ya que demoran tiempos muy parecidos, por lo que para una posterior no se curará en horno.



*Figura 44. Probetas fabricadas en la etapa de experimentación.
Elaboración propia.*

1.3 Experimentación con adhesivos

Midiendo el aspecto de las muestras, se observa que todos tienen una terminación opaca, excepto el poliuretano biobasado, De la experimentación también se extrae que la muestra realizada con melamina urea formaldehído (MUF) se desgranó casi completamente (Figura 45), a causa de una deficiente aglutinación, infiriendo que faltó más porcentaje de adhesivo.

La muestra de fenol formaldehído (FF) se aprecia un tanto frágil, ya que se le despegó material. No así la de urea formaldehído (UF) que se observa más entera.

Todas estas resinas tóxicas presentaron un olor apestoso que no se quita con el tiempo.

En cuanto a las muestras de PVA, la que se conformó al 15% de PVA y 85% de cáscara, tuvo pequeñas roturas y las de 20% de adhesivo de desgrana también, pero en menor medida.



Figura 45. Resultados de la experimentación con adhesivos disponibles. Elaboración propia.

Se conformaron muestras utilizando el polvo de la cáscara de nuez (Figura 46) para descubrir si se le podía otorgar un uso y no desecharlo. Las dos primeras están hechas de cáscara y PVA en porcentajes de 15 y 20%, pero al cabo de un par de meses se logra observar que la primera muestra, con menos adhesivo, cambió de color a un color más oscuro, entrando en la etapa de descomposición.

Se descarta fabricar los tableros con polvo porque absorbe mayor cantidad de adhesivo que las con grano más grande.

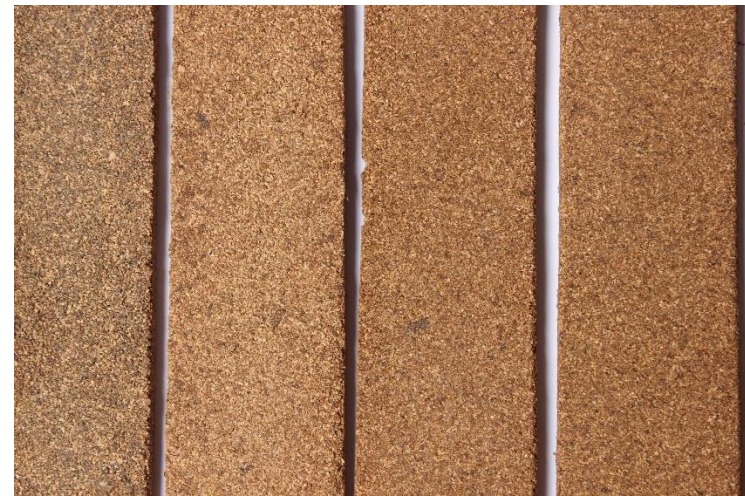


Figura 46. Muestras de polvo de cáscara de nuez y poliuretano biobasado. Elaboración propia.

Debido a la fragilidad de las muestras y la toxicidad de los adhesivos, se descarta trabajar UF, FF y MUF.

Entre el PVA y el PU biobasado, se descarta utilizar el PVA por el desgrane la terminación superficial opaca que presenta y por su inminente pudrición o degradabilidad a corto plazo, convirtiéndose en basura nuevamente.

El poliuretano cumple las expectativas de acabado superficial y de estabilidad dimensional en conjunto con los criterios de selección explicados en “Criterios de selección para el aglomerante”.

2. Componer y definir procedimiento del material

2.1 Preparación de la cáscara de nuez.

El estado de las cáscaras fue favorable para la investigación, ya que traía en menor cantidad restos de tierra y piedras, que eran fácilmente separadas manualmente.

Análisis de tamaño de partículas.

Con una muestra de 200 gramos de Cáscara de nuez molida y seca, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 19. Resultados de análisis de tamaño de partícula. Elaboración propia.

Tamiz (mesh)	Tamiz (mm)	Tamaño de Partícula (mm)	Masa (gramos)	%
>10	>2	Mayor a 2	1,13	0,565
10	2	Entre 2 y <0,4	196,64	98,32
40	0,4	Entre 0,4 y <0,25	1,62	0,81
60	0,25	Entre 0,25 y <0,149	0,69	0,345
100	0,149	<0,149	0,42	0,21
		Total	200,5 *	100,25

(*) Margen de error por restos de material en tamices.

El objetivo de realizar el estudio es la elección del tamaño de grano que se utilizó en la mezcla definitiva, justificándose en los criterios de sustentabilidad vistos más atrás (Tabla 19):

- Generar la menor cantidad de desperdicio.
- Pasar el material una sola vez por el molino, que se ve reflejado en ahorro en energía.

Además, se decide elegir un solo grupo para que el aspecto sea homogéneo, como también, no utilizar el polvo porque absorbe más adhesivo.

Tomando en cuenta todo lo descrito antes, la elección de granulometría es del rango de <0,4 a 2 mm, que corresponde al 98,2% del total, teniendo muy poco descarte, alrededor de 1,93% del total.

2.2 Fabricación de tableros del material compuesto

A medida que se componían los tableros, se pudo dar cuenta de una dificultad en la etapa de prensado del material compuesto, porque si bien la presión hidráulica máxima llegaba a 25 bar, la cáscara de nuez presentaba una alta resistencia a compactarse, lo que establece que no se logró llegar a la densidad esperada de 1 g/cm^3 .

Por lo que se diferenciaron los tableros con letra A, para los que obtuvieron mayor prensado, material y se esperaba una densidad de 1; y B para los tableros que se fabricaron a menor presión, menos material y se esperaba una densidad de 0.8 g/cm^3 .

El primer tablero realizado fue en proporción 80/20, cáscara/adhesivo, pero fue descartado rápidamente por la gran cantidad de adhesivo con relación a una escala industrial, quedando espumado por la saturación (Figura 47).

En la Tabla 20 se exponen todos los tableros realizados con la presión ejercida, en general hubo una buena consistencia en los tableros B, pero a pesar de los problemas de presión, destacó la conformación de los tableros A.



Figura 47. Tablero espumado. Elaboración propia.

Tabla 20. parámetros de confección de tableros y observaciones. Elaboración propia.

N° de Tablero	% Cáscara	% Poliuretano	Densidad proyectada (g/cm^3)	Presión (bar)	Medidas de tablero (mm^3)	Observaciones
1	80	20	0,8	15	350x350x10	Espumado
2	90	10	0,8	15	300x300x10	Buena consistencia
3	90	10	0,8	15	450x450x10	Buena consistencia
4	90	10	0,8	15	450x450x10	Buena consistencia
5	90	10	0,8	20	450x450x10	Buena consistencia
6	90	10	1	15	300x300x10	No llega al espesor
7	90	10	1	20	450x450x10	Problemas de estabilidad dimensional
8	90	10	1	25	450x450x10	Excelente consistencia
9	90	10	1	25	450x450x10	Excelente consistencia
10	90	10	1	25	450x450x10	Excelente consistencia

3. Ensayos del material

3.1 Ensayos físicos

3.1.1 Densidad

Utilizada la fórmula de densidad, se expresan los resultados a continuación, en la Tabla 21.

En promedio, el grupo de muestras con mayor densidad fue A con 0.77 g/cm^3 , la sigue B con 0.68 g/cm^3 y muy cerca la densidad de M de 0.67 g/cm^3 .

Para revisar si existe una diferencia estadísticamente significativa se utilizó el software Graphpad prism, dónde se realizó un análisis ANOVA entre los 3 grupos, encontrando una diferencia significativa sobre el grupo de muestras A en comparación con los demás.

Tabla 21. Resultados de la determinación de densidad. Elaboración propia.

Muestra	Densidad (kg/m ³)	Densidad (g/cm ³)	Promedio de densidad
A1	800,08	0,8	0,77
A2	712,36	0,71	
A3	777,58	0,78	
A4	784,89	0,78	
A5	740,37	0,74	
A6	796,62	0,8	
A7	818,68	0,82	
A8	748,31	0,75	
B1	704,26	0,7	0,68
B2	694	0,69	
B3	701,63	0,7	
B4	646,26	0,65	
B5	662,02	0,66	
B6	657,53	0,66	
B7	731,12	0,73	
B8	643,17	0,64	
M1	670,88	0,67	0,67
M2	638,62	0,64	
M3	703,27	0,7	
M4	626,61	0,63	
M5	670,56	0,67	
M6	699,71	0,7	
M7	639,51	0,64	
M8	676,49	0,68	

En el gráfico de densidades en la Figura 48 se puede apreciar de mejor manera la relación entre los 3 grupos, demostrando la baja desviación estándar en cada uno de ellos. Además, la similitud entre densidades entre el grupo B y Masisa y también la diferencia más notoria con A.

La diferencia de densidad entre A y B es notoriamente a causa de que A contiene más cantidad de cáscara de nuez que B y ambos poseen un 10% de adhesivo, ya que el fin de las variaciones era que tuvieran diferentes densidades, pero en efecto las muestras A y B no llegaron a la compactación esperada pese usar una maquinaria de alta presión, debido a la resistencia de las partículas de cáscara de nuez a ceñirse más entre ellas

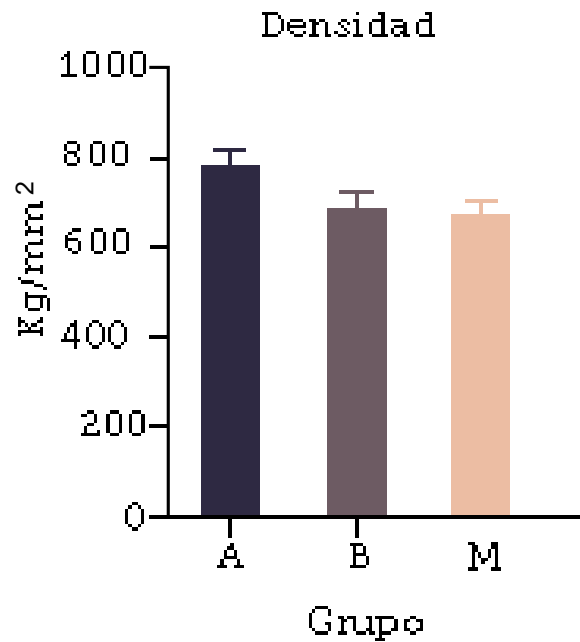


Figura 49. Gráfico de resultados de densidad con la desviación estándar. Elaboración propia.



Figura 48. Densidad de A y M. Elaboración propia.

3.1.2 Contenido de humedad

Los resultados de la determinación de contenido de humedad se expresan a continuación en la Tabla 22.

El porcentaje de contenido de humedad del material compuesto (A y B) está muy por debajo con la Masisa, esto se puede considerar que es más apto a estar en ambientes húmedos que M, el que cuadruplica el valor de A.

Según el análisis ANNOVA entre los grupos A y B, existe una diferencia que es considerada estadísticamente significativa. Y Por consiguiente entre A y M, B y M también existe esta diferencia mucho más marcada.

Tabla 22. Resultados de contenido de humedad en base seca. Elaboración propia.

Grupo	Muestra	Contenido de humedad en base seca (%)	Promedio (%)
A	A1	2,86	2,59
	A2	2,46	
	A3	2,47	
	A4	2,58	
B	B1	4,86	4,16
	B2	4,29	
	B3	3,70	
	B4	3,77	
Masisa	M1	10,65	11,48
	M2	12,17	
	M3	10,99	
	M4	12,08	

Estos resultados se podrían relacionar con la diferencia de aglomerantes que posee en comparación a la Masisa, ya que el aglomerante utilizado posee un gran poder hidrofóbico y los aditivos usados en M (resina, urea y cera) están por debajo de esa capacidad. Agregar además que la cáscara de nuez como fibra es menos hidrofílica que la madera, por lo que absorbe menor humedad.

Asimismo, se encontró una relación de proporcionalidad inversa en cuanto a la densidad de A y B, por lo que, al aumentar la densidad, menor es el contenido de humedad de la muestra.

Con M no se puede suponer lo mismo porque la materialidad es diferente.

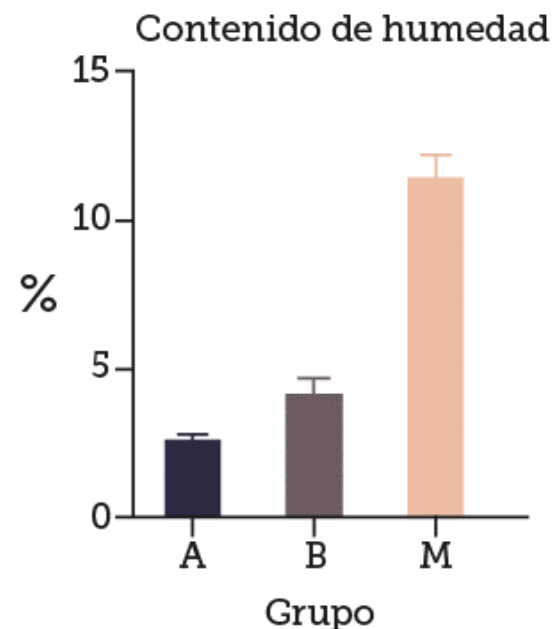


Figura 50. Gráfico de contenido de humedad en base seca. Elaboración propia.

3.1.3 Hinchamiento y Absorción de agua.

Utilizada la fórmula de hinchamiento y absorción de agua, se presentan los resultados en la Tabla 23

Si bien, entre A y B poseen distinta disposición de elementos, en cuanto a hinchamiento no existe mayor diferencia numérica, pero si estadísticamente significativa, se observa un hinchamiento levemente superior en el grupo A de una diferencia menor a 1%. Por otro lado, existe la disparidad abismante y significativa con el grupo de Masisa con un 22,16%, triplicando el valor del material compuesto de cáscara de nuez de un aproximado 7%.

En los resultados de absorción de agua la diferencia entre los 3 grupos no es tan notoria ni estadísticamente significativa como en el punto anterior, pero la Masisa lidera de igual forma con un porcentaje de 44,27% en comparación al grupo A con un 40%, variable que es más densa que las otras 2 (Figura 51).

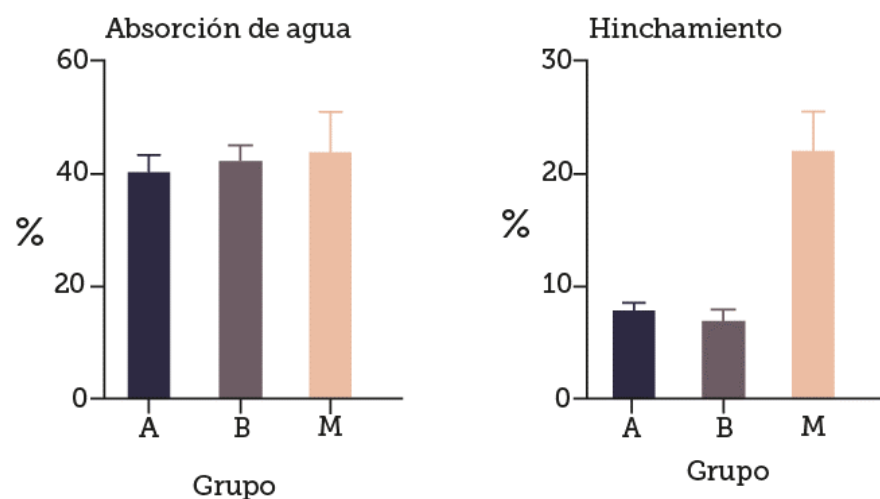


Figura 51. Gráfico de Absorción de agua e Hinchamiento. Elaboración propia.

Tabla 23. Resultados de hinchamiento y absorción de agua.

Elaboración propia.

Grupo	Muestra	Hinchamiento (%)	Absorción (%)
A	A1	6,97	43,12
	A2	8,47	41,77
	A3	8,43	34,27
	A4	7,50	41,20
	A5	8,42	41,88
	A6	8,05	43,29
	A7	7,68	40,82
	A8	6,36	38,19
	Promedio	7,73	40,57
B	B1	7,01	44,91
	B2	5,14	45,19
	B3	6,91	44,49
	B4	7,40	43,03
	B5	6,01	43,24
	B6	7,43	43,00
	B7	7,82	39,87
	B8	7,95	38,56
	Promedio	6,96	42,79
Masisa	M1	21,79	43,26
	M2	18,28	39,85
	M3	21,28	59,84
	M4	28,26	47,64
	M5	20,00	38,90
	M6	26,49	42,59
	M7	20,11	41,58
	M8	21,05	40,48
	Promedio	22,16	44,27

3.2 Ensayos mecánicos

3.2.1 Ensayo Internal Bond (IB)

Los resultados del ensayo de resistencia a la tracción perpendicular a las caras del tablero (IB) se presentan resumidos en la siguiente tabla (Tabla 24), los detalles de resultados están en el anexo 8.

Según el análisis estadístico ANNOVA, la diferencia entre A, B y M es significativo, en efecto A resistió el triple de carga de M y en observación del ensayo la Masisa no admitió mayor esfuerzo y se despegaba al instante.

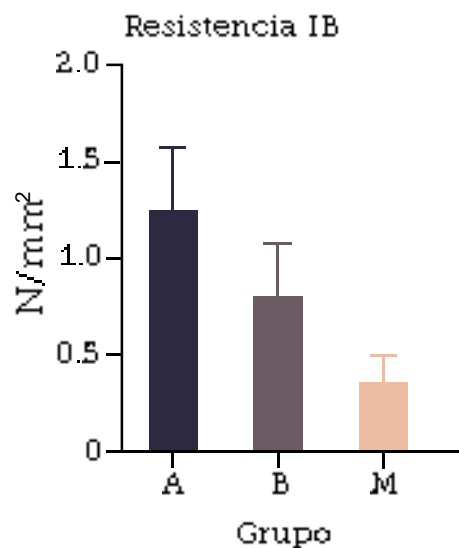


Figura 52. Gráfico de resistencia a la tracción perpendicular a las caras. Elaboración propia.

Tabla 24. Resultados a la tracción perpendicular. Elaboración propia.

Grupo	Muestra	Resistencia (N/mm ²)	Promedio de resistencia (N/mm ²)
A	A1	1,53	1,26
	A2	0,90	
	A3	1,13	
	A4	1,45	
	A5	0,74	
	A6	1,20	
	A7	1,72	
	A8	1,38	
B	B1	1,08	0,81
	B2	0,61	
	B3	0,60	
	B4	0,91	
	B5	0,89	
	B6	0,38	
	B7	1,17	
	B8	0,85	
Masisa	M1	0,50	0,36
	M2	0,35	
	M3	0,36	
	M4	0,08	
	M5	0,29	
	M6	0,42	
	M7	0,46	
	M8	0,45	

Cómo demuestra el gráfico de la Figura 52 el adhesivo de A y B es muy potente, sobrepasando con creces a la resistencia de M.

Además, un punto importante al analizar estos resultados fue que con el grupo A y B, el ensayo no siguió su procedimiento normal, ya que, al ensayar cada muestra, la mayoría se despegó de los dados y no hubo una ruptura en la mitad de la estructura, teniendo que volver a adherirlas a los dados y ensayarla nuevamente, lo que llevaba a un resultado parecido o desprendiendo una cara muy delgada de la muestra cómo se observa a continuación en la Figura 53. Esto sucedió con casi la totalidad de ellas.



Figura 53. Desprendimiento de una de las caras en ensayo de tracción perpendicular. Elaboración propia.

De todo lo mencionado anteriormente, se infiere que el aglomerante de poliuretano usado en nuestro material de estudio es más resistente al adhesivo hot melt utilizado en el ensayo.

3.2.2 Ensayo de flexión

Tabla 25. Resultados de flexión.

Grupo	Probeta	Módulo de ruptura	Módulo de elasticidad	Esfuerzo de fluencia
		(MPa)	(MPa)	(MPa)
A	A1	3,85	574,80	3,52
	A2	4,01	508,00	3,54
	A3	2,91	349,10	2,72
	A4	3,96	456,00	3,59
	A5	4,37	581,20	3,6
	A6	4,90	602,30	4,44
	Promedio y Desviación estándar	4 y 0,65	511,9 y 96,51	3,57 y 0,54
B	B1	5,59	670,50	4,93
	B2	5,48	623,70	4,89
	B3	4,23	611,70	3,9
	B4	3,43	354,60	3,11
	B5	3,72	534,60	3,26
	B6	2,99	383,00	2,67
	Promedio y Desviación estándar	4,2 y 1,08	529,68 y 132,35	3,79 y 0,95
M	M1	13,57	2106,00	12,23
	M2	14,18	2140,00	12,51
	M3	13,68	2091,00	12,24
	M4	12,53	1989,00	11,44
	M5	11,74	1498,00	11,15
		Promedio y Desviación estándar	13,14 y 0,98	1964,80 y 266,94

Según muestra la Tabla 25, A y B, tienen un Módulo de rotura de 4 y 4,2 MPa respectivamente, sin presentar una diferencia estadísticamente significativa entre ellas, pero si en comparación con las muestras de M, triplicando su valor de 13,14 MPa.

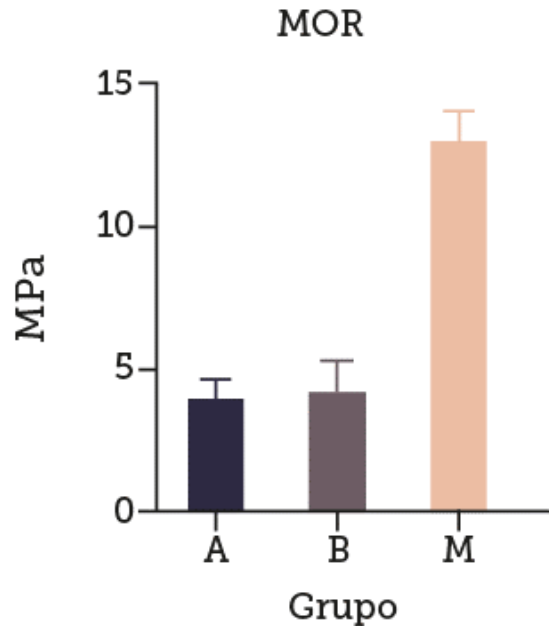


Figura 54. Gráfico de barras representando el módulo de ruptura. Elaboración propia.

En cuanto al Módulo de elasticidad, tampoco hay diferencia estadísticamente significativa entre A (511,9 MPa) y B (529,68 MPa). Además, la desviación estándar es muy variada, lo que puede deberse a la conformación y variables de fabricación del tablero. Por otro lado, el valor de M está muy por encima de A y B, lo que quiere decir que el material compuesto por cáscara de nuez es más elástico.

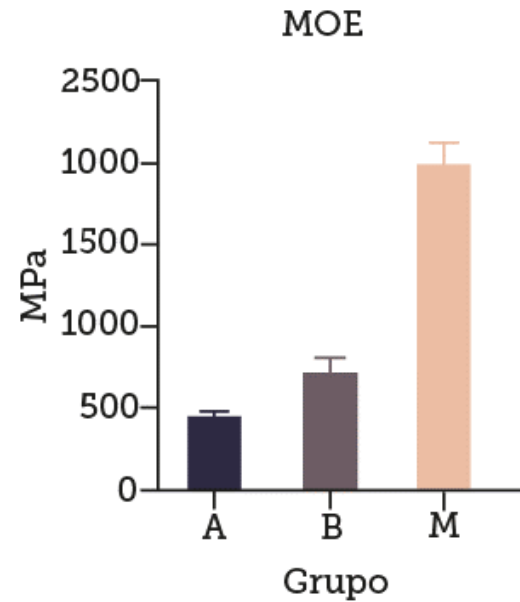


Figura 55. Gráfico de barras representando el Módulo de elasticidad. Elaboración propia.

Esfuerzo de fluencia y elección de condición A o B.

Si al diseñar un producto, tomamos la variable de módulo de ruptura, podríamos llevar el material hasta el colapso o hasta su esfuerzo máximo, lo que vendría siendo como “diseño plástico”(Corporación de Desarrollo Tecnológico, 2008), es por esto que el esfuerzo de fluencia es una característica intrínseca y muy importante al momento de tomar decisiones de diseño ya que es el límite de la zona elástica y la plástica de un material, es decir que la zona elástica, es la de uso normal de un producto, donde las fuerzas aplicadas en él, no causan algún tipo de deformación irreversible, en cambio la zona plástica es donde el material sufre deformaciones permanentes superando el comportamiento.

En general el material compuesto tiene un comportamiento más rígido y poco resistente a la flexión en comparación con la Masisa por la disposición y la composición de sus fibras, ya que, a diferencia de M, que contiene fibras de aserrín alargadas y dispuestas de forma paralela como una malla, A y B están conformadas por partículas irregulares y granuladas dispuestas una al lado de otra por medio de sus lados o vértices.

Al final del subcapítulo 3.2 de ensayos mecánicos, se pudo tener un aproximado de la caracterización del material y se tomó la decisión de elegir entre A y B para proseguir con los siguientes ensayos.

En la mayoría de los ensayos A se comportó con mayor rendimiento que B, excluyendo el ensayo de flexión y una diferencia mínima en hinchamiento, visualmente son muy diferentes en la composición de las partículas porque B está menos prensado y con más espacios entremedio lo que hace que al manipularlo se desprenda poca cantidad de granos (Figura 56).



Figura 56. Condición A y B respectivamente. Elaboración propia.

3.3 Resistencia a agentes externos

3.3.1 Resistencia a las termitas

La realización de este ensayo no estuvo exenta de obstáculos, ya que en un principio hubo un error en el tamaño de la arena de cuarzo por lo que se tuvieron que repetir las preparaciones.

La duración del ensayo fue de dos meses en donde la dificultad principal fue mantener los parámetros del ambiente controlado. Se debió mantener una humedad y temperatura definida en un espacio cerrado, además de humectar los frascos de termitas una vez por semana.

El ensayo llevaba un proceso normal, pero debido a factores externos del clima, la temperatura superó lo establecido y en la última semana de prueba las termitas no sobrevivieron.

El ensayo de termitas debe tener un porcentaje del 50% como mínimo de supervivencia para que sea válido, en este caso debido a los problemas anteriormente mencionado las termitas no sobrevivieron a la prueba, pero pese a que el ensayo no se tome como válido se logra medir el nivel de ataque de las termitas en las probetas, ya que estando en las mismas condiciones hubo resultados distintos para la probeta de Masisa y el material compuesto por cascara de nuez.

Según el examen visual de cada probeta, se puede identificar el nivel de ataque según su posición y profundidad. Los resultados en la escala nivel de ataque en la probeta de Masisa fue de nivel 4 “Ataque fuerte”, ya que la perforación de entrada fue profunda, formando cavernas en el interior de la probeta, pudiendo generar un estado de destrucción avanzado, por otro lado, los resultados del material compuesto por cascara de nuez, tuvo un nivel 2 de ataque ligero por que los daños fueron superficiales y las perforaciones no causaron daños mayores a 3 milímetros.



Figura 57. Probetas expuestas al ataque de termitas, vista lateral. Elaboración propia.



Figura 58. Probetas expuestas al ataque de termitas, vista frontal. Elaboración propia.

3.3.2 Envejecimiento del material

Al cabo de un mes, el ensayo del material en contacto con la tierra húmeda tuvo como resultado observable la intensificación de su color original, pasando a ser más oscuro. Se encontró un material más húmedo y con abundante tierra. No hubo hallazgos de hongos ni tampoco signos de descomposición. Además, conservó su estabilidad dimensional.

Llegando al año y medio de prueba, el escenario es distinto. Debido a las diferentes situaciones climáticas, las muestras permanecieron totalmente cubiertas por tierra. Se observó un deterioro evidente: el material empezó a desgranarse y la cáscara se tornó más grisácea. Este cambio de color es un signo patente del inicio de la descomposición de la cáscara de nuez.

Se comprueba que el material es biodegradable a condiciones de compostaje. Al cabo de un período de dos años, la cáscara de nuez comienza su fase de descomposición y también el poliuretano, pero en menor medida.



Figura 60. Muestras de material después de 1 mes de estar en contacto con la tierra. Elaboración propia.



Figura 59. Muestras de material después de un año y medio de estar en contacto con la tierra. Elaboración propia.

3.3.3 Resistencia a rayos UV

Luego de la exposición del material al sol durante un año, se observa que tiene cambios de color, donde se vuelve más claro y amarillento, además pierde el brillo característico del poliuretano.

Se calcula el peso y se encuentra una diferencia del 10% entre el antes y el después, se puede inferir que este contraste está asociado a la pérdida de material por desgrane y también coincide con el porcentaje de adhesivo de la mezcla, que pudo haber perdido masa ya que pierde humedad de este.



Figura 61. Muestras expuestas a rayos UV. Elaboración propia

3.4 Mecanizado.

Según la tabla de evaluación de la norma ASTM D1666-17 “Métodos de prueba estándar para realizar pruebas de mecanizado de maderas y materiales de paneles de madera” (ASTM, 2017) que se muestra en se observaron los siguientes resultados

Grado		Descripción
Grado 1	Sin defectos	Sin defectos
Grado 2	Defecto leve	Desprendimiento leve (menos del 30%) de partículas, sin marcas de herramienta
Grado 3	Defecto medio	Desprendimiento leve (menos del 30%) de partículas, con marcas leves de herramienta.
Grado 4	Defecto medio alto	Defecto medio alto, desprendimiento de partículas entre 30% y 50%.
Grado 5	Defecto grave	Defecto grave, desprendimiento grave (más del 50%) de las partículas.

Para el mecanizado de corte, la Masisa tuvo un grado 2, casi calificando para el grado 1, solamente porque se desprendieron unas pequeñas capas de material. Asimismo, el material con poliuretano biobasado clasifica en grado 2, sólo que con un desprendimiento de más porcentaje que M y sin presentar marcas de la herramienta.

Con el mecanizado de lijado, se obtuvieron los mismos resultados para ambos materiales en grado 1, sin desprendimiento de partículas, pero en el caso de las muestras A, se infiere que es porque se lijaron caras planas y no vértices o curvaturas, que se esperan resultados diferentes en ese caso.

Finalmente, frente al mecanizado de perforaciones, los resultados para A son de grado 2, mientras en el caso de M, se encontraron resultados de grado 2 y grado 3 debido a la capa de conformado superior que se desprendió en mayor porcentaje que A.



Figura 62. Mecanizado de corte, lijado y perforado respectivamente. Elaboración propia.

3.5 Moldeado

Con las pruebas de moldeado se concluyó que el material no resiste aristas pronunciadas porque se desgranaban o queda muy frágil la terminación.

Con esto se concluye que el material es apto para curvas y tableros.



Figura 63. Moldeado. Elaboración propia.

3.6 Evaluación mediante análisis perceptual.

Se tabularon los datos recabados en la encuesta perceptual del material en la Figura 64 y se presentan en grupos:

- Azul representa grupo A, ligado al diseño.
- Rojo representa al grupo B, ligado a lo ecológico.
- Verde representa al grupo C, que es el de control.

Si bien son grupos diferentes, en total se observan tendencias similares.

En el nivel sensorial se muestra una inclinación por adjetivos como: no reflectante, cálido, rígido y colorido. En menor simpatía con adjetivos como brillante y oloroso.

Hacia el nivel interpretativo la diferencia es más amplia entre grupos, pero no es tan reveladora.

Se observó una clara atracción por significados como: tranquilo, acogedor, innovador, natural, artesanal, honesto y limpio. Significados muy importantes para el proceso de diseño que se muestra más adelante.

En el nivel afectivo la inclinación es por las emociones de agrado, satisfacción, sorpresa, confianza y aceptación. Que se convierten en cualidades que debieran permanecer en el producto.

Finalmente se observa que las respuestas del grupo control y el ecológico son más expresivas en intensidades, mostrando menos neutralidad que el grupo ligado al diseño.

Con todo lo explicado se logra tener una visión más amplia de la percepción sobre las cualidades demostradas en el material y nos guía a la conceptualización del producto final.

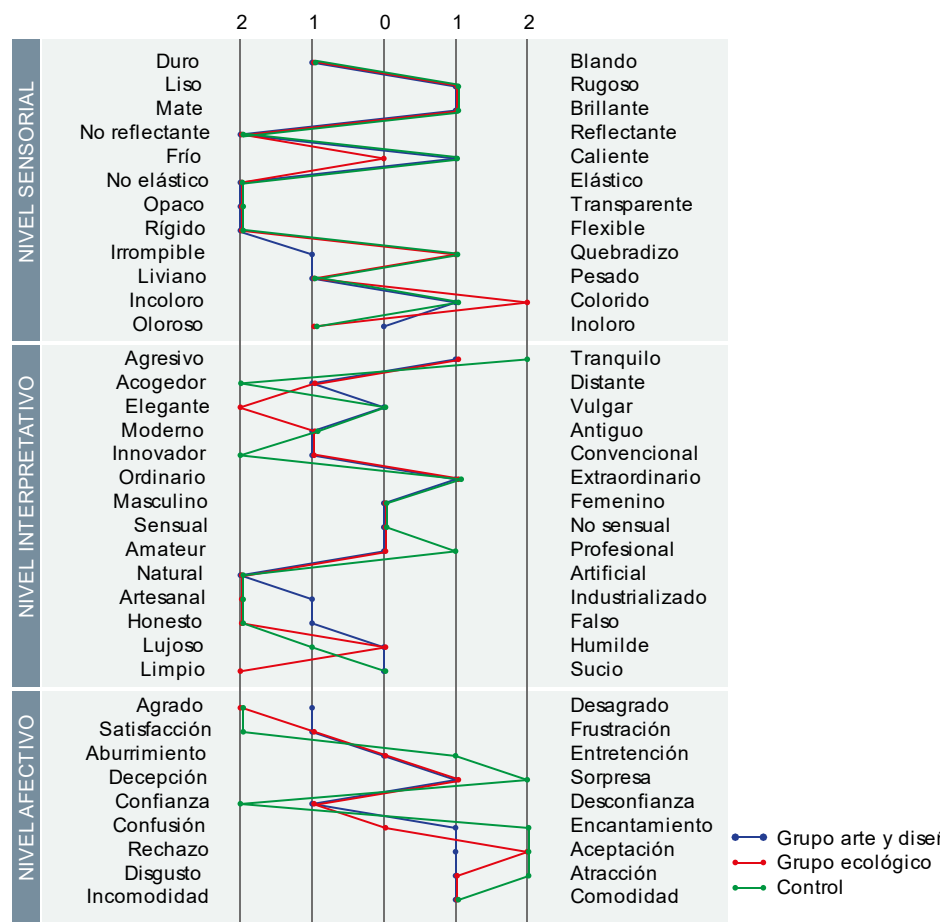


Figura 64. Resultados de la evaluación perceptual. Elaboración propia.

Prueba con corte y grabado láser

Se realizó una prueba experimental de corte y grabado láser, presenciando que logra cortar las muestras, pero queda de coloración muy oscura al quemarse.

En cuanto al grabado, se lijó primero para tener una base un poco más prolija. Se observa que logra de buena forma el grabado con un acabado que deja marcas del láser.



Figura 65. Corte y grabado láser. Elaboración propia.

Pruebas de teñido

Se realizó una corta experimentación con color y terminación, utilizando pigmentos alimentarios después de moldear, ya que no son tóxicos y están en línea con el poliuretano que posee cualidades compatibles a alimentos.

Para sellar se probó el mismo poliuretano biobasado y un sellador waterproof marca Sipa y se concluyó que los colorantes cumplen la función de teñir la cáscara, pero si o si debe ir cubierto con un sellador porque estos se salen con el agua.

Para la terminación, el sellante resistente al agua no cubre el teñido, haciendo que de igual forma se despigmente. Por otro lado, el poliuretano da un aspecto más vivo a los colores, es brillante y beneficia el material para limpiar de forma más fácil.



Figura 66. prueba de color y terminación.

También se probó pigmentando el molido de cáscara de nuez antes de todo el proceso, lo que conllevó el teñido de la cáscara y luego el secado en estufa, no aportando en el proceso total. Siendo que después de moldear quedaba más homogéneo que el método utilizado anteriormente, luego venía la etapa de lijado y desapareció la mayor cantidad de coloración. Tampoco se utiliza porque suma un nuevo proceso utilizando energías, en este caso, de la estufa.



Figura 67. Prueba de color antes de moldear. Elaboración propia.

Ficha técnica del producto

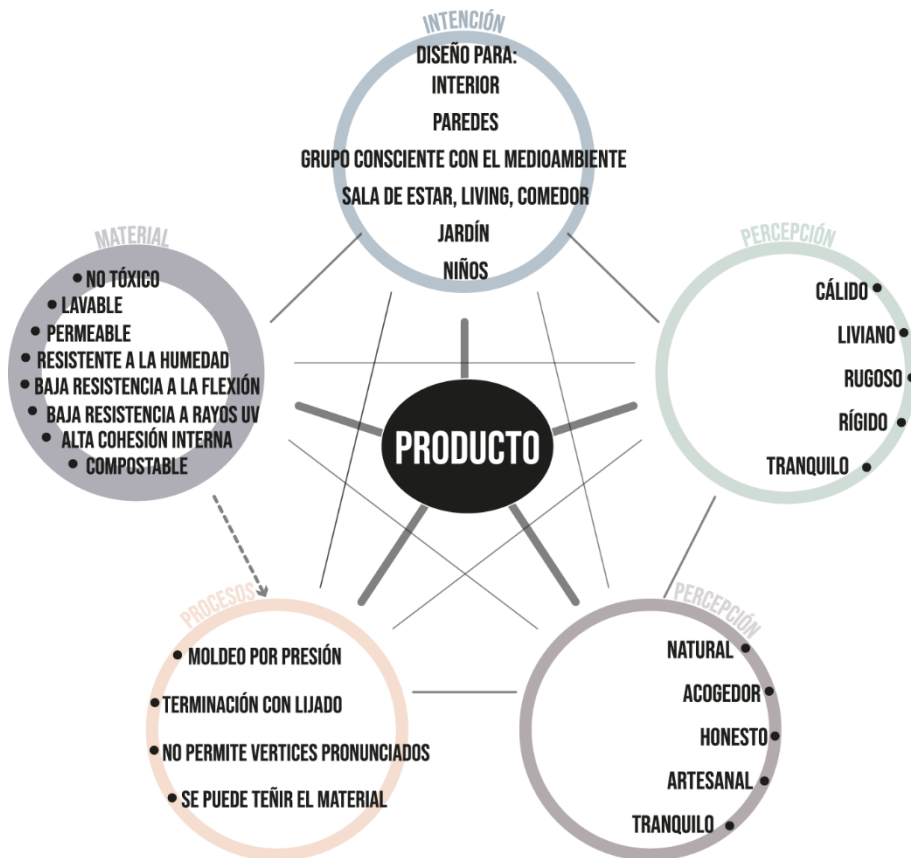
COMPOSICIÓN	
Cáscara de nuez	90%
Poliuretano biobasado	10%

PROPIEDAD	MÉTODO DE ENSAYO	UNIDAD	VALOR
Densidad	UNE-EN 323	Kg/m ³	772,36
Resistencia a la tracción IB	UNE-EN 319	N/mm ²	1,26
Resistencia a la flexión	UNE-EN 310	N/mm ²	20,4
Esfuerzo de fluencia	UNE-EN 310	N/mm ²	3,57
Módulo de elasticidad	UNE-EN 310	N/mm ²	511,9
Hinchamiento	UNE-EN 317	%	7,73
Absorción	UNE-EN 317	%	40,57
Contenido de humedad	UNE-EN 332	%	2,59
Resistencia UV	Ensayo visual	Perceptual	Media
Moldeabilidad	Moldeo por presión	Perceptual	Si
Permeabilidad	Moldeo por presión	Perceptual	Alta

MECANIZADO			
PROPIEDAD	MÉTODO DE ENSAYO	UNIDAD	VALOR
Corte	ASTM D 1666	Perceptual	Grado 2 defecto
Lijado	ASTM D 1666	Perceptual	Grado 1 sin defectos
Perforado	ASTM D 1666	Preceptual	Grado 2 defecto

PROPIEDADES PERCEPTUALES		
	ADJETIVO	VALOR
SENSORIAL	No reflectante	
	No elástico	
	Opaco	
	Rígido	
	Colorido	
INTERPRETATIVO	Elegante	
	Natural	
	Limpio	
	Tranquilo	
	Acogedor	
	Innovador	
	Honesto	
AFECTIVO	Agradable	
	Atractivo	
	Satisfactorio	

4.1 Diseño sostenible y valorización del material.



Fueron recogidas las propiedades asociadas a cada ámbito y luego de valorarlas, se descartaron las propuestas que se referían al exterior puesto que, al tener baja resistencia a rayos UV, es limitante para el uso de un eventual producto porque el material pierde la cohesión proporcionada por el adhesivo, resquebrajándose, perdiendo masa y desgranando. Respecto a este punto se descartó: Mobiliario de exterior, recubrimiento de exterior, maceta de exterior, luminaria de exterior. También se descartaron las propuestas relacionadas a Jardinería, todo tipo de macetas, por la cualidad de degradabilidad en tierra que presenta el material.

El último ítem importante para el descarte fue la propiedad de retener partículas de alimento entre sus fibras, lo que podría causar pudrición o mal olor. Esta cualidad es mejorable al tratar el material rellenando su porosidad, pero no se puede llegar a cada poro y tampoco es lo que se busca, ya que es una característica intrínseca. Respecto a este punto se eliminó toda propuesta vinculada a alimento: Packaging de alimento, contenedores de comida o frutas, tabla de cóctel.

Con todo esto previsto se seleccionaron los mejores evaluados: Juguete para niños, recubrimiento de pared para interior y luminaria para interior.

Juguete:

Luego de la elección de esta propuesta se revisaron los beneficios de realizar un juguete para niños. Entre ellos se encuentra que el estado del arte presente posee mayoritariamente el uso de polímeros y en menor medida la madera. El aporte de realizarlo con el material desarrollado en este proyecto combina lo positivo de ambos mundos, haciendo que el poliuretano haga del juguete un objeto resistente al desgaste, añadiendo una capa protectora, brillo y haciéndolo más manejable a la hora de limpiar.

La cáscara de nuez en comparación a la madera, tienen similitud en aspecto, pero permite procesamiento que la madera no, como ser moldeado. Lo que aporta procesos de menor consumo energético en contraste con la industria de juguetes de madera, donde por lo general se utilizan formatos planos, tableros compactos bajo el uso de prensas industriales o elementos torneados.

El material compuesto de cáscara de nuez promueve una alternativa de fabricación con procedimientos más sustentables, utilizando menos energía y maquinaria.

Un punto importante es que los juguetes generalmente son pasajeros porque aplican a cierto margen de edad y son sometidos a alto desgaste. El beneficio de la utilización del nuevo material es que puede ser devuelto a la tierra por medio de compostaje o reutilizando sus componentes porque se puede volver a procesar.

El material además posee componentes que no son tóxicos, el adhesivo es compatible con alimentos, por lo que no hay problemas si el niño se lo lleva a la boca.

En un primer acercamiento, el material tolera volúmenes simples y sin vértices agudos por lo que es concordante a edades más tempranas.

Una de las metodologías donde es compatible el material es la Montessori, que fomenta el uso de juguetes de madera por sobre los de polímeros, debido a la información que entrega.

La madera, evoca lo natural, tiene textura superficial, patrones, sensaciones que otros materiales no poseen, es táctil y se percibe cómo

calidez, se asocia a olores característicos y a lo artesanal (Mike & Kara, 2002).

El nuevo material también contiene estas características y percepciones, además de tener información valiosa en texturas.

La esencia del método Montessori recae en la independencia del niño desde muy pequeño, siendo la base el poder explorativo ligado a las experiencias absorbidas.



Figura 68. Arcoíris Waldorf, ejemplo de juguete Montessori (Alupé, 2016).

Debido a la vasta información del material, nos centraremos en la segunda fase de desarrollo, desde los 2-3 años hasta los 6 instancia en que el aprendizaje comienza a ser activo y en el cual el niño comienza a desarrollar la mente consciente (Bojorque Iñegues, Paltán Zumba, & Quilli Morocho, 2011; Britton, 2000).

Montessori se basa en aprender a través de los sentidos y se da por hecho que los niños tienen motivación innata para aprender y dentro de las habilidades que desarrollan los juguetes bajo esta modalidad se encuentran motricidad fina, razonamiento lógico, clasificación y asociación, coordinación ojo mano y sentido de observación (Britton, 2000). Por esto se desarrolla una génesis formal teniendo en cuenta las restricciones del material y definiendo parámetros elocuentes a la edad establecida del niño y las habilidades que se busca desarrollar.

Los parámetros son:

- Juguete didáctico para niños entre 3 y 6 años.
- Formas simples y pertenecientes a la experiencia con elementos cercanos.
- Ideal para el desarrollo de la percepción visual, la motricidad fina, el razonamiento lógico y la coordinación ojo-mano. Para este fin se busca que sea un set de piezas encajables, pero con volumen.

Se acoge al concepto natural colorido, eligiendo de referente frutas, siendo estas un campo dominado por el usuario. Se busca también la forma más simple de representar estas y se cuestionan el tamaño de cada fruta.

Se eligen las más reconocibles: Manzana, plátano, limón, pera y naranja. Y para encajarlas se asocia a una cesta de frutas, de la forma más fácil y conocida, sin vértices que también pueda cumplir el rol de proteger y contener las frutas mientras está guardado el set.

Las formas se ligan a lo natural, tranquilo y honesto, transformándose volúmenes con curvas hápticas, envolventes y fluidas. El camino fue cada vez suavizar más las curvas, para que el material moldeara de buena forma y los niños pudieran interactuar con su formato.

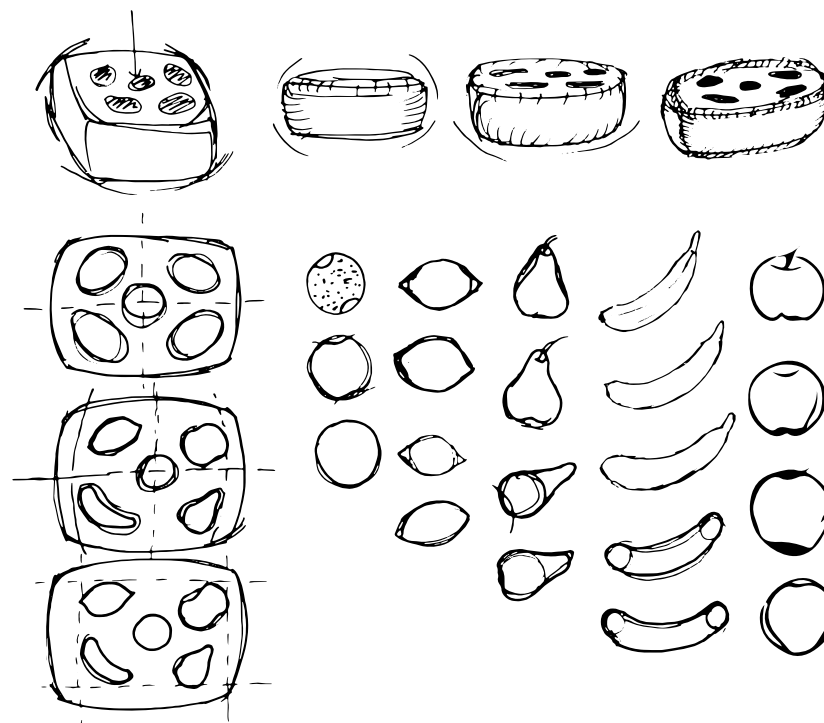


Figura 69. Bocetos de génesis formal. Elaboración propia.

En qué consiste el juguete:

Se diseñó un set de 16 piezas encajables, que consta de una base, 5 frutas completas y 5 frutas partidas por la mitad, que posee imanes para la interacción entre ellas.

La idea principal fue que el juguete pasara por una etapa más temprana donde es fácil asociar formas enteras y posteriormente se complementara con el razonamiento lógico matemático de las frutas partidas en una etapa avanzada

Se conformó y relleno algunos espacios propensos al desgrane, haciéndolo mucho más seguro para la entretención del niño.

En esta ocasión se tomó la decisión de colorearlo, con tintes alimentarios, por motivos de los resultados de análisis perceptual y la utilización del concepto, además de hacerlo atractivo para el infante.

Finalmente se utilizó una capa de poliuretano biobasado para sellar el material, haciéndolo más fácil de limpiar y manipular.







Finalmente se revisó los requisitos legislativos que se encuentran promulgados en Chile por el Minsal sobre lo que debe cumplir un juguete para poder comercializarse y dentro de los puntos más importantes y que aplican al juguete están:

1. Que no cause daño ni lesiones corporales.
2. No ser inflamable o en su defecto que arda lentamente.
3. Si no son adecuados, siendo peligrosos para menores de 3 años, debe incluir la leyenda “Advertencia, no apropiado para niños menores de 3 años.”
4. Si contiene partes pequeñas o generan piezas pequeñas que pueden ser ingeridas por niños menores de 3 años debe decir “contiene partes pequeñas”.
5. Debe poseer un instructivo para el uso normal del juguete y un etiquetado veraz y descriptivo que no induzca a errores por parte del consumidor con:
 - Nombre genérico del producto.
 - Nombre o razón social con el domicilio del productor o responsable de la fabricación.
 - País de origen.
 - Leyenda o símbolo que indique edad del usuario, recomendado por el fabricante.
 - Indicación cuando sea necesaria “Se debe utilizar bajo vigilancia de un adulto”(MINSAL, 2010).

En esta etapa del proyecto, sólo se pretende llegar a un acercamiento de producto para validar el material construido, pero igualmente se probó el producto para tener una visión más extensa por lo que se realizó una pequeña prueba experimental sobre la inflamabilidad del material, que concluyó en no que no generó llama.

Además, por medio de experimentaciones y pruebas sobre el uso del juguete, se concluye indefinidamente que es seguro para el uso bajo vigilancia de un adulto por la composición de fibras tipo granos, que eventualmente pueden generar piezas pequeñas al desgranarse, lo que no se pudo verificar en observación porque esto no sucedió en las oportunidades que se utilizó por niños, pero quizás puede ocurrir frente al deterioro por uso prolongado o mal uso del producto en cuestión, por lo que se generará la leyenda de “contiene partes pequeñas”.

Por todo lo anterior se proyecta que en una etapa más avanzada del proyecto, se realicen nuevas verificaciones con más niños, fluctuando en edades de 2 a 5 años y asimismo, una auditoría con una empresa de certificación presente en Chile, cómo por ejemplo TÜV Rheinland, encargada de otorgar el sello CE, que se ajusta a las normas de salud y seguridad de la Unión Europea, garantizando la calidad del producto, que sea apto para niños, asegurar que no sea tóxico y además para aumentar la confianza en compradores y abrir a un mercado global (Rheinland, 2020).

Recubrimiento de pared:

Debido a la tecnología disponible para esta etapa, se definió utilizar formas planas y simples que permitieran una teselación de un espacio, produciéndose a modo de palmetas, se probó con formas vértices redondeados y no redondeados.

La forma consta de un hexágono, ya que evoca un panal de abejas, que concuerdan con los conceptos de natural y cálido.

Debido a que el material posee mucha información, se busca una forma de delimitar, utilizando 2 distintos espesores, además de proyectar colorear algunos como la Figura 71, con la idea de generar volumen, inspirado en estado del arte (Figura 70)

Se le otorgó un espesor muy bajo de alrededor de 4 mm y otro de 8 mm aproximadamente. La sorpresa de este material recae en que al estar compuesto de partículas y ser de bajo espesor, traspasa luz a través de los espacios entre granos, lo que lo hace apropiados para armar una pared de luz.

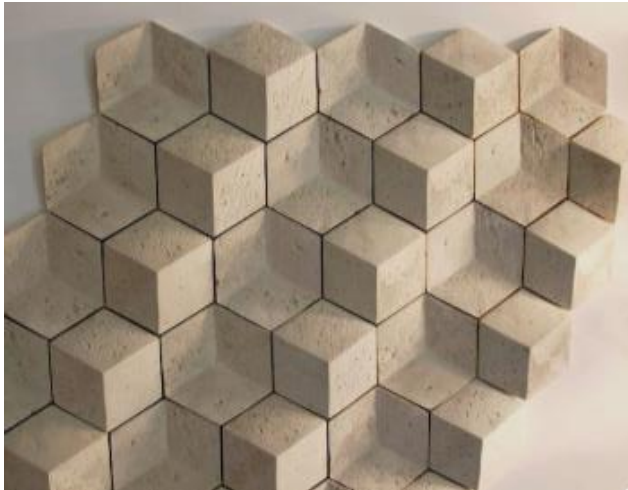


Figura 70. Muralla estado del arte.

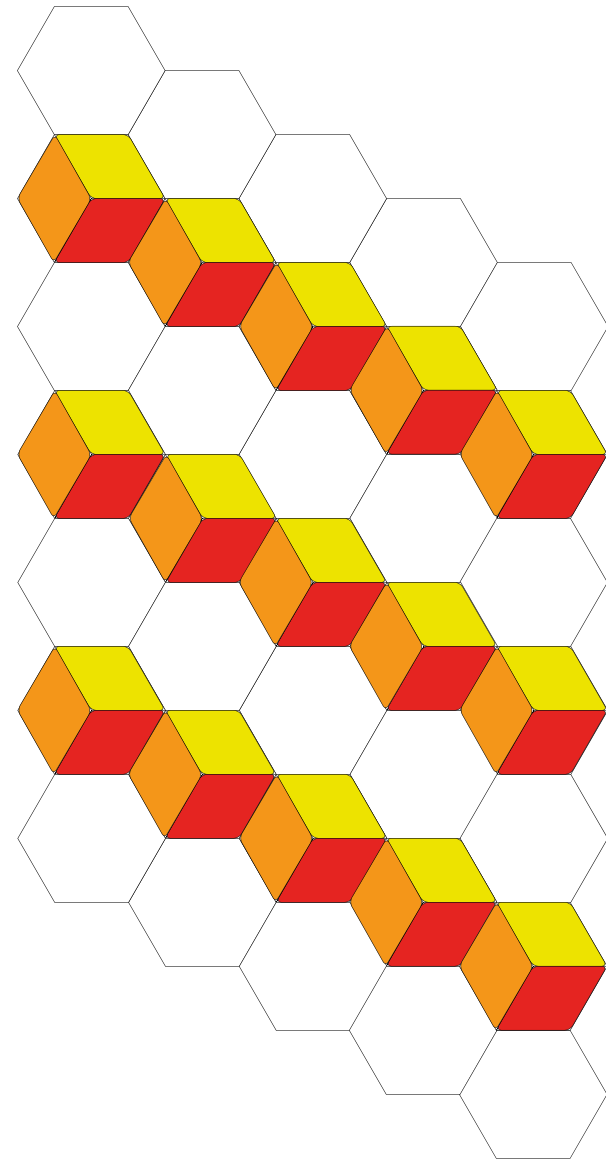
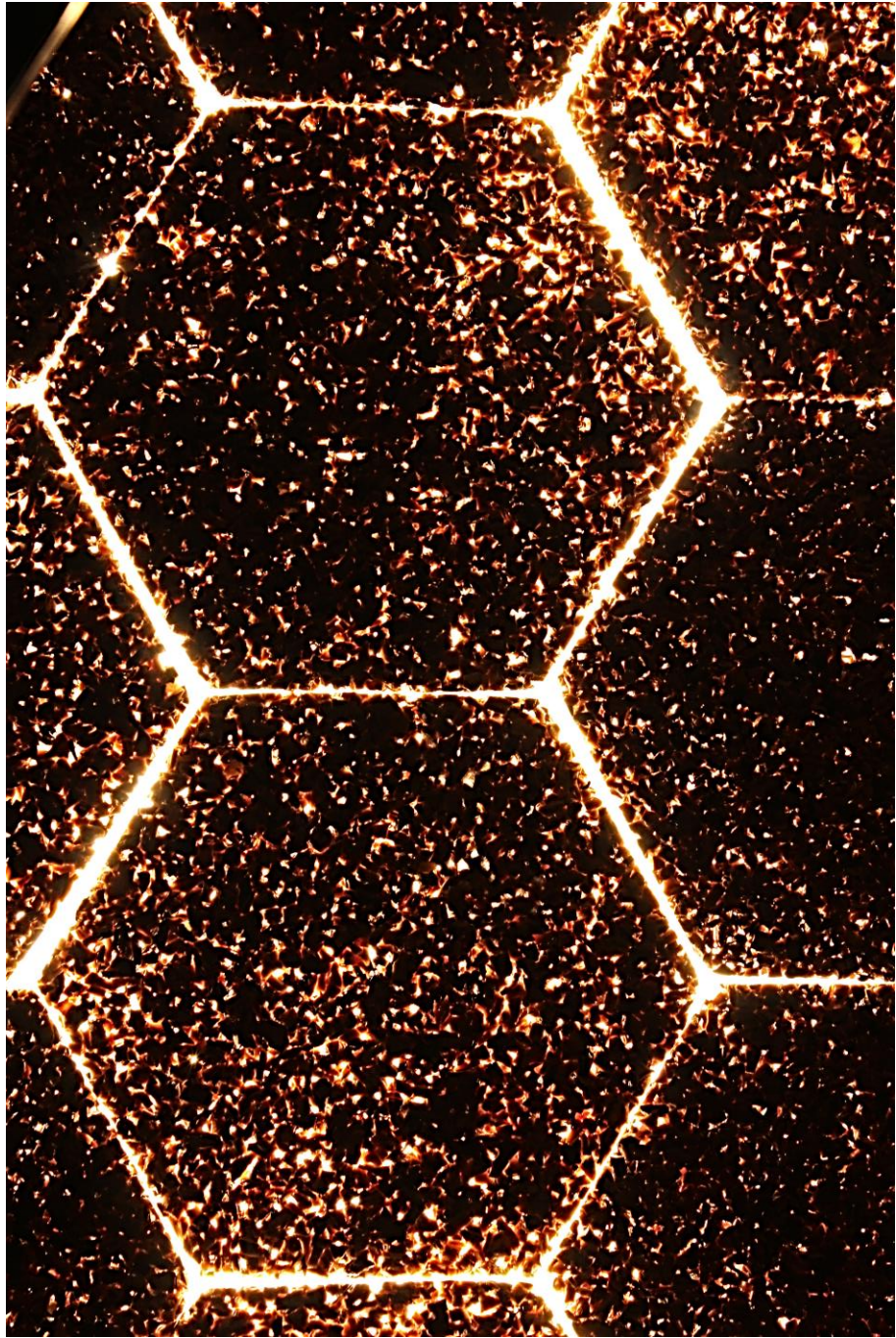


Figura 71. Bocetos de recubrimiento de pared. Elaboración propia.





Conclusiones y Proyecciones

La finalidad de este proyecto era rescatar y dar valor agregado a la cáscara de nuez, que cada vez es mayor motivo de preocupación a nivel ambiental a causa del alza de plantaciones y exportaciones.

Se logró este objetivo principal, mediante un estudio de campo, caracterizando materias primas, conociendo el rol social de las peladoras, donde se busca subir el precio a la cáscara de nuez.

Para cumplir este objetivo también se obtuvo como resultado una ficha técnica y se validó por medio de exploraciones en propuestas de diseño.

Los criterios preestablecidos de elección de aglomerante (Tabla 4) se cumplieron en mayoría todos los ligados a la ecoeficiencia y ecología industrial, terminando en conjunto con la cáscara en un material sin emisiones de formaldehído, no tóxico, biodegradable en condiciones de compostaje, curado a baja temperatura, su costo es mayor que los adhesivos convencionales pero es un punto que contrasta con sus beneficios.

Si bien se cumplieron los criterios de sustentabilidad para el producto final (Tabla 5), sólo fue en esta escala de producción artesanal, donde se redujo el uso de maquinaria compleja y bajo consumo eléctrico.

En una proyección a mayor escala será necesario el uso de tecnologías más complejas.

Finalizando con un material con cualidades y rendimientos positivos en comparación a los tableros convencionales de partículas.

Su gran poder de cohesión interna, bajo contenido de humedad, moldeabilidad y la buena recepción en la encuesta perceptual, son características que están muy por encima de la concepción que se tiene de la cáscara de nuez y dan pie para empezar a introducir este material en el mercado.

El aporte de mi rol como diseñadora fue encontrar esos pequeños detalles que le otorgaban cualidades destacables al material.

Como aprovechar su rugosidad, aireado y texturizado en juguetes, ya que la interacción con superficies así ayuda al desarrollo psicomotor.

Además de su permeabilidad y translucidez a la luz que enaltecen las propiedades del material y del producto, dándole valor agregado en la propuesta de recubrimiento.

Este proyecto finalmente busca crear conciencia de los residuos y en especial a la reutilización. Es un estudio mejorable, entregando una base para seguir el desarrollo de materiales en base a residuos orgánicos y asimismo seguir indagando características y usos que se le pueda otorgar al material conformado.

Anexos

ANEXO 1 RESUMEN FONDEF.

Anexo 1. Resumen fondef. (Arto, 2017; Çöpür, Güler, Akgül, & Taşçioğlu, 2007; Guerrero, 2010; Khanjanzadeh, Pirayesh, & Sepahvand, 2014; Molina Mora, 2016; Nitin & Singh, 2013; Parodi Miranda, 2016; Pirayesh, Khanjanzadeh, & Salari, 2013; Pirayesh, Khazaeian, & Tabarsa, 2012; Stonefruitfloors, 2008; Ulloa, 2013; Wechsler, 2013b)

	Referencia	Resumen	Residuo
Investigaciones internacionales	Copur et al.	En Turquía, se estudiaron las propiedades químicas y las posibilidades de manufacturar tableros de partículas de cáscaras de nuez.	Cáscara de nuez
	Pirayesh et al	Cáscaras de nuez como materia prima, que pueden ser utilizadas o mezcladas con partículas de madera en la fabricación de paneles para uso en ambientes exteriores debido a su bajo hinchamiento y absorción de agua.	Cáscara de nuez
	Pirayesh et al	Tableros compuestos de cáscaras de nuez y almendras, mezclados entre con partículas de madera y con urea formaldehído.	Cáscara de nuez
	Nitin and Shingh	Mezcla de polvo de cáscara de nuez con resina epoxi para obtención de tableros.	Cáscara de nuez
	Khanjanzadeh, Pirayesh y Sepahvand	Paneles de fibras de densidad media (MDF) hechas de diferentes mezclas de fibras de madera y de polvo de cáscaras de nuez utilizando como aglomerante la resina urea formaldehído modificada.	Cáscara de nuez
Tesis	PhD Wechsler	Tableros de partícula y materiales compuestos basados en residuos de la agricultura y forestales, tales como cáscaras de macadamia, conos de pino y cápsulas de eucalipto, aglomeradas con 2 resinas diferentes: un bio-adhesivo poliuretano basado en aceites naturales y polipropileno reciclado.	Diversos residuos de frutas
	Molina - Diseño industrial	Desarrollo de un material compuesto basado en carozo de durazno y polipropileno para aplicaciones constructivas	Carozos de durazno
	Guerrero - Diseño industrial	Carozo paneles decorativos: el carozo como materia prima para desarrollar materiales de diseño	Carozos de durazno
	Ulloa - Ingeniero constructor	Hormigón modificado con carozos de durazno"	Carozos de durazno
	Parodi - Diseño Industrial	"Desarrollo de un material compuesto biodegradable a partir de la utilización del residuo cáscara de nuez	Cáscara de nuez
Internacional	Stone fruit floors	Pisos de hechos de cuescos de durazno (Stonefruitfloors 2008).	Carozos de durazno
	Nuxite	Cubiertas de muebles de cascara de nuez y resinas epóxicas (Capellini s.f).	Cáscara de nuez
	Arto	Arto, molduras y recubrimientos de cascara de nuez (Arto 2017).	Cáscara de nuez

ANEXO 2 RESUMEN DE PATENTES.

Anexo 2. Resumen de patentes nacionales e internacionales.

Elaboración propia.

	Referencia	Resumen	Residuo
Patentes	201501112 en proceso	Briquetas estilo gourmet a base de cuescos de duraznos triturados más almidón y hierbas aromáticas para quema y producción de humo saborizante.	Carozos de durazno
	WO 2014149014 A1	Material compuesto a base de carozo de damasco y su método de producción, para poder expandir sus aplicaciones. (Vahdettin, 2014).	Carozos de damasco
	WO 2002014432 A1	Compuesto basado en residuos provenientes de la industria de frutas con hueso, la que se convierte en harina y se mezcla con un termoplástico (Piaia et al., 2002).	Carozos
	CN 103833272 (A)	Producto de decoración moldeado, desarrollado a partir de carozo de durazno y otros como casco de semilla de algodón, piedra de albaricoque, más aglutinantes (Anonymous, 2014b)	Carozos de durazno
	PH01278304A	Placa hecha principalmente de cáscara de nuez, aglutinado con resina termoendurecible, que puede ser ABS, resina de cloruro de polivinilo o una resina epoxi soluble en agua, para su uso como material de construcción (Shoji and Daiitsushi:Kk, 1989).	Cáscara de nuez
	CN 105058824 (A)	Procedimiento para la preparación de material compuesto de madera y plástico a base de ABS con harina de cáscara de nuez (Chao, 2015).	Cáscara de nuez
	CN 106012630 (A)	Método de preparación de pasta de papel con la cáscara de nuez como materia prima, aplicada a la producción de cartón corrugado (Milao, 2016).	Cáscara de nuez
	CN 105001508 (A)	Método para preparar materiales compuestos de plástico de polivinilo y polvo de cáscara de nuez, puede reemplazar a la madera tradicional (Min, 2015).	Cáscara de nuez
	CN 104892025 (A)	Ladrillos espuma hechos de cáscara de nuez, para su uso como ladrillos de construcción (Xini, 2015).	Cáscara de nuez
	KR10110040581	Polvo de cáscara de nuez y su método de fabricación para su uso como madera artificial, este material puede ser moldeado por compresión, por extrusión y por inyección (Seonho, 2011).	Cáscara de nuez
	CN102249634	Método de fabricación de un tablero de material compuesto hecho de cáscaras de nuez mezcladas con yeso y cal para su aplicación en la construcción como panel no estructural (Kui, 2013).	Cáscara de nuez
	CN 1485188	Tablero hecho de cáscara de nuez y su método de fabricación para su uso como material de construcción (Minghua, 2004).	Cáscara de nuez
	_CN 103832202 (A)	Placa decorativa y su método de producción donde se utilizan cáscaras de nueces y carozo de durazno en láminas sobre una placa para formar figuras (Anonymous, 2014a).	Cáscara de nuez y carozos de durazno
	WO1984000970 A1	Material compuesto hecho de carozo de fruta y cáscaras de nuez para su aplicación como mármol artificial (Stavrakelis, 1984).	Cáscara de nuez y carozos de durazno
	EP 0292628 A3	Material compuesto hecho de carozo o cáscara de fruta y/o fragmento de mármol para su aplicación como mármol artificial (Stavrakelis, 1989).	Cáscara de nuez y carozos de durazno

ANEXO 3. CONSENTIMIENTO



UNIVERSIDAD DE CHILE
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Proyecto de título
Diseño Industrial

Resumen del proyecto

El proyecto de título es sobre la cáscara de nuez y su potencial reutilización, con el fin transformarse en algo más que un residuo, donde se están revisando y analizando las propiedades y características de la cáscara de nuez para darle un uso a la gran cantidad que genera la industria de la nuez.

Esta entrevista es confidencial, no será remunerada y estará inserto en el proyecto de título.

Puede saltarse preguntas o no responder alguna y si tiene alguna pregunta o quiere retirar su entrevista, puede comunicarse con la profesora encargada Andrea Weschler al mail andreaweschler@uchilefau.cl o al fono +56 9 87577584 o a mi teléfono +56 9 42451403

En ésta entrevista no aparecerá su nombre, sólo será el “entrevistado”

El fin de esta entrevista es saber el contexto de la cáscara de nuez y la realidad del residuo, qué se hace con la cáscara y saber más acerca de las personas que trabajan pelando nueces.

Yo _____ estoy de acuerdo en participar y responder esta breve encuesta, entendiendo lo expresado anteriormente.

Firma participante

Firma Investigador

Fecha:

ANEXO 4. ENTREVISTA A PELADORES

Antecedentes personales

1. Género: Femenino/ Masculino
2. Edad: Rangos: Menor de 17/ 18-29/ 30-45/ 46-59/ 60 y más

Sobre su ocupación

1. Ocupación principal/ mayor fuente de ingresos:
2. ¿Qué actividad realiza cuando no pela nueces?:
3. ¿Es un trabajo temporal?: Si /No
4. ¿En qué meses trabaja pelando nueces?:
5. ¿Dónde realiza este trabajo?: Hogar/ Exterior/ Otro
6. ¿Quiénes realizan este trabajo en ese lugar?:
7. ¿Hace cuánto trabaja en este rubro?
8. ¿Quién le entrega las nueces?: Persona/ Empresa/ Campo/ Fundo
9. ¿Cómo realiza el proceso de pelar nueces? (al final que hace con las cáscaras, donde las deja)
10. ¿Dónde queda este residuo almacenado o al aire libre?:
11. ¿Qué hace con estos residuos, la cáscara (se bota, se regala, se quema, se vende, lo almacena y si es que sabe para que lo usa la gente que lo obtiene)
12. ¿Dónde lo junta, lo guarda al tiro, lo bota al tiro?
13. ¿Tiene algún costo deshacerse del residuo? Y si su respuesta es sí: ¿Cuánto aproximadamente? y ¿Significa algún problema para usted?
14. ¿Le realiza algún tratamiento antes de vender o regalar, limpiar, lavar, moler?
15. Si pudiera generar dinero realizándole algún tratamiento ¿le interesaría?

16. ¿Cuáles son los resultados de este proceso, nuez/ cáscara?

17. ¿Cuánta cantidad de nuez pelan? y siempre es la misma cantidad?

18. ¿Cuánto se demoran en pelar esa cantidad? /por temporada

19. ¿Cuánto le pagan por kilo?

*Ahora le muestro las probetas y le pregunto ¿Que haría usted con este material, le ve alguna utilidad?

ANEXO 5. APROBACIÓN DEL COMITÉ DE ÉTICA.



Santiago, Diciembre 22 del 2015

CERTIFICADO

El Comité de Ética de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, ha revisado el proyecto de investigación del Concurso U-Inicia VID 2014 denominado: *"Desarrollo de materiales sustentables basados en sub-productos de la agricultura, forestales o de pos consumo"*, cuya investigadora responsable es la Prof. Dra. Andrea Wechsler Pizarro.

En base a los antecedentes revisados, los cuales se detallan en el Acta adjunto, este Comité aprueba el Protocolo de Investigación enviado para su evaluación.



MARCELA PIZZI KIRSCHBAUM
DECANA
Presidente Comité de Evaluación Ético Científico
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Universidad de Chile

Anexo 5.

ANEXO 6. RESUMEN TIPOS DE RESINAS Y AGLOMERANTES.

Resina termoes estable: curan mediante reacciones químicas activadas por medio de temperatura o catalizadores	Características	Ventajas	Desventajas / limitaciones	Usos
Resina Epoxídicas	Resina epoxi o poliepóxido es un polímero termoes estable, que endurece cuando se mezcla con un agente catalizador o "endurecedor".	<ul style="list-style-type: none"> - Alta resistencia y tenacidad. - Buena estabilidad dimensional. - Resistencia dieléctrica. - Bajo encogimiento. - Resistencia al calor de 250°C en algunos tipos 	<ul style="list-style-type: none"> - Costo moderado. - Condiciones ambientales de aplicación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Adhesivos, Pinturas. - Encapsulados - Elaboración de compuestos filamentos. - Aislamiento eléctrico, recubrimiento
Resinas Melamínicas (Melamina Formaldehído (MF))	Es un material termoes endurecible duro, hecho por condensación de melamina y formaldehído.	<ul style="list-style-type: none"> - Dura - Resistencia a las manchas de agua y detergentes - Alta resistencia al arco. - Características inherentes a la llama 	<ul style="list-style-type: none"> - Estabilidad dimensional regular. - Baja resistencia al impacto. - No microondeable. - Tóxico si se degrada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Vajillas. - Componentes eléctricos. - Laminados (Incluyendo cubiertas de mostradores y mesas).
Resinas Fenólicas (PF)	Ó resina fenol- formaldehído es una resina sintéticatermoes estable, producto de la reacción de fenoles con formaldehído.	<ul style="list-style-type: none"> - Buena estabilidad dimensional. - Resistente a la mayoría de los disolventes. - Buenas propiedades de ablación. - Bajo costo y facilidad de proceso. - Resistente a la llama. 	<ul style="list-style-type: none"> - Baja resistencia al impacto en la mayoría de los tipos. - Limitación de color. 	<ul style="list-style-type: none"> - Compuestos de moldeo y laminado. - Aislamiento eléctrico. - Manijas, perillas, toberas y puntas de proyectiles.
Resinas Uréicas (Urea-Formaldehído (UF))	Ó urea-metanal, reina o plástico termoes estable hecho a partir de urea y formaldehído, se callenta en presencia de una base débil, tales como amoniaco o piridina.	<ul style="list-style-type: none"> - Buena resistencia eléctrica y a muchos agentes químicos y solventes. - Características inherentes de retardo a la llama. - Bajo costo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mala resistencia al calor. - Mala resistencia a la humedad. - Algo frágil. 	<ul style="list-style-type: none"> - Adhesivos - Aglomerantes.
Resina Poliéster no saturada.	Polímeros duraderos de resinas derivadas del estireno. Suele ser usado con fibra de vidrio.	<ul style="list-style-type: none"> - Rigidez - Facilidad de fabricación y bajo costo. - Buenas propiedades dieléctricas. - Algunos grados especiales tienen retardo a la llama. - Resistencia química. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mala resistencia a los solventes y al envejecimiento UV (dependiendo de la formulación). - Alto costo 	<ul style="list-style-type: none"> - Compuestos laminados y moldeados. - Botes. - Componentes automotrices. - Adhesivos.
Siliconas rígidas	Compuesto de silicio, de alto desempeño y costo, se caracterizan por su gran resistencia a altas temperaturas.	<ul style="list-style-type: none"> - Retención de propiedades dieléctricas y mecánicas en condiciones de alta temperatura y humedad. Resiste al calor a 315°C. - Gran estabilidad química. 		<ul style="list-style-type: none"> - Laminados y moldes. - Carcasas. - Sellos.
Caucho silicona	Es un bicomponente, de una base y un catalizador de viscosidad media. La mezcla está en proporción 20:1. El curado es a temperatura ambiente y forma un elastómero de silicona flexible altamente resistente.	<ul style="list-style-type: none"> - Flexible a temperaturas altas y bajas. - Resistente a muchos agentes químicos y a la interperie. - Temperatura de uso hasta de 315°C. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alto costo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Adhesivos y selladores. - Juntas. - Encapsulados y moldes.
Poliuretanos (PUR)	Se clasifican en dos: termoes tables o poliuretanos termoplásticos (según si degradan antes de fluir o si fluyen antes de degradarse, respectivamente.).	<ul style="list-style-type: none"> - Gran capacidad de aislación térmica y acústica. - Resistencia a la humedad. - Buena absorción de impactos. - No inflamable. - Alta flotabilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> - Adhesivos. - Recubrimientos. - Espumas de aislación - Espumas para flotación. 	
Castor Poliurethane a base de aceite	Apto para la fabricación de poliuretanos. Es un producto que forma parte de la fabricación de plásticos, lacas, pinturas, lubricantes y cosméticos.	<ul style="list-style-type: none"> - Inestabilidad térmica: a determinada temperatura crítica es un superlubrificante único en su tipo. - Alta polaridad, lo que le confiere gran afinidad a las superficies metálicas. - El punto de inflamación es a los 230 - Barato y ecológico - aceite viscoso, de color amarillo pálido no volátil y no secarite con un sabor suave - soluble en alcoholes en cualquier proporción pero sólo tiene una solubilidad limitada en disolventes de petróleo alifáticos. 		Resina alternativa para compuestos de madera, espumas, pinturas

ANEXO 7. AGLOMERANTES DISPONIBLES EN EL LABORATORIO.

Adhesivo	Características	Mezcla entre componentes	Proporción Adhesivo/Carga	Información de curado	Cuidados	Emanaciones	Notas
KT1106	Sistema de dos componentes para la espuma rígida de poliuretano. Utiliza CO2 como agentes de expansión. Main usuario: aislamiento térmico, aislamiento térmico, estructural. Para usos sin una inyección máquina, está indicado sistema KT1106-R.	POL/ISO ratio 100:100 up to 100:120 ppw	Probar con 30% y 70% de carga	Temperatura ambiente y acelerar con la estufa a 60 u 80%	Mezclar en ambiente ventilado	Atóxico	Llegado el momento 30 segundos
							tiempo de ascenso de 60 segundos
							Tiempo libre de adherencia de 180 segundos
							Libre de densidad de núcleo aumento fue $33 \pm 3 \text{ kg / m}^3$
AG201	Los aglomerantes de la KEHL son sistemas bi-componentes de poliuretano, con Excelente adherencia, resistencia química y mecánica. Tiene un alto poder de poder Impermeabilización.	Sistema de aglomerante, con proporción componente B: A de 2: 1 en peso, aplicación externa	10 a 20% y carga el resto	Temperatura ambiente y acelerar con la estufa a 60 u 80%	Mezclar en ambiente ventilado	atóxico	Se puede aplicar en: polvo de madera, fibras vegetales, polvo cerámico, etc (casi todo tipo de material triturado).
PVA	Colafría industrial, Uso húmedo, clasificación D4	No se diluye	20% y 80 %	Cura a 25°C	Mezclar en lugar ventilado	Emana gases, mezclar en espacio abierto	utensilios sucios se lavan con agua caliente Se puede aplicar a mano o con amasadora. Aplicar en frío.
Urea Formaldehído	Una vez moldeado, se endurece.	No se diluye	10 a 15% y carga el resto	Cura a 150°C	Mantener a menos de 25°C. Usar mascarilla en lugar ventilado	Emana gases, mezclar en espacio abierto	Agitar muy bien con paleta taladro y aplicar con pistola. Y utensilios sucios se lavan con agua caliente
Melamina Urea formaldehído	Excelente resistencia al aislamiento. No reciclable	Diluir en agua tibia o caliente en 1:1, revolver con revolador	20% y 80%	Cura a 150°C	Revolver bien con temperatura, cuando no decante está listo. Usar mascarilla en lugar ventilado	Emana gases, mezclar en espacio abierto	Aplicar con pistola, Y utensilios sucios se lavan con agua caliente
Fenol Formaldehído	Estructural	No se diluye	Para un kg de partícula son 200 grs solución a 150°C hasta que se evapore el agua.	Prensar a 150°C	Usar mascarilla en lugar ventilado	Emana gases, mezclar en espacio abierto	Aplicar con pistola/aspersor más grueso que los otros y Utensilios sucios se lavan con agua caliente

ANEXO 8. RESULTADOS IB.

Anexo 8. Resultados tracción ib en detalle. Elaboración propia.

Muestra	Carga (KN)	Resistencia (N/mm ²)	largo 1 (mm)	largo 2 (mm)	Promedio Largo(mm)	ancho 1 (mm)	ancho 2(mm)	Promedio ancho	espesor 1 (mm)	espesor 2 (mm)	Promedio espesor (mm)	masa (g)	Densidad (kg/m ³)
A1	4,02	1,53	51,40	51,31	51,36	51,17	51,30	51,24	13,13	13,12	13,13	27,63	800,08
A2	2,36	0,90	50,83	50,76	50,80	51,35	51,33	51,34	13,01	12,08	12,55	24,19	712,36
A3	2,93	1,13	51,23	51,22	51,23	50,59	50,79	50,69	13,09	12,93	13,01	26,38	777,58
A4	3,77	1,45	50,63	50,63	50,63	51,30	51,21	51,26	12,95	13,00	12,98	26,40	784,89
A5	1,84	0,74	48,49	49,25	48,87	51,20	51,17	51,19	12,91	12,85	12,88	23,73	740,37
A6	3,13	1,20	51,20	51,29	51,25	50,77	50,55	50,66	12,86	12,87	12,87	26,63	796,62
A7	4,42	1,72	50,07	50,20	50,14	51,20	51,25	51,23	12,86	13,03	12,95	26,99	818,68
A8	3,36	1,38	49,23	49,23	49,23	49,72	49,37	49,55	12,95	12,90	12,93	23,72	748,31
B1	2,65	1,08	47,37	50,42	48,90	50,58	49,89	50,24	10,62	10,56	10,59	17,92	704,26
B2	1,56	0,61	51,10	51,08	51,09	50,64	50,32	50,48	10,63	10,45	10,54	19,09	694,00
B3	1,55	0,60	50,84	50,59	50,72	51,00	51,12	51,06	10,62	10,62	10,62	19,32	701,63
B4	2,29	0,91	51,21	50,66	50,94	49,79	49,06	49,43	10,42	10,30	10,36	17,17	646,26
B5	2,39	0,89	50,67	51,35	51,01	52,55	52,47	52,51	10,58	10,53	10,56	18,65	662,02
B6	1,00	0,38	51,71	50,66	51,19	51,02	51,05	51,04	10,63	10,47	10,55	18,44	657,53
B7	3,06	1,17	51,17	51,07	51,12	51,23	51,17	51,20	10,79	10,67	10,73	20,68	731,12
B8	2,28	0,85	52,51	52,25	52,38	51,04	51,07	51,06	10,39	10,41	10,40	17,91	643,17
M1	1,23	0,50	49,47	49,62	49,55	49,76	49,35	49,56	9,64	9,62	9,63	15,92	670,88
M2	0,92	0,35	50,97	51,40	51,19	52,36	50,04	51,20	9,47	9,33	9,40	16,14	638,62
M3	0,93	0,36	50,31	51,24	50,78	50,60	50,68	50,64	9,49	9,57	9,53	16,99	703,27
M4	0,21	0,08	50,62	50,67	50,65	49,95	49,85	49,90	9,72	9,64	9,68	15,40	626,61
M5	0,72	0,29	49,96	49,98	49,97	49,76	49,90	49,83	9,70	9,93	9,82	16,17	670,56
M6	1,05	0,42	49,98	49,05	49,52	50,24	50,09	50,17	9,34	9,39	9,37	16,41	699,71
M7	1,18	0,46	50,43	50,36	50,40	50,83	21,42	36,13	9,62	9,61	9,62	15,77	639,51
M8	1,15	0,45	50,07	50,23	50,15	50,84	50,66	50,75	9,57	9,58	9,58	16,48	676,49

ANEXO 9. ENCUESTA PERCEPTUAL. ELABORACIÓN PROPIA.













Encuesta perceptual











C D E
O O O

Nombre:
Sexo: FO M O Otro O
Edad:
A qué se dedica:

Nivel sensorial

Entre cada par de antónimos, califique cada característica hacia el sector que considere que represente mejor el material, según su percepción. Siendo el cero neutral.

 Duro	2 1 0 1 2 O O O O O	 Blando
 Liso	2 1 0 1 2 O O O O O	 Rugoso
 Mate	2 1 0 1 2 O O O O O	 Brillante
 No reflectante	2 1 0 1 2 O O O O O	 Reflectante
 Frío	2 1 0 1 2 O O O O O	 Cálido
 No elástico	2 1 0 1 2 O O O O O	 Elástico

 Opaco	2 1 0 1 2 O O O O O	 Transparente
 Rígido	2 1 0 1 2 O O O O O	 Flexible
 Irrompible	2 1 0 1 2 O O O O O	 Quebradizo
 Liviano	2 1 0 1 2 O O O O O	 Pesado
 Incoloro	2 1 0 1 2 O O O O O	 Colorido
 Oloroso	2 1 0 1 2 O O O O O	 Inoloro

Nivel interpretativo

Entre cada par de antónimos, califique cada característica hacia el sector que considere que represente mejor lo que interpreta el material, según su percepción. Siendo el cero neutral.

Agresivo	2 1 0 1 2 O O O O O	Tranquilo
Acogedor	O O O O O	Distante
Elegante	O O O O O	Vulgar
Moderno	O O O O O	Antiguo
Innovador	O O O O O	Convencional
Ordinario	O O O O O	Extraordinario
Masculino	O O O O O	Femenino
Sensual	O O O O O	No sensual
Amateur	O O O O O	Profesional
Natural	O O O O O	Artificial
Artesanal	O O O O O	Industrializado
Honesto	O O O O O	Falso
Lujoso	O O O O O	Humilde
Limpio	O O O O O	Sucio

Nivel afectivo

Entre cada par de antónimos, califique cada característica hacia el sector que considere que represente mejor el cómo lo hace sentir el material, según su percepción. Siendo el cero neutral.

Agrado	2 1 0 1 2	Desagrado
	○ ○ ○ ○ ○	
Satisfacción	○ ○ ○ ○ ○	Frustración
Aburrimiento	○ ○ ○ ○ ○	Entretención
Decepción	○ ○ ○ ○ ○	Sorpresa
Confianza	○ ○ ○ ○ ○	Desconfianza
Confusión	○ ○ ○ ○ ○	Encantamiento
Rechazo	○ ○ ○ ○ ○	Aceptación
Disgusto	○ ○ ○ ○ ○	Atracción
Incomodidad	○ ○ ○ ○ ○	Comodidad

ANEXO 10. SELECCIÓN DE PROPUESTA DE DISEÑO.

ELABORACIÓN PROPIA.

Intención	Propuesta de producto	Material										Perceptual							Procesos			Puntaje total				
		Material lavable	Puede acumular restos de elementos entre sus partículas	Permeable	No tóxico	Resistente a la humedad	Degrana los vértices marcados	Baja resistencia a rayos UV	Degradabilidad en tierra	Baja resistencia a la flexión	Alta resistencia a la tracción perpendicular	Rígido	Liviano	Natural	Artesanal	Tranquilo	Acogedor	Poroso	Rugoso	Moldeable	Terminación con lija		Permite perforaciones	Se puede colorear		
Mobiliario	Mobiliario interior	1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	17
	Mobiliario exterior	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14
	Mesa	1	-1	-1	1	1	-1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	11
	Silla/taburete	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	-1	1	1	1	1	1	1	1	15
	Repisa	1	0	-1	1	1	-1	0	1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	10
Para niños	Juguete	1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18
Recubrimientos	Interior	1	-1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	18
	Exterior	1	-1	1	1	1	0	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15
	De suelo	1	-1	1	1	1	0	0	-1	-1	1	1	1	1	0	1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	11
	De pared	1	-1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18
Para Jardín	Interior	1	0	1	1	1	0	1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18
	Exterior	1	0	1	1	1	0	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
	Maceta de suelo	1	0	1	1	1	0	0	-1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
	Maceta de pared	1	0	1	1	1	0	0	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	17
	Maceta Colgante	1	0	1	1	1	0	0	-1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
Envasado	Packaging de alimento	1	-1	-1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	11
	Packaging de producto	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	15
Luminaria	Interior	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18
	Exterior	1	0	1	0	1	0	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	17
Cocina	Frutero	1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18
	Mango de utensilio	1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	12
	Salvamantel/Aislante de calor	1	0	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	14
Comida	Contenedor de Sólidos	1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	1	15
	Tabla de cóctel	1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	12

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aenor. (1994). UNE-EN 310:1994 Tableros derivados de la madera. Determinación.
- Alonso, C. (2015). Volatilidad en importaciones pone en duda brotes verdes de la economía. *Pulso*.
- Alupé. (2016). Todo lo que debes saber sobre el arco iris Waldorf | Alupé.
- Arto. (2017). Series Studio Field Nut Shell 7504u. *Arto Rustic Elegance Handcrafted in Los Angeles Since 1966*. Retrieved from <http://www.arto.com/color/Nut-Shell-7504u/series/Studio-Field?keywords=Studio%20Field%20Moulding%206%20Nut%20Shell%207504u>
- Asagrin. (2014). Contratación de asesoría técnica para el estudio de factibilidad de incorporar del nogal al Programa de Seguro Agrícola (pp. 86). Santiago, Chile: Asesorías agrícolas y agroindustriales Ltda.
- Ashby, M. F. (2002). *Materials and Design : The Art and Science of Material Selection in Product Design*: Butterworth-Heinemann.
- ASTM. (2017). ASTM D1666-17, Standard Test Methods for Conducting Machining Tests of Wood and Wood-Base Panel Materials. Retrieved from www.astm.org
- Bianchini, V. (2017). Las Claves para el éxito en la producción de nueces - Redagrícola. *Red Agrícola*.
- Bojorque Iñegues, G. C., Paltán Zumba, G. A., & Quilli Morocho, K. I. (2011). *Estrategias metodológicas para desarrollar el racionamiento lógico-matemático en los niños y niñas del cuarto año de educación básica de la escuela Martín Welte del cantón Cuenca, en el año lectivo 2010-2011*. (bachelorThesis). Retrieved from <https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/1870>
- Bravo, J. (2010). El mercado de frutos secos (pp. 23): ODEPA.
- Britton, L. (2000). *Jugar y aprender con el método Montessori*. (P. Paterna, Trans.).
- Camere, S., & Karana, E. (2018). Experiential characterization of material: Toward a toolkit. doi:10.21606/dma.2017.508
- Cervantes Torre-Marín, G., Sosa Granados, R., Rodríguez Herrera, G., & Robles Martínez, F. (2009). Ecología industrial y desarrollo sustentable. *Revista Académica de la FI-UADY*, 13-1(Ingeniería), 63-70.
- Chávez-Sifontes, M., & Domine, M. (2013). Lignina, estructura y aplicaciones: Métodos de despolimerización para la obtención de derivados aromáticos de interés industrial. España: Universidad politécnica de Valencia.
- Chilenut. (2017). CHILENUT: Asociación Gremial de Productores y Exportadores de Nueces de Chile. Retrieved from <http://www.chilenut.cl/index.php?seccion=chilenut>
- Chilenut. (2020). Nueces de Chile. Retrieved from <http://www.chilenut.cl/nueces-de-chile>

- Commission, E. (2014). Commission Regulation (EU) No 605/2014. *Official Journal of the European Union*. doi:32014R0605
- CONAMA. (1998). Industria procesadora de futas y hortalizas. In C. n. d. m. ambiente (Ed.), *Guía para el control y prevención de la contaminación industrial* (pp. 51). Santiago.
- Çöpür, Y., Güler, C., Akgül, M., & Taşcıoğlu, C. (2007). Some chemical properties of hazelnut husk and its suitability for particleboard production. *Building and Environment*, 42(7), 2568-2572.
- Corporación de Desarrollo Tecnológico, C. D. T. (2008). Métodos de Diseño. Retrieved from <http://www.registrocdt.cl/registrocdt/www/admin/uploads/docTec/METODOS%20DE%20DISE%C3%91O.pdf>
- Cristofanini, C., & Melo, R. (1992). *Proceso discontinuo de pulpaje kraft con preimpregnación de astillas*: Universidad de Concepción.
- Cuervo, L., Folch, J. L., & Quiroz, R. E. (2009). Lignocelulosa como fuente de azúcares para la producción de etanol. *BioTecnología*, 13(3), 11-25.
- Díaz, M. (2014). Hechos de maní. Retrieved from http://buscador.emol.com/vermas/El%20Mercurio/Magazine/2014-04-05/bb81d834-d496-4829-a0c2-1a91f25b8633/Hechos_de_man%C3%AD/
- Diego, P. d. (2017, 18 abril) *Precios de cáscaras de nuez/Interviewer: P. Domínguez*. Santiago.
- EcuRed. (2012). Lignina - EcuRed. Retrieved from <https://www.ecured.cu/Lignina>
- EN. (1993a). EN 317 1993. European Standard EN 317- Particleboards and Fiberboards. *Moisture determination* (Vol. EN 317 1993). Bruxelles: European Committee for Standardization.
- EN. (1993b). EN 319 Particleboards and Fiberboards *Determination of swelling in thickness after immersion in water*. Bruxelles: European Committee for Standardization.
- EN. (1993c). EN 323 1993 Particleboards and Fiberboards *Determination of density* (Vol. EN 323). Bruxelles: European Committee for Standardization.
- EN. (1993d). European Standard EN 322 1993- Particleboards and Fiberboards *Determination of humidity*. (Vol. EN 322). Bruxelles: European Committee for Standardization.
- Erkman, S. (2001). Industrial ecology: a new perspective on the future of the industrial system. *Swiss Medical Weekly*.
- Espinoza G. (2002). Gestión y Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental: BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO - BID CENTRO DE ESTUDIOS PARA EL DESARROLLO - CED.
- FAO. (2012). Evaluación del impacto ambiental. Directrices para los proyectos de campo de la FAO.: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FFA. (2010). Guía para la ecoeficiencia: Fundació Fòrum Ambiental.

- GRN. (2015). IMPACTO AMBIENTAL IMPACTOS MEDIO AMBIENTALES. Retrieved from <http://www.grn.cl/impacto-ambiental.html>
- Grove, E. D. S. P., Thierry. (2015). *Innovación en economía circular* (G. Zanetti Ed.).
- Guerrero, V. (2010). *Carozo. Paneles decorativos: el carozo como materia prima para desarrollar materiales de diseño*. (Diseño industrial), Universidad de Chile, Santiago.
- Horvath, A. L. (2006). Solubility of structurally complicated materials: I. Wood. *Journal of physical and chemical reference data*, 35(1), 77-92.
- Hubbard, W., Biles, L., & Mayfields, C. (2007). Sustainable Forestry for Bioenergy and Bio-based Products: Trainers Curriculum Notebook. Athens: Southern Forest Research Partnership, Inc.
- IdeaConsultora. (2010). Potencial de producción y exportación del sector agroindustrial hortofrutícola (pp. 582): ODEPA.
- IdeaConsultora. (2012). *Actualización del catastro de la agroindustria hortofrutícola chilena*. Retrieved from Santiago: http://www.odepa.cl/wp-content/files_mf/1383165686Catastro_Agroindustrial_Informe_final.pdf
- INC. (2018). STATISTICAL YEARBOOK 2018/2019.
- INN. (2007). *NCh 3060: Preservantes de la madera - Determinación de la eficacia contra termitas subterráneas - Método de laboratorio*. Santiago, Chile.: Instituto Nacional de Normalización.
- ITC. (2010). Trade Map - Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas: International Trade Centre.
- Kambis, A. D., & Levine, J. S. (1996). Biomass and the production of carbon dioxide: a numerical study. In J. S. Levine (Ed.), *Biomass burning and global change* (Vol. 1, pp. 170-177).
- Karana, E., Hekkert, P., & P, K. (2008). Materials experience: descriptive categories in material appraisals. *Proceedings of the Conference on Tools and Methods in Competitive Engineering*, 399-412.
- Karana, E. B., Bahareh; Rognoli, Valentina; Zeeuw van der Laan Anouk. (2015). Material Driven Design (MDD): A Method to Design for Material Experiences. *International Journal or Design*, 9(2).
- Kehl. (2007). Guía de Aglomerantes. Retrieved from www.kehl.ind.br
- Khanjanzadeh, H., Pirayesh, H., & Sepahvand, S. (2014). Influence of walnut shell as filler on mechanical and physical properties of MDF improved by nano-SiO₂. *Journal of the Indian Academy of Wood Science*, 11(1), 15-20. doi:10.1007/s13196-014-0111-5
- Kuhmichel. (2009). Nutshell Granules. Retrieved from http://www.kuhmichel.com/files/datasheet_nutshell_granules.pdf
- Lemus, G. (2001). El Nogal en Chile (Vol. 6, pp. 224). Santiago, Chile: Instituto de investigaciones agropecuarias.

- López, I., & Chagollan, F. (2006). *Ecología*.
- Materia. (2016). Cocoform.
- Materia. (2017a). Kokoboard Peanut Shell • Materia.
- Materia. (2017b). Shell Homage: bioplastic made from eggshells and nutshells • Materia.
- Materio. (2020). Superficies con revestimiento de materiales naturales. Retrieved from <https://tectonica.archi/materials/superficies-con-revestimiento-de-materiales-naturales/>
- Meza, F., & Lemus, G. (2005). El negocio de la nuez. *Tierra Adentro*, 4.
- Meza, F. L., Gamalier. (2005). El negocio de la nuez. *Tierra adentro*.
- Mike, A., & Kara, J. (2002). *Materials an design: The art and science of material selection in product design*, . Butterworth-Heinemann.
- Minsal (2010). DTO-114 17-JUN-2005 MINISTERIO DE SALUD - Ley Chile - Biblioteca del Congreso Nacional, 114 C.F.R. (2010).
- Molina Mora, J. (2016). *Desarrollo de un material compuesto basado en carozo de durazno y polipropileno para aplicaciones constructivas*. (Diseñadora Industrial), Universidad de Chile, Santiago.
- Montenegro, V. (2019). Biogusto. Retrieved from <http://www.biogusto.cl/>
- Montepatrino, E. (2017). Partido de nueces: Un nuevo negocio que prospera gracias a Servicios Agro-Mostazal en Monte Patria | El Montepatrino. *El Montepatrino*.
- Muñoz, L. (2019). *Valorización del carozo de durazno para el desarrollo de un material compuesto sostenible y su potencial aplicación.*, Santiago.
- Muñoz, M. (2016). *Boletín Frutícola. Avance a octubre 2016*. Retrieved from ODEPA: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNGU0ZDcyZjAtYTdmNS00YjE2LTlkOGMtNmViOGM2MmVmNGRiliwidCI6IjMzYjdmNzA3LTZlNmYtNDJkMi04ZDZmLTk4YmZmOWZiNWZhMCIsImMiOiR9>
- Muñoz, M. (2016). Boletín frutícola. Noviembre de 2016. | ODEPA | Oficina de Estudios y Políticas Agrarias - Ministerio de Agricultura de Chile (ODEPA ed., pp. 10). <http://www.odepa.gob.cl/boletin/boletin-fruticola-con-informacion-a-octubre-de-2016/>: ODEPA.
- Niehs. (2016). National Toxicology Program: 14th Report on Carcinogens. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>
- Nitin, S., & Singh, V. (2013). Mechanical behavior of walnut reinforced composite. *J. Mater. Environ. Sci*, 4(2), 238.
- ODEPA. (2012). Industria de frutos secos, evolución destacada y amplio potencial. (pp. 11). ODEPA: ODEPA.

- Osgood, C. E. (1957). *The measurement of meaning*. Urbana,: University of Illinois Press.
- Parodi Miranda, D. (2016). *Desarrollo de un material compuesto biodegradable a partir de la utilización del residuo cáscara de nuez*. (Diseñadora Industrial), Universidad de Chile, Santiago.
- Pirayesh, H., Khanjanzadeh, H., & Salari, A. (2013). Effect of using walnut/almond shells on the physical, mechanical properties and formaldehyde emission of particleboard. *Composites Part B: Engineering*, 45(1), 858-863.
- Pirayesh, H., Khazaeian, A., & Tabarsa, T. (2012). The potential for using walnut (*Juglans regia L.*) shell as a raw material for wood-based particleboard manufacturing. *Composites Part B: Engineering*, 43(8), 3276-3280.
doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesb.2012.02.016>
- PortalFrutícola. (2012). Chile: Un proveedor serio, confiable y de alta calidad: Walnuts from Chile.
- ProChile. (2017). Frutos secos. Retrieved from <http://www.prochile.gob.cl/int/colombia/productive-sectors/frutos-secos/>
- RAE. (2017). Real Academia Española. Diccionario Usual. Retrieved from <http://dle.rae.es/srv/fetch?id=L1TjrM9>
- Rheinland, T. (2020). Ensayos de juguetes. Retrieved from <https://www.tuv.com/chile/es/juguetes.html>
- RustBrothers. (2017). Nuxite. *Design, Build, Remodel*. Retrieved from <http://rustbrothers.com/wp-content/themes/rustbros/pdf/nuxite/faq-nuxite.pdf>
- Salazar, M. I. (2019). Pulchén - Briquetas Gourmet. Retrieved from <https://www.pulchen.cl/>
- Semarnat. (2017). Criterios de Sustentabilidad (Por tipo de impacto ambiental). Retrieved from <https://www.gob.mx/semarnat>
- Stonefruitfloors. (2008). Stonefruitfloors, old world charm without the old world hassle. Retrieved from www.stonefruitfloors.com
- Ulloa, K. (2013). *Hormigón modificado con carozos de durazno*. (Ingeniero constructor), Universidad de Talca, Talca, Chile.
- Uribe, J. (2016). Análisis Temporada 2016 (pp. 19): Chilenut.
- Villalobos, F. (2016). "Biogusto": el emprendimiento social que hace productos a base de cáscara de arroz | Emol.com. *El Mercurio*.
- WBCSD. (2006). Eco-efficiency Learning Module.
- WBCSD. (2017). About us. Retrieved from <http://www.wbcd.org/Overview/About-us>
- Wechsler, A. (2013a). *Sustainable Particleboards: Renewable Building Materials from Agricultural and Forestry By-products*. (PhD Dissertation), The University of New South Wales, Sydney. Retrieved from http://primoa.library.unsw.edu.au/primo_library/libweb/action/display.do?tabs=viewOnlineTab&gathStatTab=true&ct=display&fn=search&indx=1&recldxs=1&elementId=1&renderMode=poppedOut&displayMode=full&dscnt=0&rbg=&scp.scps=scope%3A%28UNSW_ALMA%29%2Cscope

[%3A%28UNSW_DigiTool_ALMA%29%2Cprimo_central_multiple_fe&tab=default_tab&srt=rank&mode=Basic&dum=true&vid=UNSW&vl\(freeText0\)=wechsler,%20andrea&doc=TN_trove_thesis185623424&ga=1.118981770.2002891205.1490156059](#)

Wechsler, A. (2013b). Sustainable Particleboards: Renewable Building Materials from Agricultural and Forestry By-products.