

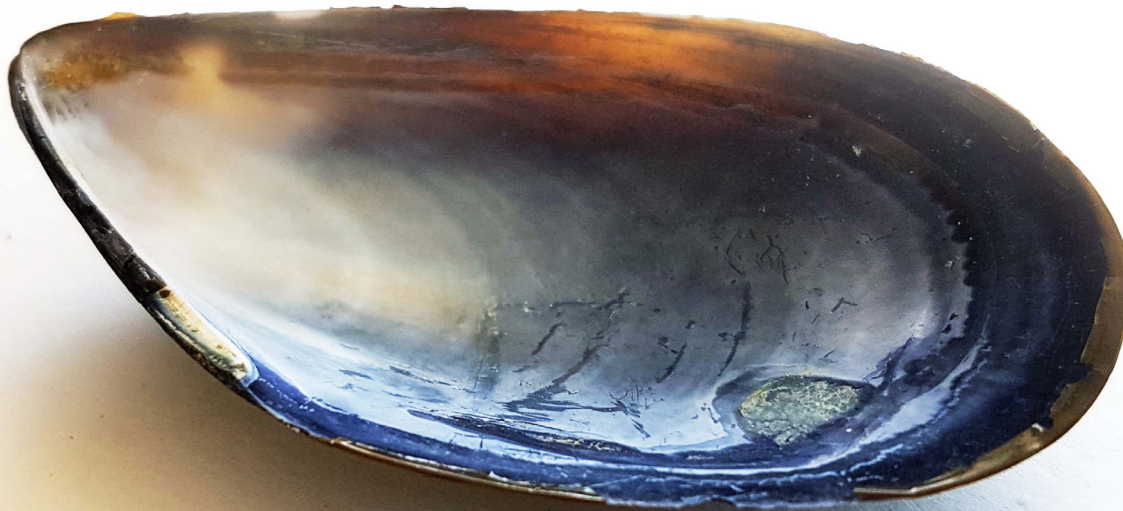


FACULTAD DE
ARQUITECTURA
Y URBANISMO

UNIVERSIDAD DE CHILE

REUTILIZACIÓN DE LA CONCHA DE MAR

desde un mar de residuos, a la valorización de un objeto cotidiano



JAVIERA GODOY HENRÍQUEZ



REUTILIZACIÓN DE LA CONCHA DE MAR: desde un mar de residuos, a la valorización de un objeto cotidiano

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE DISEÑADORA INDUSTRIAL

JAVIERA GODOY HENRÍQUEZ
Profesora guía ANDREA WECHSLER PIZARRO

Santiago, año 2020

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres, hermana y hermano por apoyarme siempre, en todos mis procesos.

A mi familia por entregarme siempre su preocupación y cariño.

A mis amigas y amigos que me han acompañado a lo largo de mi vida, en las buenas y en las malas.

A la profesora Andrea, por su paciencia y por acompañarme en este proceso.

A Francis, por alegrar todos mis días.

INDICE

| | | |
|------|--|-----|
| I. | INTRODUCCIÓN..... | 7 |
| II. | OBJETIVOS DEL PROYECTO..... | 9 |
| III. | REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA..... | 11 |
| | Conclusiones revisión bibliográfica..... | 43 |
| IV. | MÉTODOS..... | 46 |
| | a. CONFORMAR UN MATERIAL CON RESIDUOS DE CONCHA DE MAR..... | 47 |
| | 1.1 Preparación de la materia prima..... | 48 |
| | 1.2 Definir la composición del material..... | 52 |
| | 1.3 Conformación final del material..... | 54 |
| | b. CARACTERIZAR EL MATERIAL COMPUESTO EN CUANTO A SUS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS Y DE TRABAJABILIDAD | |
| | 2.1 Evaluar y medir propiedades físico-mecánicas del material compuesto mediante ensayos..... | 56 |
| | 2.2 Evaluar y medir resistencia a agentes externos, mecanizado y trabajabilidad..... | 63 |
| | 2.3 Evaluar el material a nivel experiencial..... | 67 |
| | c. DISEÑAR UN PRODUCTO COHERENTE CON LAS PROPIEDADES DEL NUEVO MATERIAL..... | 71 |
| | 3.1 Identificar posibilidades de diseño del material..... | 72 |
| | 3.2 Desarrollo de propuestas para aplicaciones del material..... | 74 |
| | 4.1 Diseño y fabricación de matrices..... | 76 |
| | 4.2 Fabricación de prototipos funcionales, elaboración de packaging y propuesta comercial | 81 |
| V. | RESULTADOS..... | 82 |
| | 1.1 Preparación de la materia prima..... | 83 |
| | 1.2 Definir la composición del material..... | 86 |
| | 1.3 Conformación del material..... | 88 |
| | 2.1 Evaluar y medir propiedades físico-mecánicas del material compuesto mediante ensayos..... | 89 |
| | 2.2 Evaluar y medir resistencia a agentes externos, mecanizado y trabajabilidad..... | 99 |
| | 2.3 Evaluar el material a nivel experiencial..... | 104 |
| | 2.4 Ficha técnica..... | 107 |
| VI. | CONCLUSIONES..... | 123 |
| VII. | PROYECCIONES..... | 124 |
| | LISTA DE REFERENCIAS..... | 125 |

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

| | | | |
|---|-----------|---|-----------|
| <i>Tabla 1: funciones de la concha de mar.....</i> | <i>14</i> | <i>Tabla 10: items de evaluación según especies.....</i> | <i>51</i> |
| <i>Tabla 2: composición concha de mar.....</i> | <i>15</i> | <i>Figura 22: molino de granos.....</i> | <i>52</i> |
| <i>Figura 1: concha de mejillón.....</i> | <i>16</i> | <i>Figura 23: tamiz corte láser.....</i> | <i>53</i> |
| <i>Tabla 3: composición del carbonato de calcio.....</i> | <i>17</i> | <i>Figura 24: conchas de mar quebradas.....</i> | <i>53</i> |
| <i>Tabla 4: propiedades del carbonato de calcio.....</i> | <i>17</i> | <i>Figura 25: mezcla de conchas de mas con aglomerante.....</i> | <i>54</i> |
| <i>Tabla 5: aplicaciones del carbonato de calcio.....</i> | <i>18</i> | <i>Tabla 11: etapa desarrollo de ensayos.....</i> | <i>55</i> |
| <i>Figura 2: conchas de mejillón chileno.....</i> | <i>19</i> | <i>Figura 26: balanza de precisión marca Kern, modelo FKB.....</i> | <i>57</i> |
| <i>Tabla 6: características de mejillón chileno.....</i> | <i>19</i> | <i>Figura 27: pie de metro marca Mitutoyo.....</i> | <i>57</i> |
| <i>Figura 3: mapa de Chile con cantidad de cosecha de productos pesqueros por región.....</i> | <i>20</i> | <i>Figura 28: probetas para ensayo de densidad.....</i> | <i>57</i> |
| <i>Figura 4: representación exportaciones por productos pesqueros.....</i> | <i>21</i> | <i>Figura 29: probetas para ensayo de absorción de agua e hinchamiento.....</i> | <i>58</i> |
| <i>Figura 5: Terminal Pesquero Metropolitano.....</i> | <i>27</i> | <i>Figura 30: estufa marca Binder.....</i> | <i>59</i> |
| <i>Figuras 6 y 7: contenedores de basura Terminal Pesquero Metropolitano, sector minorista.....</i> | <i>28</i> | <i>Figura 31: probetas para ensayos de flexión.....</i> | <i>60</i> |
| <i>Figura 8: contenedores de basura sector mayorista TPM.....</i> | <i>29</i> | <i>Figura 32: probetas en equipo de ensayo universal modelo WD W-S5.....</i> | <i>60</i> |
| <i>Figura 9: esquema de clasificación de residuos.....</i> | <i>32</i> | <i>Figura 33: equipo de ensayo universal modelo WDW-S5.....</i> | <i>62</i> |
| <i>Figura 10: material de conchas de mar y alginato.....</i> | <i>36</i> | <i>Figura 34: probeta en ensayo de tracción.....</i> | <i>62</i> |
| <i>Figura 11: conchas de mejillón + compuesto de sacarosa.....</i> | <i>36</i> | <i>Figura 35: probetas para ensayos de tracción.....</i> | <i>62</i> |
| <i>Figura 12: agregado de concha de ostra.....</i> | <i>37</i> | <i>Figura 36: probetas para prueba de exposición a rayos UV.....</i> | <i>63</i> |
| <i>Figura 13: conchas de mar + partículas de poliestireno.....</i> | <i>37</i> | <i>Figura 37: probetas para prueba de exposición a tierra húmeda.....</i> | <i>63</i> |
| <i>Figura 14: muebles con incrustaciones de conchas y plumas.....</i> | <i>38</i> | <i>Figura 38: probetas en ensayo a reactivos químicos.....</i> | <i>64</i> |
| <i>Figura 15: láminas de nácar.....</i> | <i>38</i> | <i>Figura 39: herramienta multipropósito marca Bauker.....</i> | <i>65</i> |
| <i>Figura 16: conchas pulidas.....</i> | <i>39</i> | <i>Figura 40: lijas.....</i> | <i>65</i> |
| <i>Figura 17: superficies de nácar.....</i> | <i>39</i> | <i>Figura 41: lijas al agua.....</i> | <i>65</i> |
| <i>Figura 18: mosaico de madre perla.....</i> | <i>40</i> | <i>Tabla 12: moldes.....</i> | <i>66</i> |
| <i>Figura 19: otras aplicaciones, productos de Ocean Shell.....</i> | <i>40</i> | <i>Tabla 13: grupos de encuestados.....</i> | <i>69</i> |
| <i>Figura 20: tablero de partículas de cáscara de macadamia.....</i> | <i>41</i> | <i>Figura 42: set de objetos para encuesta perceptual.....</i> | <i>70</i> |
| <i>Figura 21: taburete YAFÜN.....</i> | <i>41</i> | <i>Figura 43: adjetivos opuestos de encuesta perceptual.....</i> | <i>70</i> |
| <i>Tabla 7: etapa de diseño y fabricación de probetas.....</i> | <i>47</i> | <i>Tabla 14: etapas de proceso de diseño y fabricación.....</i> | <i>71</i> |
| <i>Tabla 8: etapas proceso limpieza y eliminación de olor.....</i> | <i>49</i> | <i>Figura 44: esquema metodología diseño de producto.....</i> | <i>73</i> |
| <i>Tabla 9: diferentes especies de concha de mar.....</i> | <i>50</i> | <i>Figura 45: moodboard para diseño de set de elementos para cóctel.....</i> | <i>74</i> |
| | | <i>Figura 46: bocetos génesis formal set de cóctel.....</i> | <i>75</i> |

| | | | |
|--|----|--|-----|
| Figura 47: modelos 3D de 4 piezas de set..... | 76 | Figura 61: probetas antes y después de ensayo de resistencia a reactivos químicos..... | 100 |
| Figura 48: modelos 3D matrices para corte en CNC router..... | 77 | Tabla 28: resultado pruebas de moldeado..... | 103 |
| Figura 49: matriz previo a proceso de lijado..... | 78 | Figura 62: total resultados encuesta perceptual..... | 104 |
| Figura 50: matrices de MDF lijadas y selladas..... | 78 | Figura 63: resultados por grupo encuesta perceptual..... | 105 |
| Figura 51: moodboard para diseño de recubrimiento de pared...79 | | Figura 64: esquema metodología de diseño de producto a partir de un material..... | 109 |
| Figura 52: bocetos génesis formal propuesta recubrimiento de pared..... | 80 | Figura 65: set de elementos para cóctel..... | 111 |
| Tabla 15: resultados etapa limpieza y eliminación de olor..... | 83 | Figura 66: fuente con división..... | 112 |
| Figura 53: conchas limpias y sin olor..... | 83 | Figura 67: pocillo..... | 112 |
| Tabla 16: resultados de conformación de probetas por especie...84 | | Figura 68: fuente sin división..... | 112 |
| Tabla 17: resultados evaluación de distintas especies de concha de mar..... | 85 | Figura 69: tabla..... | 112 |
| Tabla 18: resultados evaluación análisis de tamaño de partículas...87 | | Figura 70: fuente sin división..... | 113 |
| Tabla 19: resultados propiedades físico-mecánicas..... | 89 | Figura 71: set de elementos para cóctel..... | 113 |
| Tabla 20: materiales similares al aglomerado de concha de mejillón..... | 90 | Figura 72: logo Mytilus..... | 114 |
| Tabla 21: resultados ensayo de densidad..... | 91 | Figura 73: logo Mytilus grabado en mantel de algodón..... | 114 |
| Figura 54: gráfico comparación de densidad con otros materiales..... | 91 | Figura 74: logo Mytilus grabado en cartón madera..... | 114 |
| Tabla 22: resultados absorción de agua..... | 92 | Figura 75: mantel de algodón..... | 115 |
| Tabla 23: resultados hinchamiento..... | 92 | Figura 76: mantel de algodón con grabado de composición..115 | |
| Tabla 24: resultados contenido de humedad..... | 93 | Figura 77: set de elementos para cóctel posicionados sobre mantel..... | 116 |
| Tabla 25: resultados resistencia a la flexión..... | 94 | Figura 78: caja contenedora..... | 117 |
| Figura 55: gráfico de comparación esfuerzo de flexión con otros materiales..... | 95 | Figura 79: caja contenedora abierta..... | 117 |
| Figura 56: gráfico de comparación MOE con otros materiales....95 | | Figura 80: piezas en cajas individuales..... | 117 |
| Tabla 26: resultados ensayos de tracción..... | 96 | Figura 81: piezas y mantel en caja contenedora..... | 117 |
| Figura 57: gráfico de comparación esfuerzo de tracción con otros materiales..... | 96 | Figura 82: tapa interior..... | 118 |
| Figura 58: gráfico MOE vs densidad..... | 97 | Figuras 83, 84 y 85: prototipos en contexto y uso..... | 119 |
| Figura 59: gráfico esfuerzo de flexión vs densidad..... | 98 | Figuras 86 y 87: prototipos recubrimiento de pared..... | 120 |
| Figura 60: gráfico esfuerzo de tracción vs densidad..... | 98 | Figuras 88 y 89: prototipo recubrimiento de pared sobre malla de algodón..... | 121 |
| Tabla 27: resultados ensayo de resistencia a reactivos químicos....100 | | Figura 90: render prototipo en contexto..... | 122 |
| | | Figura 91: prototipo recubrimiento de pared..... | 122 |

I.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto tiene como objetivo la conformación de un material compuesto, fabricado a partir de residuos de concha de mar, específicamente de mejillón chileno, que es uno de los principales productos chilenos a nivel de extracción de recursos pesqueros en el país.

Chile es un país cuya economía se basa en la explotación y exportación de materias primas, encabezado desde el cobre en cuanto a volumen de exportación, hasta frutas, pasando por productos pesqueros, los que representan un gran aporte a la economía chilena.

Chile es un país privilegiado desde el punto de vista pesquero. Frente a sus costas de 4.300 kilómetros dentro de nuestra Zona Económica Exclusiva (200 millas náuticas), se encuentran ecosistemas de gran productividad, lo que evidentemente le otorga ventajas casi únicas en el mundo como productor de recursos pesqueros altamente valorados y demandados en los mercados mundiales.

En cuanto a productos pesqueros, el producto principal que posiciona a la acuicultura chilena es el salmón, siendo el segundo de mayor importancia el mejillón chileno, cuya cantidad cosechada

aportó con un 26,03% (332 mil toneladas) al total de recursos cosechados del año 2019, extraído en su totalidad en las aguas de la Región de Los Lagos (Subpesca, 2019).

En cuanto a nivel de exportaciones, el mejillón chileno es el molusco con mayor cantidad de toneladas exportadas el año 2019, con 67 mil toneladas, convirtiendo a esta industria en un importante aporte a nivel de fuentes de empleo (FAO, 2018).

El mejillón chileno es un producto que se consume en Chile, tanto en formato enlatado, como en su estado fresco, que se obtiene en mercados y terminales pesqueros. Es en este último lugar donde se enmarca este proyecto, puesto que debido a la alta cantidad de mejillón de la que es abastecido el Terminal Pesquero Metropolitano, se genera una gran cantidad de residuos. Estos residuos corresponden a productos en mal estado, y a las conchas de mar desechadas debido a que compran moluscos sin éstas. Dicho residuo es depositado en contenedores destinados a almacenarlos, a la espera de su retiro, el que es efectuado por empresas de manejo de residuos, quienes los llevan a un relleno sanitario para su disposición final (SEREMI de salud, 2014).

Son puntualmente estos residuos los que se utilizarán en este

proyecto, el que busca su valorización a través del Diseño, convirtiendo este importante recurso para el medio marino, que fue extraído y posteriormente desechado por la industria, en un material, que generará un producto que sustentará su diseño aprovechando las propiedades que tiene la concha de mar del mejillón.

En consecuencia con el uso de una materia prima proveniente de la naturaleza, y más aun, siendo un recurso valioso, desechado por la industria, se conformó un material compuesto. Una vez que este material fue conformado, se analizó y midió sus propiedades físico-mecánicas, trabajabilidad e incluso perceptuales, a través de ensayos, para finalmente diseñar un objeto, coherente con dichas propiedades.

II. OBJETIVOS DEL PROYECTO

A continuación se detalla el objetivo general, junto con los objetivos específicos en los que se basará el proyecto para su desarrollo. Cada objetivo específico se divide en etapas, las que a su vez se subdividen en actividades que serán llevadas a cabo con el fin de cumplir cada objetivo. El proyecto se presenta dividido en 3 capítulos principales; Revisión bibliográfica, Métodos y Resultados. En el capítulo de Revisión bibliográfica, se plantean las bases que darán sustento a la dirección que toma el proyecto, mientras que en los capítulos de Métodos y Resultados se desarrollan los objetivos específicos del proyecto.

Cada actividad planteada en los objetivos específicos, se subdivide en tareas a realizar, detalladas en cada capítulo, que irán siendo planteadas en el capítulo de Métodos, mostrando cada metodología utilizada por tarea, cuyos resultados se mostrarán finalmente en el capítulo de Resultados.

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un material basado en residuo de conchas de mar, para posteriormente diseñar un producto que sea coherente con sus propiedades

| OBJETIVO ESPECÍFICO | ETAPA | ACTIVIDAD |
|--|-------------------------------------|---|
| I. Conformar un material con residuos de concha de mar | 1. Diseño y fabricación de probetas | 1.1 Seleccionar especie o especies de moluscos a trabajar |
| | | 1.2 Definir, mediante análisis de tamaño de partículas de la materia prima, la composición del nuevo material |
| | | 1.3 Evaluar y seleccionar aglomerante |
| | | 1.4 Determinar proceso de moldeabilidad y conformación del material |
| II. Caracterizar el material compuesto, en cuanto a sus propiedades físico-mecánicas y de trabajabilidad | 2. Desarrollo de ensayos | 2.1 Evaluar y medir propiedades físico-mecánicas del material compuesto, mediante ensayos |
| | | 2.2 Evaluar y medir resistencia a agentes externos, mecanizado y trabajabilidad |
| | | 2.3 Evaluar el material a nivel experiencial |
| | | 2.4 Elaborar ficha técnica del nuevo material compuesto |
| III. Diseñar un producto coherente con las propiedades del nuevo material | 3. Proceso de diseño | 3.1 Identificar oportunidades y usuario |
| | | 3.2 Modelado y fabricación de prototipos |
| | 4. Proceso de fabricación | 4.1 Diseñar y fabricar matrices |
| | | 4.2 Construir producto, diseño y elaboración de packaging |



III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Las consecuencias del desarrollo económico

La Revolución Industrial, marca un periodo de cambios rápidos y generalizados sin precedentes, donde industriales, ingenieros y diseñadores intentaban resolver problemas y obtener ventaja inmediata de lo que veían como oportunidades. La mentalidad de los primeros industriales era de gran optimismo y de confianza en el progreso de la humanidad. Según iba aumentando la industrialización, emergieron otras instituciones que contribuyeron a su crecimiento: banca comercial, bolsa de valores y prensa económica crearon nuevas oportunidades de empleo para la nueva clase media, y estrecharon los lazos sociales en torno al crecimiento económico. Esta vez, el acceso a todas las comodidades se expandió a otros grupos emergentes.

La Revolución Industrial no fue planificada, pero no por ello carece de razón de ser. En resumidas cuentas, fue una revolución económica, provocada por el deseo de adquisición de capital. Los industriales querían producir de la forma más eficiente posible, y hacer llegar la mayor cantidad de bienes a la mayor cantidad de personas.

Las industrias se enriquecían a medida que iban convirtiendo recursos en productos. Se conquistaron las praderas para la agricultura, y los grandes bosques fueron destruidos en busca de madera y combustible. Cuando comenzaron estas prácticas, en el siglo XIX, las sutiles cualidades del medio ambiente no constituían una preocupación generalizada. Los recursos parecían ilimitados. La naturaleza misma era percibida como “la madre

tierra” que, en perpetua regeneración, podía absorber todo y continuar creciendo.

Para poder ser segura, la Revolución Industrial trajo varios cambios sociales positivos. Con un mayor nivel de vida, la expectativa de vida se alargó de sobremanera. La atención médica y la educación mejoraron mucho y su disponibilidad se volvió más común. La electricidad, las telecomunicaciones y otros inventos acrecentaron el bienestar y la comodidad hasta niveles nunca vistos.

Pero en el diseño de la Revolución Industrial había fallos fundamentales. Como resultado, se produjeron algunas omisiones cruciales, y las devastadoras consecuencias han llegado hasta nosotros, junto con las bases de aquella era en la que se gestó dicha transformación.

Si pensamos, por ejemplo, en un vertedero típico, encontraremos objetos que fueron fabricados con materiales valiosos, cuya extracción y fabricación requirieron esfuerzo y gastos: miles de millones de dólares en activos materiales. Los materiales biodegradables como los alimentos y el papel en realidad también tienen valor: podrían descomponerse y devolver nutrientes biológicos a la tierra. Desgraciadamente, todas esas cosas se encuentran depositadas en un vertedero, en el que su valor está desperdiciado. Son los últimos productos de un sistema industrial diseñado de forma lineal, un modelo en un solo sentido, “de la cuna a la tumba” (McDonough & Braungart, 2002).

La concha de mar

Constituye el esqueleto externo o exoesqueleto de animales invertebrados, entre ellos los moluscos, los cuales no poseen esqueleto interno, por lo que esta caparazón se utiliza como un elemento defensivo para proteger sus partes blandas de agresiones externas, además de servir como un punto de anclaje para sus músculos y órganos. Actualmente existen unas 100.000 especies de moluscos, los que viven en prácticamente todos los ambientes, su tamaño varía entre 1 y 20 centímetros.

La concha es la cobertura dura, rígida y exterior de estos animales, éstas son muy duraderas, puesto que debido a su composición, permanecen mucho más tiempo después de que el animal muere. Estas se desarrollan desde el interior, y se van engrosando y cubriendo superficie por los bordes, de manera que el animal va depositando el material para que la concha alcance dureza y logre cubrir el área de protección necesaria. La capa interna de la concha es fabricada a partir de la secreción de todas las células del manto, no sólo de las del borde, y por lo tanto, el crecimiento de esta capa no produce líneas de crecimiento, sino una acumulación de estratos que es la responsable del crecimiento en grosor de la concha (Barnes & Ruppert, 1996).

El crecimiento de la concha no es constante, sino más bien varía según las condiciones ambientales y la disponibilidad de alimento, por lo que además, si las condiciones son muy desfavorables,

el crecimiento puede detenerse por completo. Este crecimiento se mantiene durante toda la vida del animal, de manera que a mayor grosor de la concha más vieja es. Con respecto a su color, ésta depende de la especie y el alimento ingerido, el color servirá para camuflarse además de aportar dureza a la concha (Goncharova, 2014).

Los moluscos son capaces de reparar su concha si esta resulta dañada, siempre que la parte del manto que está debajo permanezca interna. En ocasiones, la parte dañada queda fuera del alcance de las células del borde y la reparación es llevada a cabo por otras células del manto, que sólo son capaces de secretar la capa interna de la concha, con lo cual la reparación dejará una especie de cicatriz que puede apreciarse con facilidad.

La formación de cicatrices también puede deberse a que hayan variado las condiciones de crecimiento y por tanto, la fabricación de la concha se haya vuelto más lenta o más rápida de lo habitual.

La denominación del esqueleto exterior o concha es valva. Existen moluscos bivalvos, que se unen en la parte dorsal por un ligamento elástico que permite la apertura y cierre de la estructura. Además existen los moluscos gasterópodos, cuyo caparazón se conforma como una estructura asimétrica espiral, denominada como caracola (Barnes & Ruppert, 1996).

En general, las funciones que tiene la concha de mar son:

Tabla 1: funciones de la concha de mar

| |
|---|
| Protección frente al ataque de enemigos; los nudos, espinas y láminas cortantes refuerzan la efectividad |
| Protección contra la desecación en los moluscos terrestres |
| Servir de cobijo al animal, ya que éste, generalmente, puede replegarse dentro de la concha |
| Como instrumento de trabajo para perforar el sustrato cuando éstos viven enterrados |
| Ayudar a la locomoción, tanto para andar como para nadar |
| Como órgano hidrostático, permitiendo el ascenso y descenso del animal en el agua |
| Como camuflaje, cuando la pigmentación de la concha es semejante a la del ambiente en el que vive el animal |

(Amaiz, Bello, Benítez, Mudarra, Vásquez & Velasco, 2012)

Composición

Las conchas de mar poseen dos principales componentes, ellos son una matriz orgánica de naturaleza fundamentalmente proteínica que es la conquiolina y un depósito inorgánico de carbonato cálcico (CaCO₃).

Tabla 2: composición concha de mar

| CONQUIOLINA |
|--|
| Proteínas complejas secretadas por el epitelio de un molusco |
| Contiene gran cantidad de aminoácidos, especialmente tirosina, asparagina y lisina, además de algunos aminoazúcares. |

| CARBONATO DE CALCIO |
|--|
| Compuesto químico abundante en la naturaleza, siendo la causa principal del agua dura. |
| Utilizado en la medicina como suplemento de calcio, como antiácido y agente adsorbente. Es fundamental en la producción de vidrio y cemento. |

(Barnes & Ruppert, 1996)

La proporción de carbonato cálcico es mayor con respecto a la de conquiolina, la que se presenta en forma de cristales embebidos en una piscina de proteínas y polisacáridos, que vendría siendo la conquiolina.

La conquiolina es segregada por el manto, una especie de repliegue dérmico que recubre el cuerpo del animal, siendo su función principal servir como base para el posterior depósito de sales minerales, las que se pueden cristalizar de distintas formas al depositarse, formando diferentes capas que aportan gran parte de las características visuales de la concha.

En cuanto al carbonato cálcico (CaCO₃), este suele cristalizar en forma de aragonito, aunque también puede hacerlo de calcita, especialmente en la parte más interna de la concha. Además, los cristales pueden disponerse en forma de prismas o láminas, según la capa de que se trate, proporcionando así diferentes propiedades a la estructura de la concha.

Los moluscos extraen el calcio de su alimento, tanto del agua, como las rocas y el ambiente, llegando a través del flujo sanguíneo al manto, que los concentra y los transforma en cristales, que son depositados en capas (Barnes & Ruppert, 1996).

Estructura

La concha se conforma con 3 capas, compuestas todas por las mismas sustancias pero en distinta proporción y cristalizadas de diferente manera. Partiendo por la más interna, que se denomina nácar o madreperla, formada por capas apretadas y ordenadas, cuyo brillo iridiscente captura a los diseñadores de joyas. La capa intermedia es menos compacta y la capa externa está compuesta mayoritariamente de conquiolina.



figura 1: concha de mejillón

ESTRACE

Formado por cristales en forma de prisma aragonito apilado en dos capas, disponiéndose perpendicularmente o en diagonal respecto de la superficie de la concha, estos prismas pueden ser muy aplanados por tanto forman una estructura prácticamente laminar. Los cristales se depositan en una matriz de conquiolina en forma de red, de manera que la parte orgánica de esta capa alcanza el 10% y los prismas pueden separarse si se llega a eliminar la proteína. En algunos casos, las capas se disponen con una inclinación alternada, otorgando mayor resistencia a la concha.

HIPOSTRACO O ENDOSTRACO

Formado por capas laminares superpuestas paralelamente a la superficie de la concha de aragonito y a veces también calcita. Estas láminas pueden ser más o menos gruesas y planas, dando un aspecto de porcelana a la superficie o muy finas y onduladas, otorgando así una superficie brillante, conocido como nácar.

PERIOSTRACO

Formado por conquiolina, esta capa envuelve al resto de la concha como una funda. Su consistencia es parecida a la de una membrana y no siempre está presente en la estructura, suele ser de colores tenues, normalmente transparente o en tonos marrones y carece de brillo. Su función biológica es la de proteger a la concha de las reacciones químicas del agua, evitando que pueda debilitarse por la disolución parcial del carbonato cálcico y evita la fijación de otros organismos en su superficie, además de proporcionar mimetismo.

(Barnes & Ruppert, 1996)

Coloración

Mientras la concha crece, pigmentos producidos por el cuerpo del molusco se desplazan desde partes especiales del epitelio del manto a la capa calcárea situada directamente debajo del periostaco, que es la capa que envuelve a la concha de mar, detallada más adelante. La formación de pigmento depende en parte de la alimentación.

Los pigmentos son sustancias solubles en ácidos (pirroles, melanina, porfirinas) o no solubles en ácidos (cromoproteínas) (Amaiz, Bello, Benítez, Mudarra, Vásquez & Velasco, 2012).

Formación de Carbonato de Calcio (CaCO₃)

El ambiente de los carbonatos se puede caracterizar de baja hasta mediana profundidad con aguas tibias. Los carbonatos se constituyen básicamente de calcita (caliza), aragonita y dolomita.

Los procesos de la formación de carbonatos son del tipo marino inorgánico, del tipo bioquímico y del tipo terrestre. Sin embargo, la abundancia relativamente alta de los iones de calcio (Ca²⁺) y del bicarbonato (H₂CO₃) o de los iones de bicarbonato (HCO₃⁻) respectivamente en el agua, le otorga a la concha de estos bivalvos una estructura de carbonato cálcico, originada por los iones de calcio procedentes del medio ambiente externo (agua de mar, agua dulce o del suelo), los que se incorporan al molusco resaltando la dependencia de su naturaleza (calcítica o aragonítica) y del tipo de agregación que adopten estos cristales, para la formación de las distintas especies de conchas (Amaiz, Bello, Benítez, Mudarra, Vásquez & Velasco, 2012).

Carbonato de Calcio (CaCO₃)

Para lograr obtener una perspectiva de la composición de la concha de mar, en cuanto a sus propiedades, se recurre a indagar sobre la composición del CaCO₃, puesto que este es el principal elemento que compone la concha de mar.

Tabla 3: composición del carbonato de calcio

| | |
|---------------------|-------------------------------|
| MASA MOLAR | 100.087 gr/mol |
| PUNTO DE FUSIÓN | 899 °C |
| PUNTO DE EBULLICIÓN | 1339 °C |
| SOLUBILIDAD EN AGUA | 0,0013 gr/100 mL |
| DENSIDAD | 2,7 – 2,95 gr/cm ³ |

(GTM, 2016)

Tabla 4: propiedades del carbonato de calcio

| PROPIEDADES | CARACTERÍSTICAS |
|-------------|---|
| FÍSICAS | Alto grado de blancura Bajo índice de refracción Buena dispersabilidad Bajo costo Inodoro e insaboro Polvo microcristalino y fino |
| QUÍMICAS | Alta pureza Baja abrasividad Baja absorción de aceite Casi insoluble en agua Estable en el aire Neutraliza ácidos (Piedras Decorativas, 2019) |

Tabla 5: aplicaciones del carbonato de calcio

| APLICACIONES | USOS |
|-----------------------|--|
| HULES Y PLÁSTICOS | PVC plastificado, rígido y poliolefinas Recubrimientos y selladores Poliéster no saturado (SMC, VMC, TMC) |
| JABONES Y DETERGENTES | Relleno mineral para lograr una alta retención de humedad Mejora la consistencia y secado de la masa final No altera propiedades físicas o químicas, ni viscosidad de la mezcla de productos jabonosos No daña la ropa |
| INDUSTRIA DEL CAUCHO | Producción de cauchos naturales y sintéticos, manteniendo la flexibilidad Aumenta la resistencia a la torsión y a la tracción Mejora las características mecánicas y eléctricas del caucho Disminuye envejecimiento y fatiga del material |
| INDUSTRIA DE PINTURAS | Proporciona mayor poder de cobertura Aumenta el rendimiento de la pintura Contribuyen en la opacidad y a que la pintura cubra de mejor manera las superficies Otorga un excelente brillo Ofrece un tratamiento superficial, que hace a las partículas de la pintura hidrofóbicas |
| NUTRICIÓN ANIMAL | Mejora el rendimiento de todo tipo de alimento para animales |

(EcuRed, 2019)

Mejillón chileno (*Mytilus chilensis*)

Popularmente conocido como chorito, es muy frecuente de encontrar en las costas chilenas. Se encuentra en el Pacífico desde Callao (Perú) hasta el canal Beagle (Chile), y en el Atlántico, desde el sur de Brasil hasta las cercanías del canal Beagle, incluyendo también las islas Malvinas. En cuanto a su distribución batimétrica, va desde el sector rocoso del intermareal hasta los 10 metros de profundidad.

Su mayor extracción se produce en la Región de Los Lagos. Es un bivalvo de concha negra, de alrededor de 7 centímetros de largo y 3 centímetros de ancho, sus valvas se distinguen por presentar sólo estrías concéntricas de crecimiento y estar recubiertas por un periostraco de color pardo-negruzco a violáceo. El manto es de color amarillo anaranjado. Apetecido y común de encontrar en los mercados chilenos, sin embargo, se ve afectado por la marea roja (Subpesca, 2019).



Figura 2: Conchas de mejillón chileno

Tabla 6: características de mejillón chileno

| | |
|----------------------------|---|
| TAMAÑO | 70 mm de ancho, 30 mm de largo |
| CLASE | Bivalvo |
| COLOR EXTERIOR | Negro, con estrías de color pardo-negruzco a violáceo |
| COLOR INTERIOR | Amarillo anaranjado |
| TEXTURA | Estrías concéntricas |
| REGIÓN CON MAYOR PRESENCIA | X Región de Los Lagos |
| PERIODO DE EXTRACCIÓN | Enero a diciembre |
| TOTAL EXTRACCIÓN 2018 | 332,7 mil toneladas |

(Subpesca, 2019)

Chile como país exportador

Chile es un país privilegiado desde el punto de vista pesquero. Frente a sus costas de 4.300 kilómetros dentro de la Zona Económica Exclusiva (200 millas náuticas), se encuentran ecosistemas de gran productividad, lo que evidentemente le otorga ventajas casi únicas en el mundo como productor de recursos pesqueros altamente valorados y demandados en los mercados mundiales (SubPesca, 2017).

Refiriéndonos a la economía chilena, ésta se basa en la explotación y exportación de materias primas, encabezado por el cobre, cuyo valor de las exportaciones de mercancía del país representó el 49,1% en 2017. En cuanto a productos pesqueros, cuyo macrosector de Pesca y Acuicultura se constituyó en 2017 como el tercer mayor exportador del país, con envíos por US\$ 6.258 millones, representando un crecimiento del 16% en comparación al año 2016.

El sector pesquero es liderado por los salmónidos que generan tres cuartas partes de los envíos totales. Pese a ello, productos como los mejillones y ostiones que son moluscos, igualmente figuran como parte de la oferta de recursos exportados (ProChile 2018).

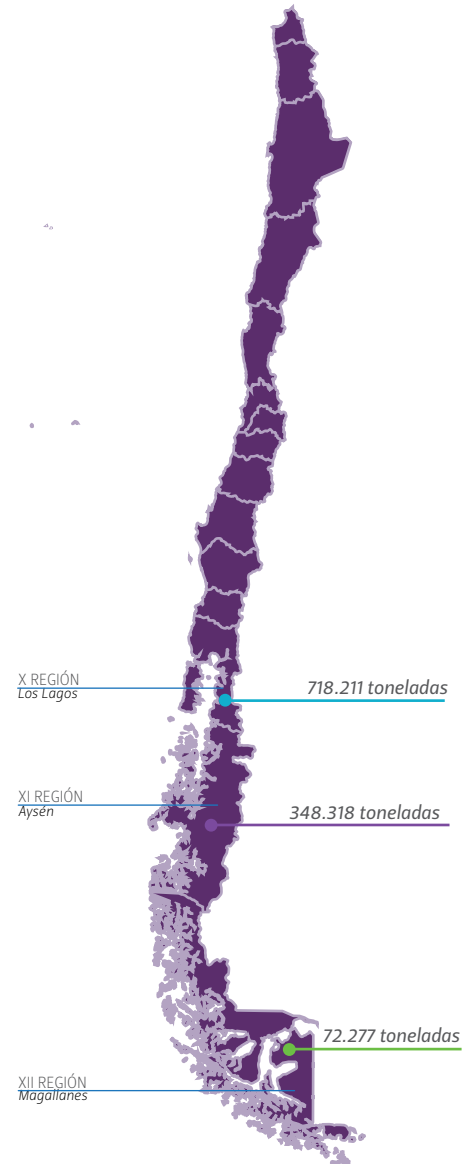


Figura 3: mapa de Chile con cantidad de cosecha de productos pesqueros por región

En cuanto a nivel de exportaciones, el producto no cobre que lidera el ranking es el salmón. Situándose el mejillón en sexta posición, lo que convierte al macrosector de Pesca y Acuicultura en un importante aporte a nivel de fuentes de empleo (SubPesca 2018).

Refiriéndonos a cifras, durante el año 2019 se cosecharon 332.725 toneladas de mejillón, según datos del Informe Sectoriales de Pesca y Acuicultura de diciembre de 2019, elaborado por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (Subpesca). Por lo que la industria pesquera chilena ocupa un importante espacio a nivel mundial.

Actualmente, el sector mitilicultor se compone por 600 productores, de los que más del 80% corresponde a pequeñas y medianas empresas, según datos de la Asociación de Mitilicultores de Chile (AmiChile), además de la amplia red de proveedores y

servicios que atiende a esta industria que ofrece al menos 17.000 puestos de trabajo (AmiChile, 2019).

Con respecto al mejillón, las exportaciones de *Mytilus chilensis* sumaron US\$210 millones en 2017, de los cuales casi la totalidad corresponde al formato de congelados en contenedores herméticos. Los envíos de estos productos se dirigen principalmente a Europa (72%), América del norte (13%) y Asia (9%) (ProChile 2018).

En cuanto a volúmenes, las cosechas de moluscos acumuladas a noviembre de 2019, alcanzaron las 342 mil toneladas, valor que representa el 26,03% del total nacional de cosechas.

En específico, las cosechas de mejillón, acumuladas a noviembre de 2019, alcanzaron las 332 mil toneladas, donde la totalidad de la cosecha se sitúa en la Región de Los Lagos, la que representa el 97,15% del cultivo de moluscos (SubPesca 2019).

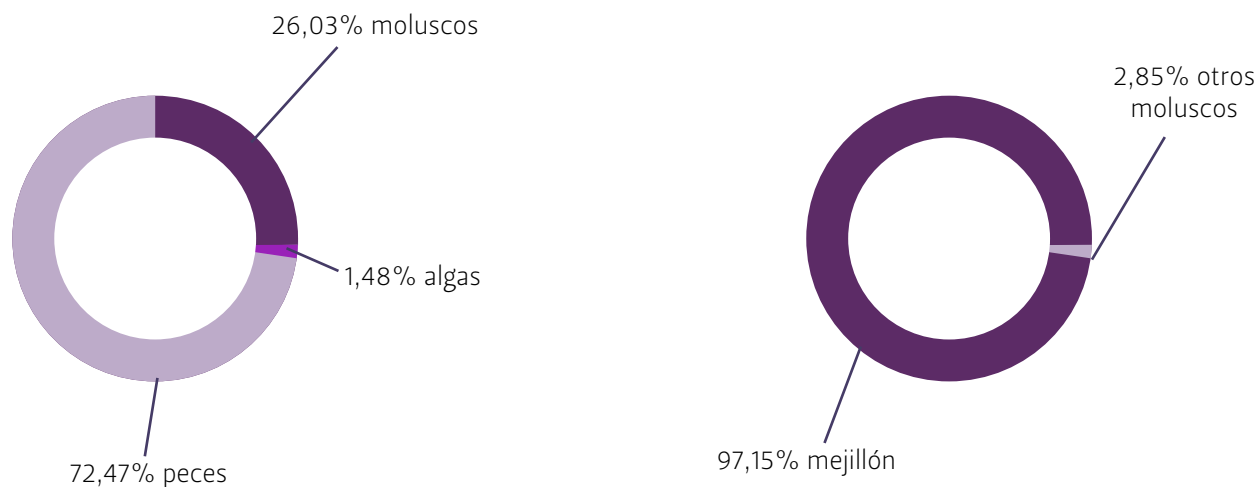


Figura 4: representación exportaciones por productos pesqueros

Grupos empresariales del sector pesquero

Con el fin de cuantificar volúmenes de extracción de moluscos, quienes controlan el sector pesquero en Chile, y por ende los representantes de Chile en el exterior en este rubro, son las empresas enumeradas a continuación, que cuentan entre sus principales actividades el cultivo, procesado, envasado y comercialización de moluscos, tanto en Chile como en el exterior.

1. Orizon S.A.

Fundada en 2010, como resultado de la fusión entre South Pacific Korp S.A. (SPK), filial de Pesquera Iquique-Guanaye S.A. (Igemar), y Pesquera San José S.A., de la Sociedad Pesquera Coloso S.A. Realizan actividades de pesca industrial en la zona centro-sur del país, cuentan con centros de cultivo de ostiones y mejillones en la X región, once plantas de proceso distribuidas en la IV, VIII y X región, y una flota de catorce barcos operativos. (www.orizon.cl)

2. Pesquera Apiao S.A. | St. Andrews | Chiloe Seafoods | Blumar Seafoods

Pesquera Apiao S.A. es propiedad de St. Andrews S.A. y se dedica a la crianza y comercialización de moluscos. Blumar Seafoods y Chile Seafoods son otras empresas vinculadas. Cuentan con más de 800 hectáreas de cultivos y 3 plantas de proceso capaz de procesar más de 50.000 toneladas de mejillones al año. (www.chiloseafoods.com)

3. Sudmaris Chile S.A.

Empresa dedicada al cultivo, procesamiento y exportación de mejillones congelados en todos sus formatos. Cuentan con 3

centros de cultivos, además de una planta procesadora. Su producción se basa en los mejillones, en diversos formatos. (www.sudmaris.com)

4. Toralla S.A.

Empresa fundada en el año 2000, poseen más de 250 hectáreas de mar bajo el sistema de cultivo long-line, su capacidad de producción se eleva hasta 12.000 toneladas anuales de mejillones. (www.toralla.cl)

5. Camanchaca Cultivos Sur S.A.

Inició operaciones en Chile el año 1965, con una actividad centrada en la pesca y procesamiento de camarones y langostinos, en 1980, la empresa se diversificó hacia otros productos del mar, incluyendo la acuicultura. Actualmente, participa en los negocios de pesca extractiva en el norte y sur de Chile, en la acuicultura del salmón atlántico y en el cultivo de mejillones y abalones. Sus actividades se desarrollan desde el norte de Chile, en Iquique hasta el sur, a lo largo de 6.640 kilómetros de costa. (www.camanchaca.cl)

Acuicultura en Chile

Acuicultura, es decir, el cultivo y la reproducción de especies acuáticas en agua dulce o salada, ha sido uno de los sectores con mayor crecimiento en el país en los últimos 30 años. Representa el tercer mayor sector productivo de Chile, facturando más de US\$4,5 mil millones y dando empleo a más de 45 mil personas. Actualmente, Chile es el octavo país con más ventas en el sector acuícola a nivel mundial y representa el 1,6% de la producción total (Fundación Chile, 2018).

Acuicultura es el cultivo de organismos acuáticos tanto en zonas costeras como del interior que implica intervenciones en el proceso de cría para aumentar la producción. Es probablemente el sector de producción de alimentos de más rápido crecimiento y representa ahora el 50% del pescado destinado a la alimentación a nivel mundial.

Existen cerca de 567 especies acuáticas que se cultivan actualmente en todo el mundo, lo que representa una enorme riqueza de diversidad genética dentro y entre las especies. La acuicultura la

practican tanto los agricultores pobres de los países en desarrollo como las empresas multinacionales. El 80% de la producción acuícola actual deriva de animales que se encuentran en la parte inferior de la cadena alimentaria, como peces omnívoros y herbívoros y moluscos. Teniendo en cuenta su comportamiento dinámico en los últimos 30 años y la disminución de la pesca de captura, es probable que el crecimiento futuro del sector pesquero derive principalmente de la acuicultura (FAO, 2018).

La actividad de la acuicultura se ha posicionado durante los últimos años como la alternativa de diversificación productiva de la pesca. Las especies salmoneras representan un amplio porcentaje de esta actividad, siendo el chorito (*Mytilus chilensis*), como segunda especie de importancia. La actividad del cultivo se lleva a cabo principalmente en la X Región, donde la actividad de la salmonicultura y de moluscos bivalvos ha logrado un gran desarrollo, iniciándose la expansión de la actividad a regiones de más al sur, donde ya se perfila como la nueva frontera para el desarrollo de esta actividad a la XII Región (Subpesca, 2017).

Historia de la mitilicultura en Chile

Se define a la mitilicultura como el cultivo de los moluscos del género Mytilus, para su explotación económica (Diccionario de la lengua española, 2019). En particular el cultivo de cholga (Aulacomya ater), choro zapato (Choromytilus chorus), chorito (Mytilus chilensis) y choro araucano (Mytilus galloprovincialis) (Revista Aqua, 2019).

Esta industria, cultiva, procesa y exporta este marisco tan típico chileno, siendo hoy considerada la segunda actividad acuícola más importante del país, transformándose en un importante polo de desarrollo económico y social en la Isla de Chiloé (AmiChile, 2019).

La mitilicultura chilena ha tenido un crecimiento cauteloso pero sostenido a través de los años. Antiguamente se cultivaban choritos de manera artesanal, con varas de coigüe, método que ha evolucionado hasta introducir, en la actualidad, nuevas tecnologías que permiten obtener un producto limpio y seleccionado, acorde a las exigencias de los mercados de destino (Appel, 2017).

La historia de la mitilicultura data desde épocas remotas, ya en la década de 1880 el choro zapato era muy apetecido, por lo que

se habían agotado por sobreexplotación, a tal punto que en 1907 la Ley de Pesca de la época estableció una veda para el choro zapato (Coyoumdjian, 2009).

A pesar de ser una industria más bien reciente, que sigue presentando desafíos para trabajar, es la principal exportadora de mitílidos a nivel mundial, y la segunda productora acuícola a nivel nacional (Appel, 2017).

| 1943 | 1960 | 1961 | 1965 |
|--|--|--|---|
| <p>Creación de la Estación de Mitilicultura de Quellón, a partir de la ley N° 7.535</p> | <p>Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) y la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) inician un plan de desarrollo de la mitilicultura, principalmente en la zona sur de la Isla de Chiloé. El propósito de esto fue que lugareños y pescadores artesanales tuvieran una alternativa de producción e ingresos.</p> | <p>Construcción de la Estación mitilícola de Putemún, localizada en la ensenada homónima al noroeste de Castro.</p> <p>Se construye como medida paleativa frente a los efectos del terremoto del 1960, el que destruyó los principales bancos de moluscos, base de sustento de comunidades de pescadores y recolectores de esa zona.</p> | <p>Se implementa la tecnología para cultivar en balsa o batea, reemplazando al método de captación de semillas de chorito mediante estacas de luma, que fue utilizado hasta ese entonces.</p> |
| 1982 | 1991 | 1995 | 1995–2000 |
| <p>Se entrega materia prima para el desarrollo de la mitilicultura en Chiloé, y las plantas de proceso en Puerto Montt, además se divulgan las bondades del chorito de cultivo frente al de banco natural, ya que este es mucho más limpio y homogéneo en su tamaño y calidad. Todo esto financiado con un proyecto de fondos internacionales, provenientes de Canadá, gestionado por la Estación de Biología Marina de la Universidad Austral de Chile.</p> | <p>Se crea la Asociación de Miticultores de Chile (AmiChile), para apoyar a los pequeños productores de entonces, en cuanto a nuevas tecnologías, capacitación técnica y laboral, centralizando las informaciones vinculadas al sector.</p> | <p>Al no existir mucho poder adquisitivo en Chiloé, se comenzó a exportar chorito a Argentina y, a mediados de los 90, comenzaron los envíos a otros países, principalmente productos congelados</p> | <p>Se realiza, también con fondos canadienses, un proyecto enfocado a la transferencia tecnológica, post-producción y al aspecto económico-social de la mitilicultura.</p> <p>(Appel, 2017; AmiChile, 2019)</p> |

Esta nueva tecnología implementada, permitió disminuir los tiempos del proceso, ya que se aprovecha de mejor forma la semilla. Además, esto se traduce en menor esfuerzo físico para los operarios, menores tiempos de trabajo y pérdidas por desprendimiento, obteniendo un producto limpio y seleccionado.

2000

Chile alcanza las 23.477 toneladas cosechadas, exportando un total de 3.908 toneladas, de las cuales el 94% corresponde a congelados.

2001

Continúa el crecimiento de los envíos, alcanzando las 6.739 toneladas, equivalente a un alza de 72% con respecto al año anterior, cifras que ameritaron hacer un cambio importante en el método de trabajo utilizado en un cultivo de chorito, donde las actividades de encordado y se cosecha se realizaban en forma manual.

2002–2004

Se realizan demostraciones con la nueva tecnología de encordado y cosecha de mitílidos en los centros de cultivo a 20 empresas de la Región de Los Lagos. Permitiendo una amplia difusión de la tecnología implementada a los administradores de los centros de cultivos con distintas realidades y niveles de producción.

2016

Se exportan más de 67 mil toneladas a diversos mercados del mundo, en sus presentaciones congelado, fresco refrigerado y en conserva, con envíos por US\$ 176 millones.

(Appel, 2017; AmiChile, 2019)

Terminal Pesquero Metropolitano

Ubicado en la comuna de Lo Espejo, en Américo Vespucio 1500, en la ciudad de Santiago, el Terminal Pesquero Metropolitano (TPM) representa el lugar de Santiago donde se concentra la mayor producción de los recursos del mar. Siendo alrededor de 4 mil toneladas comercializadas al mes, lo que representa el 80% de la producción marítima de Chile (Sitio web Terminal Pesquero Metropolitano, 2019), moviéndose al año 35 mil toneladas de productos frescos del mar –65% de pescados y 35% de mariscos– (Urquieta, 2016).

El recinto se divide en un Terminal Mayorista y un Terminal Minorista. El Terminal Mayorista lo conforman 115 locales comerciales, mientras que el Terminal Minorista, cuenta con 23 locales de venta. El TPM abastece a supermercados, ferias libres, restaurantes y mercados de Santiago (Sitio web Terminal Pesquero Metropolitano, 2019).

Con una donación hecha del gobierno Japonés en el año 1996 se construyó el recinto ubicado en Lo Espejo, siendo desde el año 2004 traspasado a una administración privada. Inicialmente, la administración estuvo a cargo de la Fundación Mercamar, integrada por representantes del Estado y del mundo privado (Urquieta, 2016).



Figura 5: Terminal Pesquero Metropolitano

Manejo de residuos en el Terminal Pesquero Metropolitano (TPM)

En el marco de la presente investigación, se visitó el TPM puesto que es el lugar de Santiago – lugar de desarrollo del proyecto – que concentra la mayor producción y por consiguiente ventas de productos pesqueros (Urquieta, 2016). En la primera visita, se recorrieron ambos sectores de venta – Terminal Mayorista y Terminal Minorista – donde se consultó a los encargados de limpieza por la gestión de los residuos que se depositaban en los contenedores correspondientes.

En el sector del Terminal Minorista, donde la venta es a clientes que compran en pequeñas cantidades, se dispone de 2 contenedores de la empresa Ecoclean, donde se deposita la basura generada por cada local, entre la que se encuentran tanto restos de pescados como de mariscos. Mientras que en el sector del Terminal Mayorista cuentan con alrededor de 10 contenedores de la misma empresa, en estos contenedores al recolectar la basura de los locales de venta mayorista, es posible encontrar mallas completas de productos en mal estado.

Los contenedores son retirados por la empresa Ecoclean, quienes posteriormente los trasladan para su disposición final al Relleno Sanitario Consorcio Santa Marta S.A., ubicado en Predio Rústico Santa Elena de Lonquén, comuna Talagante (SEREMI de Salud, 2014).

Recientemente, el funcionamiento de dicho relleno sanitario ha sido cuestionado. En diciembre de 2019, fue rechazado el estudio realizado por el relleno sanitario Santa Marta, para extender su vida útil por 30 años, debido a que el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) estimó que el documento presentado carecía de “información relevante y esencial”, para subsanar el daño ambiental (Molina, 2019).

Figuras 6 y 7: contenedores de basura Terminal Pesquero Metropolitano, sector minorista





Figura 8: contenedores de basura sector mayorista TPM

Asimismo, este relleno sanitario ya ha sido cuestionado antes, el año 2018, el Tribunal Ambiental de Santiago acogió la demanda por reparación ambiental, presentada por un grupo de vecinos de San Bernardo y Talagante en contra del Consorcio Santa Marta S.A. – responsables del relleno sanitario Santa Marta –, a raíz del colpaso de masa e incendio que afectó al relleno sanitario en enero de 2016 (Diario Uchile, 2018). En aquella instancia, el Tribunal Ambiental de Santiago autorizó a la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) la medida de clausura temporal parcial de las instalaciones del relleno sanitario Santa Marta (T13, 2016).

Independiente de si el manejo de residuos en el caso del TPM es el adecuado o no, es necesario cuestionar la cantidad de residuos que se generan en una ciudad como Santiago, donde la mitad del total de desechos del país provienen de la Región Metropolitana, los que en su mayoría son depositados en 3 rellenos sanitarios (Yévenes, 2012).

Es por esto que en este proyecto se utilizará este residuo, puesto que se busca, desde un pequeño espacio, contribuir a reducir la cantidad de residuos que se acumularán en un relleno sanitario. En el caso particular del relleno sanitario Santa Marta, este recibe 1,3 millones de toneladas de basura al año, de 18 comunas de Santiago, y sólo quedan 10 años para que se llegue a su umbral de saturación(Ochagavía, 2018).

Recolección de conchas de mar

Con el fin de realizar un levantamiento de información, con respecto a qué especies de moluscos era posible encontrar en mayor abundancia en los depósitos de basura del Terminal Pesquero Metropolitano, se realizó una segunda visita.

Se visitaron los depósitos tanto del sector de venta minorista, como del sector mayorista, el día sábado 22 de junio de 2019, a las 11.00 am. En el sector de venta minorista, se encontraron vísceras de pescados, así como también variadas especies de moluscos, entre las que se encontraban choritos, almejas, ostiones y machas. En el depósito de basura del sector de venta mayorista, se encontraron grandes cantidades de moluscos en mal estado, incluso mallas llenas de éstos, de diferentes especies, pero en su mayoría de choritos.

Se conversó con 3 encargados de la recolección de basura, uno de ellos, que trabajaba en el sector minorista, indicó que él recolectaba conchas de ostiones, las limpiaba con agua y jabón y las vendía por kilo. Además, indicó que era posible encontrar durante toda la semana desechos de moluscos en los contenedores de basura, pero en mayor abundancia los días sábado. Sin embargo, las especies de moluscos variaban según

las ventas, ese día, por ejemplo, un comprador mayorista había adquirido varios kilos de almejas, que solicitó sin concha, es por esto que se podían encontrar una gran cantidad de esta especie en los contenedores.

Otro de los encargados, quien trabaja en el sector de contenedores de basura del sector mayorista, indicó que la especie que más se podía encontrar eran choritos. Este dato resulta relevante, puesto que si bien es posible encontrar conchas de las 4 especies mencionadas anteriormente, las conchas de chorito se encuentran de forma más constante que las demás, ya que llegan en mayores cantidades al Terminal Pesquero, confirmando así la información obtenida desde la bibliografía, que es el chorito el molusco más comercializado por Chile.

En esta visita se recolectaron muestras de choritos, almejas, ostiones y machas, cantidades suficientes para hacer al menos una probeta de cada especie, para probar el conformado y manipulación de cada una, a modo experimental, puesto que basado en la revisión bibliográfica, este proyecto utilizará conchas de chorito, pero resulta relevante comparar su trabajabilidad con el resto de las especies.

Desecho y residuo

Se habla de desecho para identificar a aquellos materiales sobrantes que aparentemente no pueden ser usados nuevamente. Mientras que el término residuo, sirve para identificar a aquellos materiales que pueden tener valor en sí mismos al ser reutilizados o reciclados (Nuestraesfera, 2014). Los residuos son materiales que ya no sirven para la función que fueron creados, pero pueden ser reutilizados mediante procedimientos de reciclaje (Planeta Vivo, 2012).

Los residuos pueden ser clasificados según:

- Su fuente de origen (domiciliarios, industriales, hospitalarios, de construcción, subproductos animales(SANDACH))
- Su biodegradabilidad (orgánicos e inorgánicos)
- Su composición (para efectos de manejo: papeles, cartones, vidrios, por ejemplo)

(Nuestraesfera, 2014)

Se define SANDACH Subproducto animal, como cuerpos enteros o partes de animales, productos de origen animal u otros productos obtenidos a partir de animales, que no están destinados al consumo humano, bien sea por motivos sanitarios o por decisión del operador (Recytrans, 2013).

Al referirnos a las conchas de mar, estaremos hablando de un residuo, puesto que es posible darle una segunda vida a este elemento, por lo que descartamos su calidad de desecho.

Específicamente, corresponde a un residuo orgánico, definido como un grupo compuesto principalmente por frutas, vegetales, animales y productos comestibles que se encuentran en descomposición y que pueden volver a la tierra una vez descompuestos, convertidos en organismos unicelulares y microscópicos (Recytrans, 2013).

Se descarta la clasificación de este residuo como subproducto animal (SANDACH) debido a que correspondería, en el caso de la concha de mar, que tuviera aún tejido blanco y la propia carne del molusco, la cual será eliminada en una etapa previa de limpieza, explicada en detalle más adelante.

El uso experimental de este residuo orgánico resulta factible para este proyecto debido a que no se clasifica como un tipo de residuo que signifique un riesgo de contaminación, tales como:

- EET. Enfermedades de Encefalopatías Espongiformes Transmisibles
- Riesgos producidos por sustancias prohibidas (ciertas hormonas)
- Sustancias contaminantes ambientales (PCB, dioxinas)

Además, en la definición de residuo clasificado como subproducto animal, detalla que no constituye un residuo tipo SANDACH que por consiguiente sugiere un tratamiento al residuo por el riesgo de provocar problemas medioambientales, enfermedades que repercuten en personas y animales o alertas sanitarias, descartando el uso de la normativa que este tipo de residuo requiere (SMV, 2018).

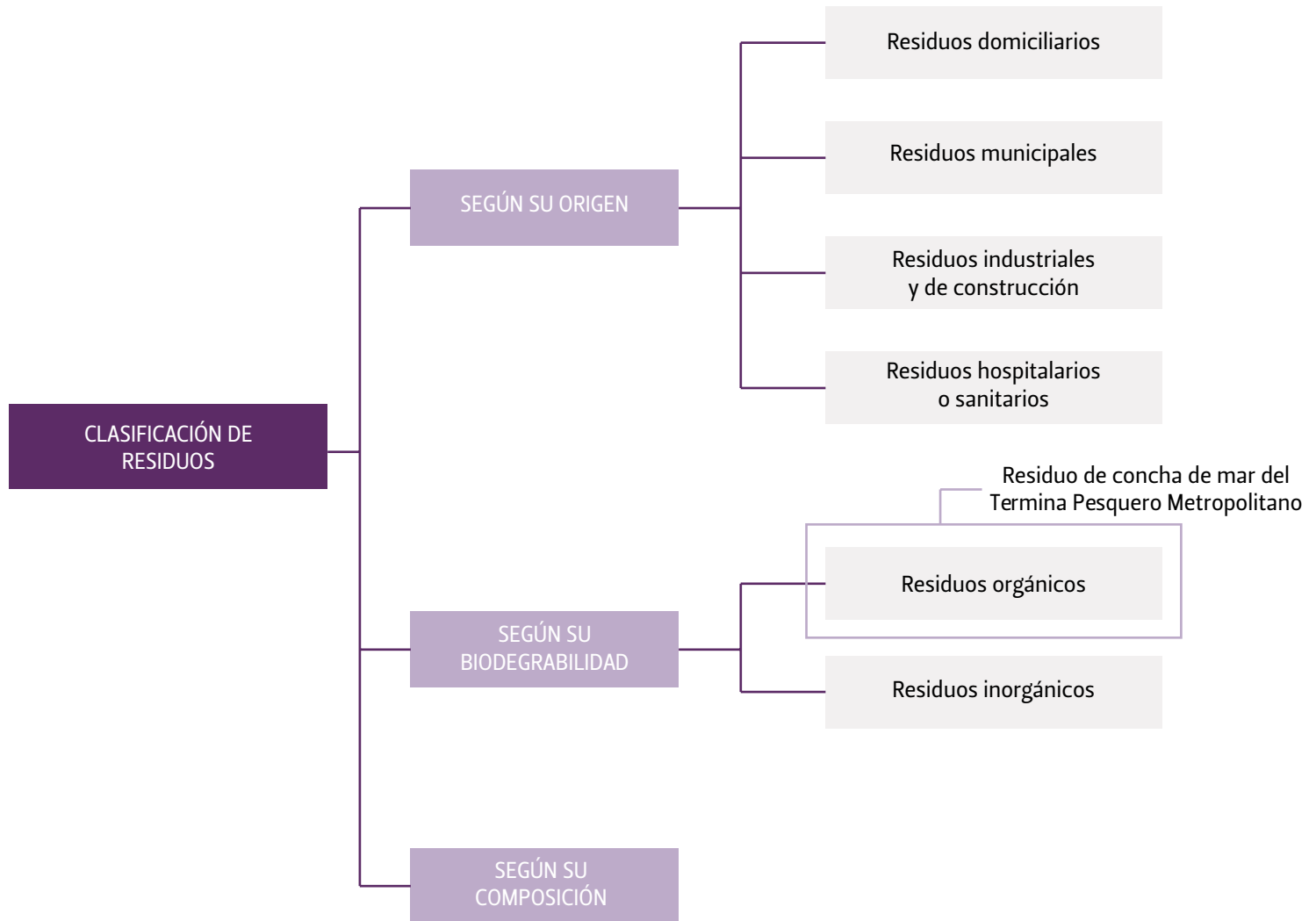


Figura 9: esquema de clasificación de residuos

(Recytrans, 2013)

Uso de residuos de moluscos

Se justifica el uso de residuos de moluscos en el presente proyecto puesto que la utilización eficiente de los residuos industriales de moluscos bivalvos, principalmente conchas, tiene una gran importancia medioambiental debido a su creciente acumulación en las plantas de procesado, así como por la escasa degradación de estos materiales (Martínez, 2011).

Las conchas de mejillón están formadas en un 90% por carbonato cálcico, que se utiliza para obtener cal, abonos para el campo, elaboración de pinturas, fabricación de plásticos, piensos para aves ponedoras, en la elaboración de pasta dentífrica, o como corrector del grado de acidez de abonos y suelos, además de ser utilizada en diversas industrias, como la lechera, azucarera, de gelatina y goma animal y panificadora (Castro, 2004).

Representa un residuo tremendamente valioso, que resulta desconcertante que pueda terminar en un vertedero. Las conchas trituradas podrían utilizarse en recuperación y restauración ambiental, en la biofiltración, o en la construcción de bases de carretera, donde ayuda en la estabilización de pavimentación de calles, otorgando firmeza e impermeabilidad (Martínez, 2011).

Por otra parte, los efluentes industriales del procesado térmico del mejillón pueden utilizarse en medios de cultivo como fuente de carbono para la obtención por microorganismos de ácido hialurónico, pectinas, ácido cítrico, o ácido giberélico, un fitoregulador con importantes aplicaciones en agricultura y para la industria cervecera.

La tinta, por otra parte, se encuentra entre los residuos industriales derivados del procesado de moluscos cefalópodos, y aunque mayoritariamente no es utilizada, tiene prometedoras aplicaciones en el campo de la medicina. Presenta por ejemplo cierta capacidad antiretroviral, así como actividad antiproliferativa frente a determinadas líneas celulares (Martínez, 2011).

Actualmente existen diversas aplicaciones en las que son utilizadas las conchas de moluscos, donde se aprovechan sus propiedades para darles un uso a nivel industrial, otorgando el mismo valor que alguna vez les dio el molusco residente de estas conchas.

Material compuesto

Son aquellos materiales formados por la unión de dos o más materiales a partir de una unión química o no química, consiguiendo la combinación de propiedades que no es posible obtener de los materiales originales, de manera que este nuevo material adquiera propiedades mejoradas de las que presentan sus componentes por si solos.

Los elementos que componen el material compuesto no deben disolverse ni fusionarse completamente entre ellos, es decir, los materiales se deben poder identificar por medios físicos, ya que son heterogéneos. El hecho de que los materiales compuestos sean heterogéneos muchas veces hace que también sean anisotrópicos (sus propiedades dependen de la orientación del material de refuerzo), por lo que se hace que sus propiedades no serán las mismas en todo su volumen (Naval Composites, 2016).

Un componente suele ser un agente reforzante como una fibra fuerte: fibra de vidrio, cuarzo o fibra de carbono que proporciona al material su fuerza a tracción, mientras que otro componente (llamado matriz) que suele ser una resina como epóxica o poliéster que envuelve y liga las fibras, transfiriendo la carga de las fibras rotas a las intactas y entre las que no están alineadas con las líneas de tensión. También, a menos que la matriz elegida sea especialmente flexible, evita el pandeo de las fibras por compresión. Algunos compuestos utilizan un agregado en lugar o en adición a las fibras.

De esta forma la matriz tiene un carácter continuo, mientras que el agente reforzante tiene un carácter discontinuo. Las partes constitutivas de los materiales compuestos son:

Fibras de refuerzo: Pueden ser de vidrio, de carbono, o aramídicas y estar tejidas o no. Las tejidas tienen el aspecto de una tela tipo de arpillera, en cambio las no tejidas son mantas con infinidad de hilos cortados en diferentes direcciones y aglomeradas con un ligante para que no se deshaga dicha manta.

Resinas: Las de un uso más generalizado son las poliéster y epoxi, esta última tiene condiciones mecánicas extraordinarias.

Acelerador: Este elemento sirve para modificar la velocidad de reacción en las resinas poliéster. El de uso más común es Octoato de Cobalto, es un líquido de color azul intenso.

Catalizador: Este producto es el encargado de la polimerización (curado) de la resina, el más usual es Peróxido de Metil Etil Cetona, es un líquido incoloro y no debe ponerse en contacto con el acelerador de cobalto ya que genera una reacción exotérmica.

Gelcoat: Esta es la vista externa del plástico reforzado. Se trata de una resina poliéster especialmente formulada para resistir las condiciones atmosféricas. El gelcoat tiene una muy alta resistencia a la abrasión y confiere brillo y color a la pieza fabricada.

Diluyente: Su función es disminuir la viscosidad de la resina o del gelcoat. El más difundido se llama Monómero de Estireno, y, a diferencia de lo que generalmente uno conoce por un diluyente, este se polimeriza junto a la resina o el gelcoat, o sea, no se evapora como un solvente (Quiminet, 2006).

Tipos de materiales compuestos

Los materiales compuestos se pueden clasificar por:

Función del tipo de matriz

– Materiales compuestos de matriz metálica (MMC):

Estos materiales tienen una alta resistencia y muy bajo peso.

– Materiales compuestos de matriz cerámica (CMC):

Mejores propiedades mecánicas que los materiales cerámicos tradicionales, como la resistencia y la tenacidad, especialmente en rangos de bajas temperaturas.

– Materiales compuestos de matriz polimérica (PMC):

Son materiales con buenas propiedades mecánicas, resistentes a la corrosión y a los agentes químicos, y a causa de sus propiedades físicas, pueden ser moldeados con absoluta libertad de formas.

Función de la forma que posea el refuerzo:

– Compuestos reforzados por partículas:

En la mayoría de los materiales compuestos la fase dispersa es más dura y resistente que la matriz y las partículas de refuerzo tienden a restringir el movimiento de la matriz en las proximidades de cada partícula. En esencia, la matriz transfiere parte del esfuerzo aplicado a las partículas, las cuales soportan una parte de la carga. Los compuestos reforzados con partículas, se subdividen en reforzados con partículas grandes y endurecidos por dispersión.

– Compuestos reforzados por fibras:

Los materiales reforzados por fibras son los composites más importantes desde el punto de vista tecnológico. El objetivo es conseguir materiales con una elevada resistencia a la fatiga y rigidez, a bajas y altas temperaturas, y simultáneamente una baja densidad, por lo que se pretende conseguir una mejor relación resistencia-peso. Esta relación se consigue empleando materiales ligeros tanto en la matriz como en las fibras, siempre que estas cumplan con las propiedades mecánicas que se quieren otorgar al composite.

– Compuestos estructurales:

Un material compuesto estructural está formado tanto por materiales compuestos como por materiales homogéneos y sus propiedades no sólo dependen de los materiales constituyentes sino de la geometría del diseño de los elementos estructurales. Se clasifican los compuestos estructurales en; compuestos laminares, estructuras sándwich y estructuras no-laminares (Naval Composites, 2016).

Revisión estado del arte

Para tener una visión con respecto a qué existe hoy en día en el mercado, relacionado con materiales fabricados utilizando conchas de mar, sea cual sea su aplicación, se investigó en bases de datos de materiales, donde se presentan diversos avances en torno al mundo de los materiales, adicionalmente se presentan procesos y nuevas tecnologías, de manera que los proyectos que a continuación se detallan, además están comercialmente disponibles y representan una visión pluridisciplinar completa sobre la innovación en el terreno de los materiales.

Conchas de mejillón + alginato

Material desarrollado por el Laboratorio de Biomateriales de Valdivia (LABVA), quienes comparten la receta junto con el método de preparación de este material en la plataforma Materiom.



Figura 10: material de conchas de mar y alginato

(LABVA-Materiom, 2018)

Conchas de mejillón + compuesto de sacarosa

Al mezclar ambos componentes, resulta una pasta, pensada para utilizar en una impresora 3D, desarrollada por Marita Sauerwein, Zjenja Doubrovski y Joost Vette. Comparten la receta junto al método de preparación en la plataforma Materiom.



Figura 11: conchas de mejillón + compuesto de sacarosa

(Sauerwein, Doubrovski & Vette – Materiom, 2018)

Agregado de concha de ostra

En un estudio desarrollado por la Universidad de Florida, nace la idea de utilizar como agregado para formar una losa de concreto permeable, conchas de ostras recicladas provenientes de restaurantes del área local, quienes desechan alrededor de 10.000 conchas de ostras cada semana, que van directo al vertedero (Material District, 2013).



Figura 12: agregado de concha de ostra
(Material District, 2013)

Conchas de mar + partículas de poliestireno

Investigadores de las Universidades de Manchester y de Leeds, replicaron la estructura de las conchas de mar, reforzando el carbonato de calcio con partículas de poliestireno, creando un polímero cerámico que es menos frágil que la tiza, y por tanto menos propenso a agrietarse. Con este nuevo material se pretende crear aplicaciones constructivas (Material District, 2010).



Figura 13: conchas de mar + partículas de poliestireno
(Material District, 2010)

Muebles con incrustaciones de conchas y plumas

“Exploring Eden” es un proyecto desarrollado por el diseñador galés Bethan Gray junto a la compañía de materiales, Nature Squared, a través del cual desarrollan muebles y accesorios incrustados con materiales iridiscentes, como conchas y plumas. La colección incluye muebles como sillones, mesas y estantería, además de accesorios como pisapapeles, sujetalibros y campanas.

Las especies de concha de mar utilizadas en el proyecto son de vieiras, especie emparentada con las almejas y las ostras, y abalones (Material District, 2019).



Figura 14: muebles con incrustaciones de conchas y plumas
(Material District, 2019)

Láminas de nácar

Lamina creada a partir de diferentes conchas de mar. Para crear compuestos las láminas se pueden combinar con acrílico, madera o plástico. A partir del corte por láser se pueden crear diferentes tamaños y formas. Otros campos específicos de aplicación son; azulejos, joyería y bisutería, diseño de interiores, decoración, trabajos hechos de madera, medallas, trofeos, etc., cuenta con un acabado liso, brillante e iridiscente, las láminas tienen un espesor de 3mm (Materfad, 2017).

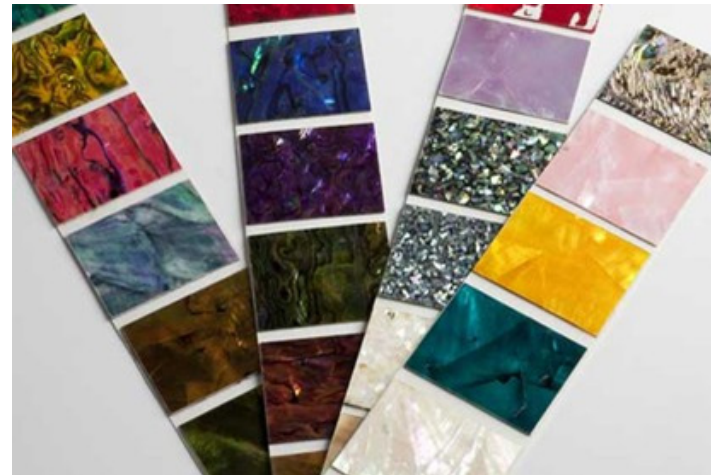


Figura 15: láminas de nácar

(Materfad, 2017)

Conchas pulidas

En el estudio neozelandés, Ocean Shell, desarrollan diversos productos, utilizando concha de paua como materia prima, entre otras especies. Paua es un molusco que habita en Nueva Zelanda, famoso por su uso en joyería, debido a su belleza en el interior (EcuRed, 2009).

Estas cáscaras se producen por molienda de la capa de cal natural en la parte posterior de la concha. El acabado final implica una molienda fina y un acabado de laca transparente o cera natural (Ocean Shell, 2018).



Figura 16: conchas pulidas

(Ocean Shell, 2018)

Superficies de nácar

También fabricadas por el estudio Ocean Shell, estas láminas miden 3mm de espesor y se adaptan a diversas superficies, siendo utilizados como elemento decorativo (Ocean Shell, 2017).



Figura 17: superficies de nácar

(Ocean Shell, 2017)

Mosaico de madre perla

Desarrollados por Ocean Shell, estos mosaicos son de madre perla, que es una capa que se ubica al interior de la concha de mar, compuesta por carbonato de calcio en forma de aragonito (Bermudez, 2019). Se venden por láminas, dispuestas en un soporte de malla de fibra de vidrio, las que son pegadas a una superficie sólida de respaldo, donde posteriormente deben ser selladas con fragüe. Disponen de diferentes tonos – otorgados por la misma concha de mar – y distintos formatos de láminas (Ocean Shell, 2017).



Figura 18: mosaico de madre perla

(Ocean Shell, 2017)

Otras aplicaciones, productos de Ocean Shell

Estos productos de Ocean Shell, cuentan con pequeños detalles de conchas de mar, donde se presenta la aplicación en diferentes formatos, similares a los expuestos anteriormente, tanto láminas como formas pulidas.



Figura 19: otras aplicaciones, productos de Ocean Shell

(Ocean Shell, 2017)

Para este proyecto se decide trabajar con un adhesivo poliuretano vegetal, a base de aceite de ricino, puesto que se dispone de éste aglomerante, biodegradable, no agresivo con el medioambiente y los humanos, resistente al agua y a los rayos UV, además se trabaja y cura a temperatura ambiente, traduciendo en un proceso sustentable (Wechsler, 2013).

Resulta pertinente su utilización, puesto que se está trabajando

Tablero de partículas de cáscara de macadamia

Tableros conformados a partir de cáscara de macadamia con poliuretano a base de aceite de ricino. Tras la investigación realizada por Wechsler, se concluye que este material, aplicado a tablero de partículas, puede aminorar el impacto ambiental de los tableros existentes en el mercado.

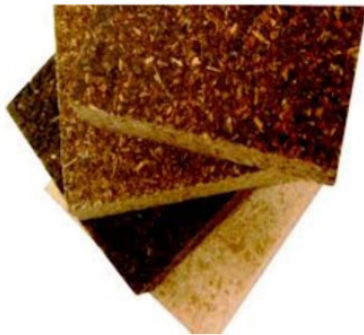


Figura 20: tablero de partículas de cáscara de macadamia

con residuos de concha de mar, elemento de la naturaleza cuyas propiedades concuerdan con las del aglomerante y los fines de este proyecto, que busca generar un material utilizando un residuo desechado por la industria de manera que no genere un impacto negativo para el medioambiente.

A continuación se exponen 2 proyectos en los que se utilizó el aglomerante poliuretano a base de aceite de ricino.

Taburete YAFÜN

Conformado con carozo de durazno y aglomerando con poliuretano a base de aceite de ricino, Muñoz buscó minimizar el impacto negativo que genera este residuo en la industria. Generando un material con una buena resistencia a la humedad.



Figura 21: taburete YAFÜN

Conclusión estado del arte

Tras haber investigado referentes de materiales en los que se utiliza la concha de mar como materia prima, se puede concluir que este elemento es factible de trabajar. Además demuestra versatilidad a la hora de conformar un material, puesto que se presenta en distintos formatos, ya sea en polvo, o el tamaños de partículas más grande, incluso se han aplicado técnicas de pulido y laminado de la concha, utilizando las tecnologías pertinentes para llevar a cabo esos procesos.

Además, en la mayoría de los casos expuestos, el uso de la concha de mar resulta un gran aporte a nivel estético, donde se han aprovechado sus tonalidades y el brillo propio de las conchas de mar, siendo esta una buena manera de valorizar este residuo, el que al ser recolectado – en el caso de este proyecto – se encuentra en un estado que resulta poco atractivo, por lo que potenciar su aspecto a nivel estético resulta interesante, al visualizar que pasa de ser un residuo a conformar un objeto de diseño.

En cuanto al uso del aglomerante, en los ejemplos expuestos como referencia, este aglomerante aporta buenas propiedades de conformado otorgando además un acabado brillante, que mezclado con las conchas de mar, podría potenciar sus tonalidades brillantes, resultando en un material que probablemente llame la atención a nivel estético.

Conclusiones revisión bibliográfica

El uso experimental de la concha de mar resulta factible desde el punto de vista de la toxicidad, ya que por su calidad de residuo orgánico no representa un peligro para el ser humano. Descartada su toxicidad, y hablando directamente de la manipulación de este residuo, se puede decir que de acuerdo a la función que tiene la concha de mar en la totalidad de su composición, como protectora del ser vivo que lo habita, ésta posee una alta dureza, propiedad otorgada por el alto porcentaje de carbonato de calcio que ésta posee, sin embargo es igualmente un material frágil, que puede ser quebrado o triturado, por lo que resulta efectiva su manipulación a nivel de experimentación.

Ambos atributos, tanto su dureza como su fragilidad, podría llevar a clasificar a la concha de mar dentro del grupo de las cerámicas, los cuales contienen elementos metálicos y no metálicos, son aislantes eléctricos y térmicos, son estables y resistentes a la compresión.

“El carbonato de calcio con el que estos moluscos construyen sus exoesqueletos es un biomaterial de gran utilidad gracias a sus atributos mecánicos como dureza y fragilidad. Dentro de la ciencia de los materiales, las conchas de carbonato pertenecen al grupo de las cerámicas, las cuales contienen elementos metálicos y no metálicos, son aislantes eléctricos y térmicos, son estables y resistentes a la compresión.” (Aqua, 2018)

Conchas de mar en playas

Otra forma de obtención de conchas de mar es directamente en las playas del país, donde las personas suelen recolectarlas por su valor estético, además son utilizadas por los artesanos del sector para elaborar elementos decorativos que comercializan en el lugar. La cantidad y las especies de conchas de mar que se encuentran en las playas son variables, dependiendo de la época y de la región, es posible encontrar una gran cantidad en la orilla del mar, así como también en ciertos periodos del año no se encuentran en abundancia.

Es importante destacar que las conchas de mar que se pueden encontrar en las playas, llegan hasta la orilla después de que con ayuda del oleaje del mar, se desprenden ambas valvas, además de desprenderse la carne del molusco, y con el movimiento del mar llegan hasta la orilla, donde permanecen expuestas a las condiciones ambientales propias de una playa, principalmente luz solar y viento, factores que contribuyen a la eliminación prácticamente absoluta del olor propio de los moluscos.

A pesar de lo conveniente que puede resultar el hecho de recoger

desde las playas las conchas de mar, puesto que se encontrarían en condiciones ideales para su manipulación, ya que se encuentran limpias y sin olor, por definición, este tipo de conchas de mar no constituyen un residuo, más bien son parte del ecosistema de una playa, su función va desde servir como refugio para diversas algas, sustratos para praderas de campos marinos e incluso son sitios de colonización para organismos incrustantes. Además, el material de la concha de mar se va disolviendo constantemente, resultando en un reciclaje elemental que retorna al reservorio marino global (Kowalewski, 2014).

Por consiguiente, en este proyecto se trabajará con residuos de concha de mar, obtenidos desde el Terminal Pesquero Metropolitano, cuyo proceso comienza desde la obtención de las conchas de mar desde los contenedores de basura ubicados tanto en el sector del Terminal Minorista como Mayorista, donde se recogen conchas de mar con restos de carne o partes blandas de molusco, conchas cerradas con el molusco descompuesto, y conchas quebradas.

Factores a considerar para la manipulación del residuo

En cuanto al nivel de accesibilidad de la materia prima que tendrá este material compuesto, que se tiene al habitar en la zona central de Chile, específicamente en Santiago, acorde con la investigación, la forma más eficiente de acceder a este residuo es en el Terminal Pesquero Metropolitano, donde se descartan en el mismo lugar para obtener la parte comestible del molusco. Este proceso, que es realizado de forma artesanal por los mismos vendedores, se separa la concha de la carne con ayuda de un cuchillo, por lo que la concha de mar queda con restos de carne.

La concha descartada se deposita en contenedores, los que posteriormente serán retirados por el servicio de limpieza a cargo de esta operación. Adicionalmente, existen personas que recogen estas conchas de mar antes de ser descartadas en la basura y las lavan con agua y jabón, retirando de esta forma los residuos superficiales tanto de carne como de olor, sin embargo no se profundiza en la limpieza, motivo por el cual persiste el olor propio los moluscos. Posterior a la limpieza, son secados a temperatura ambiente y luego se procede a la venta informal dirigida a interesados.

En la etapa de descarte por parte de los vendedores, se botan tanto los moluscos que vienen descompuestos como las conchas tras la extracción de la carne, las que de todas formas quedan con residuo de partes blandas, que al ser descartadas en conjunto con aquellos moluscos descompuestos, adquieren un fuerte olor a

descomposición, factor que representa un obstáculo importante a la hora de su manipulación, puesto que si la concha de mar será la materia prima de un nuevo material, y posteriormente dará paso al diseño de un producto, el olor será un impedimento para su uso doméstico.

Como proyecto experimental, resulta relevante indagar en la eliminación del olor que las conchas de mar adquieren en el Terminal Pesquero, puesto que es en este lugar donde la concha de mar se transforma en un desecho y no residuo, debido a que su olor, fracturas, descomposición, entre otros, se descarta la posibilidad de otorgarle una segunda vida.

No obstante, este proyecto busca rescatar este residuo, por lo que se indagará en la forma de convertir la concha de mar descartada en la basura, en parte de un material que posteriormente conformará un objeto.

Además del olor que las conchas de mar en estado de descomposición expelen, a la hora de manipular las conchas de mar para la conformación de un material, se debe considerar el proceso de molido, por lo que se probará la trabajabilidad de distintas especies de moluscos, todas obtenidas desde el Terminal Pesquero Metropolitano. Por consiguiente, se trabajará con la especie que resulte ser más eficiente en cuanto a su trabajabilidad dentro del proceso de conformado del material.



IV. MÉTODOS

CONFORMAR UN MATERIAL CON RESIDUOS DE CONCHA DE MAR

La tabla 7 resume los métodos correspondientes a la etapa 1, donde se define la o las especies de moluscos a trabajar para la conformación del material, esta actividad se llevó a cabo partiendo por la primera visita al Terminal Pesquero Metropolitano, donde se hizo el levantamiento de información pertinente. Posteriormente se evaluó cada especie mediante la conformación de probetas, y por consiguiente su procesabilidad, para llegar a la selección final.

Además en la etapa 1, se definió el aglomerante a partir de una previa evaluación definida en la revisión de la bibliografía, donde se descartó utilizar aglomerantes no biodegradables, acotando el rango de selección. Una vez conformadas probetas con diferentes aglomerantes, se definió el más adecuado, posterior a ello, se evaluó la proporción adecuada con respecto a la materia prima, tomando en cuenta tanto criterios de trabajabilidad, así como también de apariencia estética.

Tabla 7: etapa de diseño y fabricación de probetas

| ETAPA | ACTIVIDAD | TAREAS |
|-------------------------------------|---|---|
| 1. Diseño y fabricación de probetas | 1.1 Preparación de la materia prima | 1.1.1 Indagar en la limpieza y eliminación de olor 1.1.2 Conformación de probetas de cada especie 1.1.3 Evaluar trabajabilidad de diferentes moluscos |
| | 1.2 Definir la composición del nuevo material | 1.2.1 Procesar la concha de mar 1.2.2 Evaluación mediante análisis de tamaño de partículas de la materia prima |
| | 1.3 Conformación final del material | 1.3.1 Evaluar y seleccionar proporción de aglomerante a utilizar |

1.1 Preparación de la materia prima

1.1.1 Indagar en la limpieza y eliminación de olor

Las conchas de mar obtenidas desde el Terminal Pesquero Metropolitano, contienen trazas de carne de molusco, provocando un fuerte olor a descomposición, mezclado con el propio olor de los moluscos.

Es por este motivo que se indagó en la forma de quitar el olor, de la manera más natural posible, para que este proceso no genere un impacto medioambiental. El objetivo era llegar al punto en que el olor no provocara rechazo de parte de una persona.

Para extraer el olor tras la recolección de conchas de mar desde los depósitos que tienen los puestos de venta del TPM, además de la recolección desde los contenedores de basura, tanto del sector del Terminal minorista, como del mayorista, se procedió de la siguiente manera



Tabla 8: etapas proceso limpieza y eliminación de olor

| | |
|---------------------------------------|---|
| Primera etapa: Lavado | En una primera instancia, se extrajeron las trazas de carne u otro elemento ajeno a la concha de mar, mediante lavado con agua y un jabón neutro. |
| Segunda etapa: Remojo | El siguiente procedimiento, consistió en dejar las conchas en remojo por un plazo de 1 semana y cambiando el agua cada dos días. Considerando que pudo haber quedado algún resto de la carne en descomposición, además se agregaron gotas de cloro, para desinfectar y eliminar cualquier tipo de bacteria o germen que las conchas tuvieran, debido a la descomposición que tenía la carne de alguna de ellas. |
| Tercera etapa: Exposición rayos UV | Como tercer procedimiento, y tomando en cuenta las condiciones que tiene la concha de mar que se encuentra en la playa y que esta no tiene olor, se decidió exponer las conchas de mar al sol (luz solar entre las 9 de la mañana y 19 horas durante una semana en el mes de diciembre en Santiago, con una temperatura promedio de 28°C. Durante un periodo de 1 semana, se expuso a las conchas de mar al calor de la luz solar, cada 2 días aproximadamente, se evaluaba el avance (extracción del olor) también se movían las conchas para que toda su superficie recibiera el calor de la luz solar. |
| Cuarta etapa: Cocción | El siguiente procedimiento consistió en hervirlas. Esta decisión se fundamenta en el hecho que los moluscos que se cocinan para su posterior consumo, carecen de olor. Para llevar a cabo el proceso, se hirvieron las conchas durante 10 minutos en agua con rodajas de limón (buscando absorber el olor), transcurrido el tiempo, las conchas fueron coladas y enjuagadas con agua fría, se secaron por medio de la temperatura del ambiente. |

1.1.2 Conformación probetas de cada especie

Para la conformación de estas primeras probetas, se procedió a moler cada muestra, de cada especie tanto con martillo, para quebrarlas y reducir su tamaño, para luego molerlas, con un

pasada, por un molino de granos. Se aglomeraron con Poliuretano Biobasado.

Tabla 9: diferentes especies de concha de mar

| NOMBRE ESPECIE | ESPECIE | DETALLE | QUEBRADA |
|----------------|---|--|---|
| Mejillón |  |  |  |
| Macha |  |  |  |
| Ostión |  |  |  |
| Almeja |  |  |  |

1.1.3 Evaluar trabajabilidad de diferentes moluscos

En base a factores como el bajo porcentaje de polvo, la baja dificultad de quebrado, la baja cantidad de pasadas por molino, junto a la presencia en el Terminal Pesquero, puesto que se necesita una cantidad considerable para el desarrollo de este proyecto, se dispuso la información en una tabla, de manera que se evaluó la especie a trabajar bajo estos criterios, sumando 1 punto por cada ítem, al final de la evaluación, la especie mayor puntuada fue la seleccionada.

Resulta relevante destacar que, basado en la revisión de la bibliografía, es el chorito la especie más abundante en Chile, superando en un alto porcentaje a las especies de moluscos que le siguen en cuanto a nivel de exportaciones.

No obstante, el análisis presentado en ese punto, que incluye otras especies que también generan residuos en el Terminal Pesquero Metropolitano, y por ende se encontrarían dentro de las alternativas para trabajar con ellas, es necesario de realizar, a modo de confirmación si es que es realmente factible trabajar con choritos en cuanto a manipulación y trabajabilidad, a pesar de la enorme presencia de esta especie.

A continuación se detalla cada ítem a evaluar, donde se sumó 1 punto a la especie que cumplió con el aspecto señalado, el proceso de molido se realizó primero con un martillo para quebrar y reducir el tamaño de las conchas, de manera que el procesado en el molino de granos se pudiera realizar y no se quedaran atascadas.

Tabla 10: ítems de evaluación según especies

| | |
|--|--|
| ALTA PRESENCIA TERMINAL PESQUERO | Para el desarrollo de este proyecto, es fundamental la presencia de la especie en el Terminal Pesquero Metropolitano, además, es necesario que existan grandes cantidades, para llevar a cabo tanto los ensayos, pruebas y el producto final. Este criterio se midió con una encuesta rápida dentro del Terminal, a los mismos trabajadores. |
| BAJA DIFICULTAD DE QUEBRADO | Este criterio se midió al momento de quebrar la concha, la fuerza aplicada con el martillo, y si efectivamente la concha se rompió al recibir el impacto. |
| BAJA CANTIDAD DE PASADAS POR MOLINO | Para un proceso de molido óptimo, considerando el tiempo de trabajo requerido y el aspecto homogéneo de la mezcla de partículas, resulta relevante que la cantidad de pasadas por el molino de granos se la menor posible. |
| BAJO PORCENTAJE DE PARTÍCULAS DE TAMAÑO SUPERIOR A X MESH | Para conformar las probetas, es necesario que las partículas tengan el tamaño más uniforme posible, para que no se generen espacios de aire entre ellas, provocando debilidad en el material, por lo que la alta presencia de partículas de un tamaño considerado grande (X mesh), dificultará el conformado del material. |

1.2 Definir la composición del nuevo material

1.2.1 Procesar la concha de mar

Para el procesado de la concha de mar, se utilizó una prensa para quebrar las conchas y disminuir su tamaño, de manera que pudieran pasar a la etapa de molido en el molino de granos (figura 22)



Figura 22: molino de granos

1.2.2 Evaluación mediante análisis de tamaño de partículas de la materia prima

Para medir el tamaño de las partículas que resultan del proceso de molido, se pesaron 100 gramos de conchas con una balanza de precisión marca Kern, modelo FKB. Luego se pasaron por el molino de granos una primera vez, y con tamices de distintos tamaños, fabricados con corte láser (figura 23), se midieron los tamaños de las partículas resultantes de este primer proceso de molido.

Una vez separadas las partículas por tamaño, se procedió a pesar nuevamente cada muestra, de manera que se calculara el porcentaje de cada tamaño. Se repitió el procedimiento con una segunda, tercera y cuarta pasada por el molino de granos.

Con esta información, se determinó cuál sería la mejor composición del material, de tal forma que se optimice la materia prima para usar la mayor cantidad posible de las conchas al ser molidas, se obtenga en la menor cantidad de pasadas por el molino de granos –optimizando el tiempo de trabajo– y se utilice el tamaño de grano que menos trabajo se requiere para obtener.

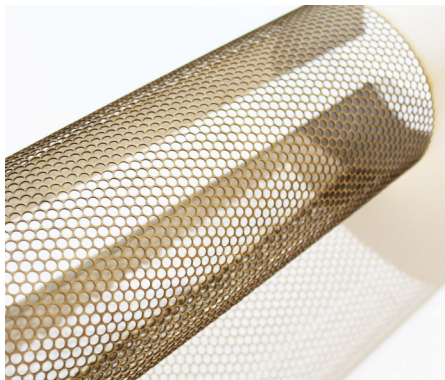


Figura 23: tamiz corte láser

Para la conformación de las probetas, se considerarán 3 grupos de tamaños de partículas; 14 mesh, >14 mesh y <5 mesh, y 5 mesh.

Mientras que el tamaño 14 mesh (1,41 mm) resulta ser polvo, el tamaño 5 mesh (4 mm), resultará en una partícula considerada grande para conformar el material, puesto que es un tamaño que dejará espacios a su alrededor, facilitando la acumulación de aglomerante, resultando en una muestra heterogénea en la mezcla materia prima / aglomerante.

Como el objetivo es generar una muestra homogénea, no se considerarán las partículas que superen el tamaño 5 mesh. Además en un primer proceso de molido de las conchas de mar, se consideró que los tamaños contenidos entre el polvo -14 mesh- y las partículas de 5 mesh, se reparten de forma similar en cuanto a tamaños contenidos en este rango, por lo que se decidió abarcar este grupo como una totalidad, debido a que se aprecia, visualmente, una muestra homogénea en cuanto a tamaño.



Figura 24: conchas de mar quebradas

1.3 Conformación final del material

1.3.1 Evaluar y seleccionar proporción de aglomerante a utilizar

Para seleccionar la proporción más adecuada de aglomerante para la conformación del material, primero se consultó la ficha técnica del Poliuretano Biobasado, teniendo en cuenta que el fabricante recomienda utilizar entre un 10% y un 20% de proporción respecto a la carga, se conforman muestras con distintas proporciones, para -como primera instancia- realizar una evaluación estética del conformado.

Tomando en cuenta que para la primera conformación de probetas -con diferentes especies- se utilizó 15% de aglomerante, y el resultado fue que decantó hacia el fondo de la probeta una concentración de aglomerante, se decide probar con porcentajes hasta 15%. Es decir, concentraciones de 10%, 12% y 15%.



Figura 25: mezcla de conchas de mas con aglomerante

CARACTERIZAR EL MATERIAL COMPUESTO, EN CUANTO A SUS PROPIEDADES FISICO-MECÁNICAS Y DE TRABAJABILIDAD

Tabla 11: etapa desarrollo de ensayos

| ETAPA | ACTIVIDAD | TAREAS |
|--------------------------|---|--|
| 2. Desarrollo de ensayos | 2.1 Evaluar y medir propiedades fisico-mecánicas del material compuesto, mediante ensayos | 2.1.1 Medir densidad, contenido de humedad, absorción de agua e hinchamiento 2.1.2 Ensayar resistencia a la flexión y tracción |
| | 2.2 Evaluar y medir resistencia a agentes externos, mecanizado y trabajabilidad | 2.2.1 Prueba de exposición a rayos UV 2.2.2 Prueba de exposición a la humedad 2.2.3 Ensayo de resistencia a reactivos químicos 2.2.4 Pruebas de mecanizado: lijado, pulido y moldeado |
| | 2.3 Evaluar el material a nivel experiencial | 2.3.1 Aplicar Diferencial Semántico |
| | 2.4 Elaborar ficha técnica del nuevo material compuesto | 2.4.1 Recopilar datos obtenidos de ensayos y pruebas para la caracterización del material |

2.1 Evaluar y medir propiedades físico-mecánicas del material compuesto mediante ensayos

2.1.1 Medir densidad, contenido de humedad, absorción de agua e hinchamiento, ensayar flexión y tracción

Los ensayos de flexión y tracción, se llevaron a cabo en el Laboratorio de Ingeniería de Polímeros de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, el ensayo de medición del contenido de humedad, se realizó en el Laboratorio de Materiales Compuestos Biobasados de la Facultad

de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, al igual que para la medición de la densidad y el ensayo de absorción de agua e hinchamiento, donde se utilizaron los equipos del mismo laboratorio.

2.1.1.1 Densidad

Para medir la densidad aparente del material, se utilizó una balanza de precisión marca Kern, modelo FKB y un pie de metro digital marca Mitutoyo. Para llevar a cabo la medición, se utilizaron 5 probetas cuadradas, de 50x50mm y 10mm de espesor. Para el cálculo de la densidad (ρ), se utilizó la siguiente fórmula:

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

donde,

- ρ = densidad (gramos/cm³)
- m = masa de la probeta (gramos)
- e = promedio de espesor en 3 puntos de la probeta (cm)
- a = promedio de ancho en 3 puntos de la probeta (cm)
- l = promedio de largo en 3 puntos de la probeta (cm)

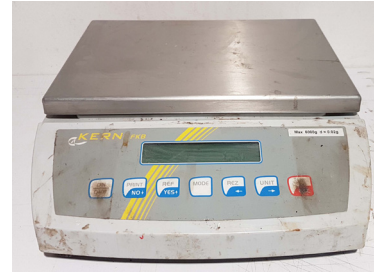


Figura 26: balanza de precisión marca Kern, modelo FKB

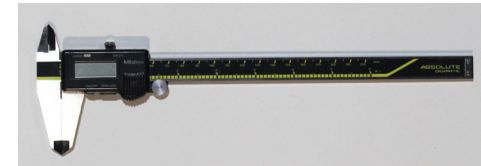


Figura 27: pie de metro digital marca Mitutoyo



Figura 28: probetas para ensayo de densidad

2.1.1.2 Absorción de agua e hinchamiento

Para determinar la absorción de agua e hinchamiento, se utilizó la norma UNE-EN 317- Determinación de la hinchazón en espesor después de inmersión en agua.

Se analizó el comportamiento en 5 probetas, de 50x50 mm y 10mm de espesor. El ensayo consistió en sumergir en agua las probetas durante 24 horas seguidas, midiendo el espesor antes y después de la inmersión, se utilizó un pie de metro digital marca Mitutoyo.

El porcentaje de absorción de agua se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$G = \frac{e_0 - e}{e} \times 100$$

donde,

G = absorción de humedad (%)

e_0 = espesor de la probeta antes de la inmersión en agua (mm)

e = espesor de la probeta después de la inmersión en agua (mm)



Figura 29: probetas para ensayo de absorción de agua e hinchamiento

2.1.1.3 Determinación de contenido de humedad

Para el desarrollo de este ensayo, se utilizó la norma UNE-EN 322-Determinación de contenido de humedad. Donde se ensayaron 5 probetas de 50x50 mm y 10mm de espesor, el ensayo consistió en someter las probetas a una temperatura de 101°C durante 24 horas, se utilizó una estufa marca Binder. Se pesaron las probetas antes y después de ponerlas en la estufa, con una balanza de precisión marca Kern, modelo FKB.

Posterior a ello, se calculó el contenido de humedad con la siguiente fórmula:

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

donde,

H = humedad (%)

m_0 = masa de la probeta antes del secado en estufa (gramos)

m = masa de la probeta después del secado en estufa (gramos)



Figura 30: estufa marca Binder

2.1.1.4 Resistencia a la flexión

Para llevar a cabo los ensayos de resistencia a la flexión, se utilizó el equipo de ensayo universal modelo WDW-S5. El equipo trabaja bajo la norma ASTM D790-Propiedades de flexión de plásticos no reforzados y reforzados y materiales aislantes eléctricos. Se ensayaron probetas de 80mm de largo, 40mm de ancho y 10mm de espesor, los puntos de apoyo se ubicaron a una distancia de 48,6mm, la velocidad de bajada fue de 50 mm/min. Se realizaron 5 repeticiones.



Figura 31: probetas para ensayos de flexión

Posteriormente, y una vez obtenidos los datos de los ensayos, se procedió a calcular esfuerzo de fluencia en flexión (MOR) y módulo de elasticidad (MOE), estos resultados se calcularon según las indicaciones obtenidas desde la norma utilizada para el ensayo.



Figura 32: probetas en equipo de ensayo universal modelo WDW-S5

Esfuerzo de fluencia en flexión (MOR)

$$\sigma_f = \frac{3PL}{2bd^2}$$

Donde,

σ_f = esfuerzo de fluencia en flexión (N/mm²)
P = carga de fluencia (N)
L = distancia entre ejes de apoyo (mm)
b = ancho de la probeta (mm)
d = espesor de la probeta (mm)

Módulo de elasticidad (MOE)

$$E_B = \frac{L^3m}{4bd^3}$$

Donde,

E_B = módulo de elasticidad en flexión (N/mm²)
L = distancia entre ejes de apoyo (mm)
b = ancho de la probeta (mm)
d = espesor de la probeta (mm)
m = pendiente de la tangente del tramo en línea recta inicial de la curva carga-desplazamiento (N/mm)

2.1.1.5 Resistencia a la tracción

Para los ensayos de resistencia a la tracción, se utilizó el equipo de ensayo universal modelo WDW-S5. El equipo trabaja bajo la norma ASTM D638-Propiedades de tracción de plásticos. Se ensayaron probetas con forma alargada, y angosta en el centro, como se muestra en la figura 35. La sección del centro es la que someterá a tracción, siendo los extremos anchos, las zonas de agarre. Las dimensiones de la sección central son 30mm de largo, 5mm de espesor y 11mm de ancho. La velocidad del ensayo fue de 2mm/s, y se realizaron 5 repeticiones.

Resistencia a la tracción (σ_f)

$$\sigma_f = \frac{P}{bd}$$

Donde,

- P = carga máxima soportada por la probeta (N)
- b = ancho de la probeta (mm)
- d = espesor de la probeta (mm)

Posteriormente, y una vez obtenidos los datos de los ensayos, se procedió a calcular resistencia a la tracción, cuyo resultado se calculó según las indicaciones obtenidas desde la norma utilizada para el ensayo.

Figura 33: equipo de ensayo universal modelo WDW-S5

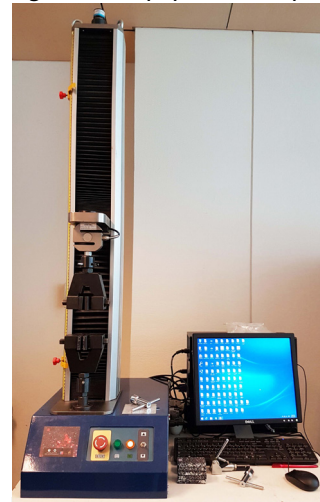


Figura 35: probetas para ensayos de tracción



Figura 34: probeta en ensayo de tracción

2.2 Evaluar y medir resistencia a agentes externos, mecanizado y trabajabilidad

2.2.1 Prueba de exposición a rayos UV

Esta prueba se realizó para evaluar, mediante registro fotográfico, el posible desgaste del material al ser expuesto a rayos UV, para llevar a cabo la prueba, se utilizaron probetas de 50x50mm y 10mm de espesor, las que fueron expuestas al sol, durante 24 semanas.

Las probetas fueron dispuestas en un lugar que no es cubierto por sombras en ningún momento del día, por lo que la exposición solar se puede definir como la máxima posible, en un día de verano en Santiago. El registro fotográfico se realizó con una cámara marca Canon, modelo Rebel T5, con un lente EF-S 18-55mm, se tomaron fotografías cada semana, al mismo horario, bajo las mismas condiciones.

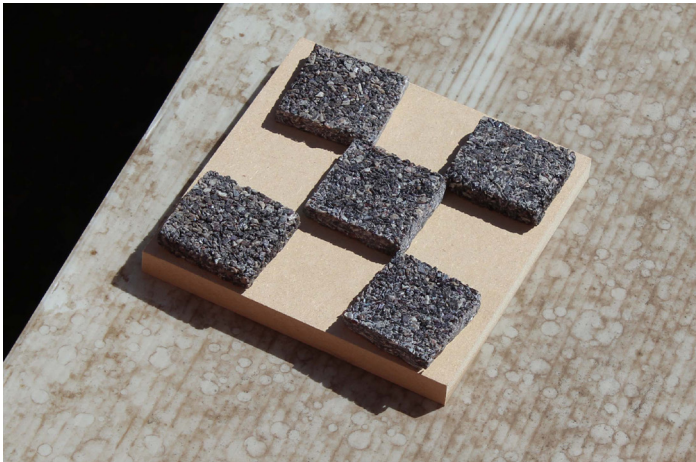


Figura 36: probetas para prueba de exposición a rayos UV

2.2.2 Prueba de exposición a tierra húmeda

Con el fin de analizar el comportamiento del material expuesto a la interperie, de manera que se visualice su envejecimiento, se dispusieron 5 probetas, de 50x50mm y 10mm de espesor, en un recipiente con tierra húmeda durante 24 semanas.

Se llevó un registro fotográfico durante las 24 semanas en que se extendió el ensayo, fotografiando las probetas en la tierra cada semana, a la misma hora y bajo las mismas condiciones, con una cámara marca Canon, modelo Rebel T5, con un lente EF-S 18-55mm



Figura 37: probetas para prueba de exposición a tierra húmeda

2.2.3 Ensayo de resistencia a reactivos químicos

Debido a que la aplicación del material de conchas de mar está pensado en un objeto de uso cotidiano, se midió la resistencia del mismo a reactivos químicos de uso diario o habitual en una casa, ya sea para limpieza u otro elemento que podría estar en contacto con el objeto. Para este ensayo se utilizó la norma NCh 1825 Of80-Resistencia de materiales plásticos a reactivos químicos, se utilizaron probetas circulares, de 50mm de diámetro y 3mm de espesor. Se realizaron 5 ensayos con 5 diferentes reactivos químicos, detallados a continuación:

| REACTIVO QUÍMICO |
|---------------------|
| CLORO |
| LAVALOZAS |
| DETERGENTE |
| SAL |
| VINAGRE VINO BLANCO |

Para el ensayo, se obtuvo la masa de cada probeta, junto con el espesor del centro y en la zona exterior de la probeta, además de 2 diámetros perpendiculares entre sí. Posteriormente, se sumergió cada probeta en un contenedor de vidrio, que contenía cada reactivo químico, la probeta debía suspenderse evitando

contacto con las paredes y fondo del contenedor, por lo que se ataron hilos de algodón puesto que la probeta tendía a irse hacia el fondo del contenedor.

El ensayo se realizó a temperatura ambiente, durante 7 días, cada recipiente se agitó por rotación manual moderada cada 24 horas. Una vez transcurridos los 7 días de ensayo, se sacaron las probetas, y se procedió al lavado de cada una, con agua corriendo y secadas con un paño.

Después de secadas, se obtuvo su masa y medidas correspondientes, además se observó la apariencia: pérdida de brillo, textura, descomposición y decoloración. Los resultados del ensayo se expresan con la siguiente fórmula:

$$\Delta C_1 \% = \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100$$

donde,

- ΔC_1 = cambio en la propiedad medida (%)
- C_0 = propiedad sin tratamiento de inmersión
- C = propiedad después del tratamiento de inmersión

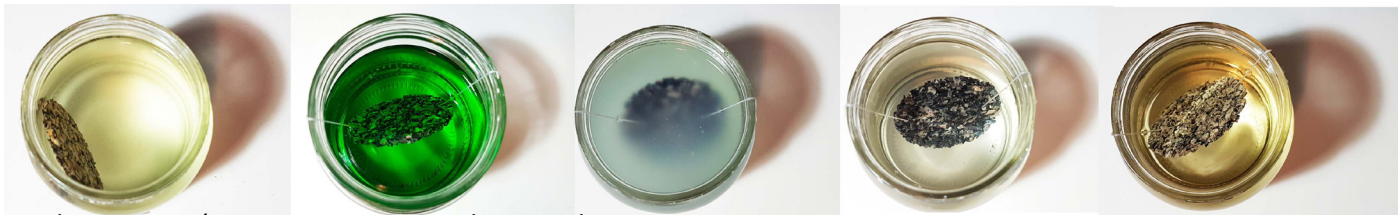


Figura 38: probetas en ensayo a reactivos químicos

2.2.4 Pruebas de mecanizado y trabajabilidad

2.2.4.1 Lijado

Para llevar a cabo las pruebas de lijado, se utilizó una herramienta multipropósito eléctrica marca Bauker de 170 W, con un tambor de banda de lija de grano 100, para madera. Además de lijas para madera de granos 180 y 220, además de lija al agua de grano 320. Se lijó una probeta de 10mm de espesor.

Posterior a la prueba, se analizó la superficie para medir visualmente la calidad de lijado de cada una de las herramientas.



Figura 39: herramienta multipropósito marca Bauker



Figura 40: lijas

2.2.4.2 Pulido

Para las pruebas de pulido, se utilizaron las probetas ya lijadas, de manera que se trabajara sobre una superficie más uniforme que la del material sin ningún tipo de mecanizado. Para el pulido del material, se utilizaron lijas al agua, n° 400, 800 y 1200. La evaluación del resultado se realizó con un examen visual y comparativo de las probetas pulidas.

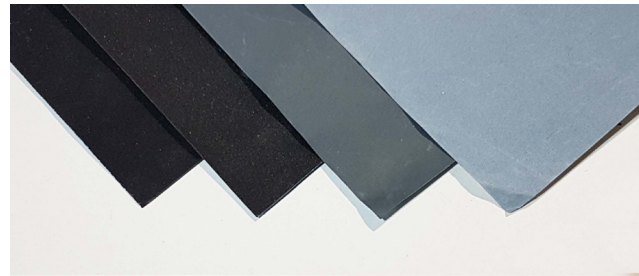


Figura 41: lijas al agua

2.2.4.3 Moldeado

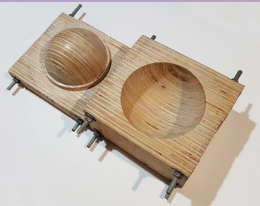


Las pruebas de moldeado se realizaron con matrices de MDF y terciado, cortadas con corte láser y CNC router. Con el fin de probar qué tipo de matriz resulta mejor para la fabricación de objetos, se probó además cera desmoldante, y se analizó el desmolde con el uso de láminas de teflón.

Para medir resultados, se observó durante el proceso la capacidad del material de adaptación al molde, junto con el grado de

manipulación del material para una correcta aplicación de la mezcla. Además, se analizó y comparó una vez desmoldadas las figuras, la calidad de la superficie, la separación de las partículas de concha de mar, y el aspecto general de la forma.

Las pruebas de moldeado se realizaron con las matrices detalladas en la tabla 12.

Tabla 12: tipos de moldes

| MOLDE | TIPO DE MOLDE | MATERIAL | TIPO DE MECANIZADO | DESMOLDANTE |
|---|------------------------------|----------|--------------------|------------------|
|  | Volumen curvo en ambas caras | Terciado | CNC router | Cera desmoldante |
|  | Volumen curvo en 1 cara | Terciado | CNC router | Cera desmoldante |
|  | Recto en ambas caras | MDF | Corte láser | Teflón |

2.3 Evaluar el material a nivel experiencial

De acuerdo al método Material Driven Design (MDD), además de la funcionalidad de un material para ser lanzado a nivel comercial, este debería trascender a nivel de experiencia de usuario, más allá de la apreciación utilitaria. De manera que se requiere calificar el material no sólo por lo que es, sino además por lo que hace, qué nos expresa, qué provoca en nosotros y qué nos hace hacer (Karana, Barati, Rognoli, Zeeuw van der Laan, 2015).

Karana, quien definió el concepto de ‘experiencia de materiales’ como la experiencia que las personas tienen con y a través de los materiales de un producto (Karana, 2008), en su descripción original, la experiencia de un material tiene 3 componentes; la experiencia sensorial- por ejemplo, podemos identificar a un material como frío, suave, etc.-, interpretativa- pensamos un material como moderno, sexy, etc.- y afectiva-un material nos puede hacer sentir sorprendidos, aburridos, etc- (Karana, Barati, Rognoli, Zeeuw van der Laan, 2015).

Para desarrollar este método, propone herramientas para la caracterización experiencial de los materiales, desarrolladas a partir de una serie de herramientas ya existentes que fueron pensadas para dicho análisis. Este kit de herramientas, se presenta como listas de adjetivos en los 3 niveles descritos anteriormente, utilizando, para el nivel sensorial, cualidades sensoriales de uso frecuente, a su vez, para el nivel interpretativo, se utilizan adjetivos comúnmente asociados con materiales. En cuanto al nivel afectivo, no se utiliza un vocabulario específico de materiales, sino que se adoptan taxonomías de experiencias con productos, tanto para emociones positivas, como negativas (Camere, Karana, 2018).

Tradicionalmente en ciencias e ingeniería, los materiales son caracterizados “técnicamente”, a través de series de estudios destinados a probar y medir la estructura y propiedades de los materiales. En diseño, se adopta una aproximación holística de los materiales, que requiere la caracterización de los materiales por sus cualidades experienciales, más allá del entendimiento técnico (Camere, Karana; 2017).

Método basado en Diferencial Semántico

El instrumento Diferencial Semántico, creado por el investigador social Charles Osgood, en conjunto con un grupo de colaboradores, es un instrumento de medida para obtener el valor connotativo de un objeto o una imagen, su objetivo es el proveer un sustento cuantitativo que permita obtener una medida objetiva del significado psicológico.

Su aplicación consiste en la localización sucesiva de un concepto en una serie de escalas descriptivas definidas por adjetivos bipolares, en base a los cuales se establece el grado de semejanza o disparidad entre diferentes conceptos (Aros, Narváez, Aros, 2009).

Desarrollo de instrumento de medición

Para la aplicación del método propuesto por Camere y Karana, se propone una lista de pares de adjetivos opuestos entre sí, como se presentan en el Diferencial Semántico, en cada uno de los 3 niveles perceptuales.

Considerando que la aplicación de la encuesta tendrá como objetivo el obtener información clave que mostrará el camino a seguir para el desarrollo de un objeto, acorde a la experiencia que tengan los potenciales usuarios con el material conformado, se desarrolla esta lista a partir de los adjetivos utilizados en el

kit de herramientas, pero adaptándolos a lo que podrían llegar a entender los encuestados con respecto al material. Para ello se realiza un primer testeo, en conjunto con Diseñadores, quienes aportan en la decantación de los adjetivos más adecuados.

La lista final contará con una lista de 12 pares de adjetivos en el nivel sensoral, 14 pares de adjetivos en el nivel interpretativo, y 9 pares de adjetivos en el nivel afectivo.

Grupos de estudio

La encuesta se aplicó a un total de 50 participantes, los que se dividen en 3 grupos, detallados en la tabla 13.

Tabla 13: grupos de encuestados

| NOMBRE DEL GRUPO | ENCUESTADOS | DESCRIPCIÓN DEL GRUPO |
|---------------------------|-------------|--|
| RELACIONADO AL DISEÑO | 16 | Compuesto por personas que tienen una formación profesional relacionada con el Diseño, vale decir, Diseñadores, Arquitectos, Artistas. |
| CONCIENCIA MEDIOAMBIENTAL | 16 | Compuesto por personas que se preocupan y buscan la conservación del medioambiente, lo cual se materializa al realizar alguna acción para su protección. |
| CONTROL | 18 | Compuesto por personas mayores de 18 años, profesionales o no, que no califican en ninguno de los grupos anteriores. |

Aplicación de la encuesta

Cada uno de los participantes se enfrentó a la encuesta con 3 aplicaciones del material en distintos objetos, de manera que pudiera visualizar las posibilidades del material en diferentes formatos, como se muestra en la figura 42. Al comenzar la encuesta, se les explicó que la encuesta constaba de 3 niveles, en los que tendrían que calificar cada par de adjetivos, marcando hacia qué extremo consideraba que representaba de mejor manera el material.

Para que fuera más claro, en el nivel sensorial se utilizaron ilustraciones de cada adjetivo, no así en los niveles interpretativos y afectivo, ya que los adjetivos de estos niveles son difíciles de ilustrar, y se podía prestar para un mal entendimiento del concepto (ejemplo; natural/artificial, rechazo/aceptación).

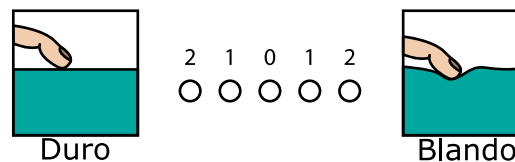
Además, se les explicó a cada encuestado que el cero representaba neutralidad entre ambos conceptos, y podían escoger entre 1 y 2 hacia un adjetivo u otro, no se utilizaron números negativos, o una escala del 1 al 5, para que fuera una elección pareja entre cada par, y no fuera uno superior al otro. (Ver figura 43)

Una vez finalizada la encuesta, se conversaba sobre material con el encuestado, desde donde se obtuvieron datos interesantes con respecto al desarrollo de un producto, ya sea si para él o ella era un objeto de interior o exterior, o en qué habitación de una casa podían visualizar este objeto.

Figura 42: set de objetos para encuesta perceptual



Figura 43: adjetivos opuestos de encuesta perceptual



DISEÑAR UN PRODUCTO COHERENTE CON LAS PROPIEDADES DEL NUEVO MATERIAL

Tabla 14: etapas de proceso de diseño y fabricación

| ETAPA | ACTIVIDAD | TAREAS |
|---------------------------|---|---|
| 3. Proceso de diseño | 3.1 Identificar posibilidades de diseño del material | 3.1.1 Análisis desde el material hasta el diseño de un producto que lo valide |
| | 3.2 Desarrollo de propuestas para aplicaciones del material | 3.2.1 Representación de ideas a través de bocetos 3.2.2 Modelado de forma final |
| 4. Proceso de fabricación | 4.1 Diseño y fabricación de matrices | 4.1.1 Corte en CNC router 4.1.2 Lijado y sellado de matrices |
| | 4.2 Fabricación de prototipos funcionales, elaboración de packaging y propuesta comercial | 4.2.1 Preparación de mezcla, armado y prensado 4.2.2 Terminaciones y sellado de prototipo funcional 4.2.3 Diseño y fabricación de packaging |

3.1 Identificar posibilidades de diseño del material

3.1.1 Análisis desde el material hasta el diseño de un producto que lo valide

Para llevar a cabo el diseño de un objeto a partir de un material, es primordial considerar las características que tiene este, a nivel físico, mecánico y su trabajabilidad, además de considerar la evaluación a nivel perceptual que se hizo de éste.

Para ello, se realiza un mapa de limitaciones que tendrá este objeto, qué se puede lograr, y qué no se puede, a partir de la ficha técnica del material, elaborada en el punto 2.4. Con esta lista de limitaciones, se reduce el campo de acción, además se consideran las opiniones de los participantes en las encuestas de percepción del material, donde se pudo conocer aspectos como dónde se imaginaban el material – interior o exterior– o en qué habitación de una casa podría situarse este objeto.

Además, se utilizó como referencia la metodología desarrollada por Michael Ashby, en el libro *Materials and Design*. La metodología consiste en la selección de un material para el desarrollo de un producto, como en este caso, implica el desarrollo de un producto a partir de un material, dicha metodología fue adaptada, pero actúa bajo la misma lógica.

En la figura 44 se muestra el esquema que resume el método planteado por Ashby, que para la selección del material que tendrá el objeto que se busca diseñar, construye un viaje desde el requerimiento de diseño, hasta la especificación del producto, vale decir, y adaptado a este proyecto; desde el producto a diseñar, hasta una idea concreta del diseño del producto, cuyo requerimiento se irá puliendo a través de las distintas herramientas que se plantean, las que son detalladas a continuación:

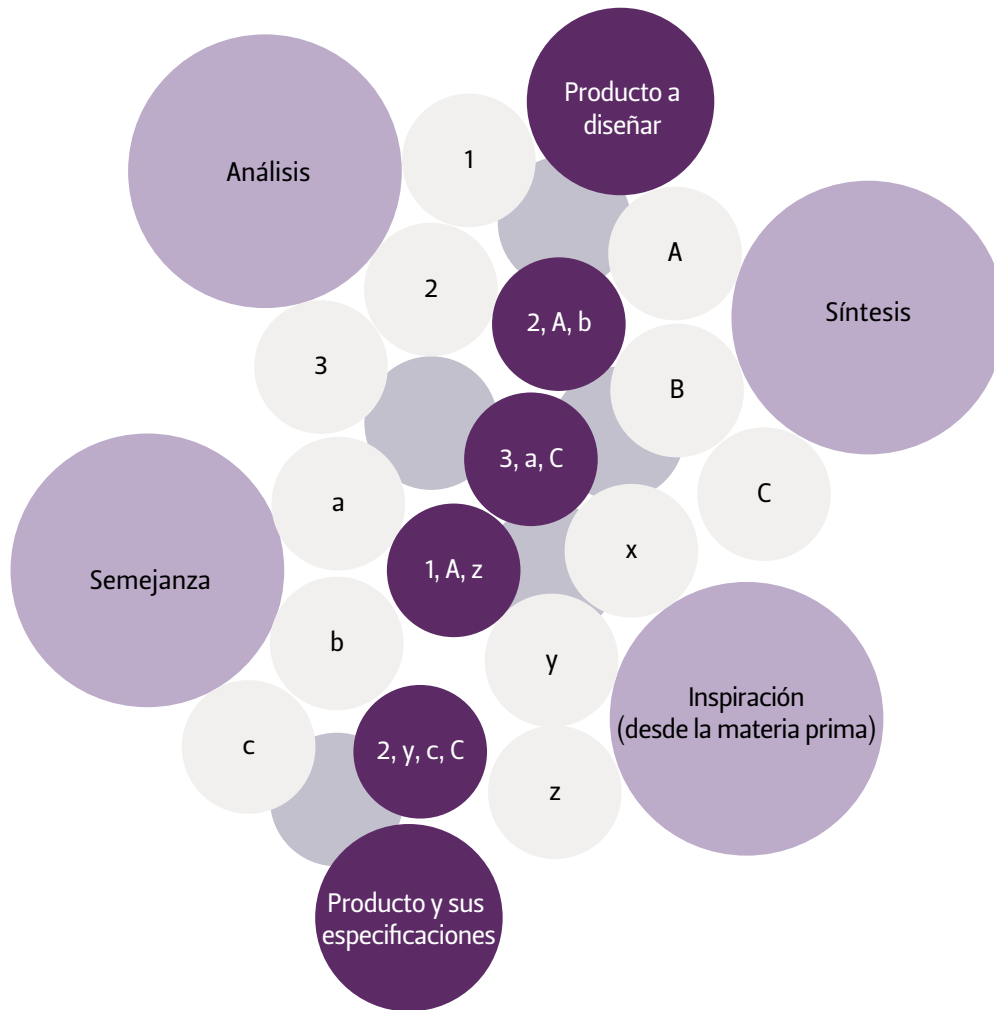
Análisis: en esta etapa se toman como referencia los antecedentes del material, especificados en la ficha técnica con las propiedades

físico–mecánicas, de trabajabilidad, mecanizado y de resistencia a agentes externos. Es decir, las restricciones constructivas del material.

Síntesis: donde se buscan coincidencias con las características deseadas, y que quieren ser plasmadas en el objeto además de especificar cuáles son las intenciones de diseño. En este punto se considerarán los resultados de la encuesta perceptual, ya que se caracterizó el material según la percepción que tienen de éste los posibles usuarios del futuro producto.

Semejanza: se compara con una solución ya existente. En el caso de la metodología de Ashby, se refiere a seleccionar por similitud un material por sus atributos, que coincidan con un material existente, sin saber por qué estos tienen los valores que tienen, o por qué son relevantes para el éxito del diseño. Como en el caso de este proyecto se escapa al razonamiento de esta etapa, se decide adaptar este punto utilizando las ideas que surgieron de parte de los participantes en la encuesta perceptual, ya que ellos propusieron– por semejanza – dónde podría situarse la aplicación de este material, o qué objeto se imaginaban fabricado con el material.

Inspiración: en este punto se buscan referentes, de productos o materiales. Sin embargo, se decide modificar este punto, y en lugar de consultar referentes, se planteará lo experimentado a modo personal con el proceso que implicó la conformación del material. Este punto de vista resulta relevante de visibilizar, puesto que en el proceso de este proyecto, se trabajó desde la recolección de la materia prima, y todo lo que ello implicó puede resultar valioso para plantear una aplicación que cuente la historia de la materia prima.



En el esquema de la figura 44, cada etapa tiene sus propios requerimientos, representados en el caso de análisis, por 1, 2 y 3; síntesis por A, B y C; semejanza por a, b y c; e inspiración (desde la materia prima) por x, y y z. El viaje de esta metodología parte en la sección superior, con el "producto a diseñar", entonces, a medida que se avanza, se recogen los atributos que generan concordancia entre sí para el diseño de un producto, de tal forma que con estas características, se llegará a la parte final, ubicada en la sección inferior con el "producto y sus especificaciones".

Los grupos pueden contener la cantidad de características que mejor constituyan un requerimiento. De esta forma, se generarán diversas direcciones que podrá tomar la aplicación de diseño que tendrá este material, así como también se pueden reunir la mayor cantidad posible, para generar menos propuestas, de las cuales, puede que algunas no lleguen a desarrollarse.

Esta metodología abarca requerimientos desde 4 dimensiones que se consideraron relevantes a aplicar para el desarrollo del producto.

Figura 44: esquema metodología diseño de producto

Génesis formal

Se desarrolla la génesis formal del set de elementos para cóctel a partir de la abstracción de olas de mar, en representación del hábitat de la materia prima del material. Con el objetivo de generar una forma elegante y fluida, se inscriben las partes del set en las olas. De manera que interactúen entre sí para ser parte de una composición.

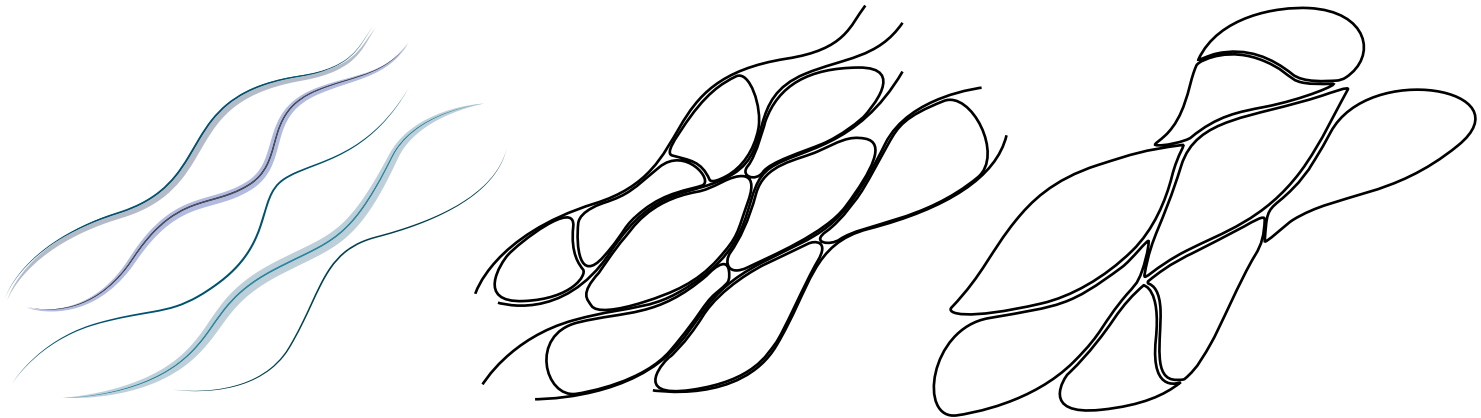


Figura 46: bocetos génesis formal set de cóctel

4.1 Diseño y fabricación de matrices

Se diseñaron las matrices en un software de diseño 3D, considerando ángulo de desmolde, y volumen de las piezas, para calcular la cantidad de aglomerado de conchas de mejillón chileno a utilizar, basado en los espesores de cada figura. Primero

se modelaron las piezas, individualmente, para luego generar la contraforma que se utilizó como matriz.

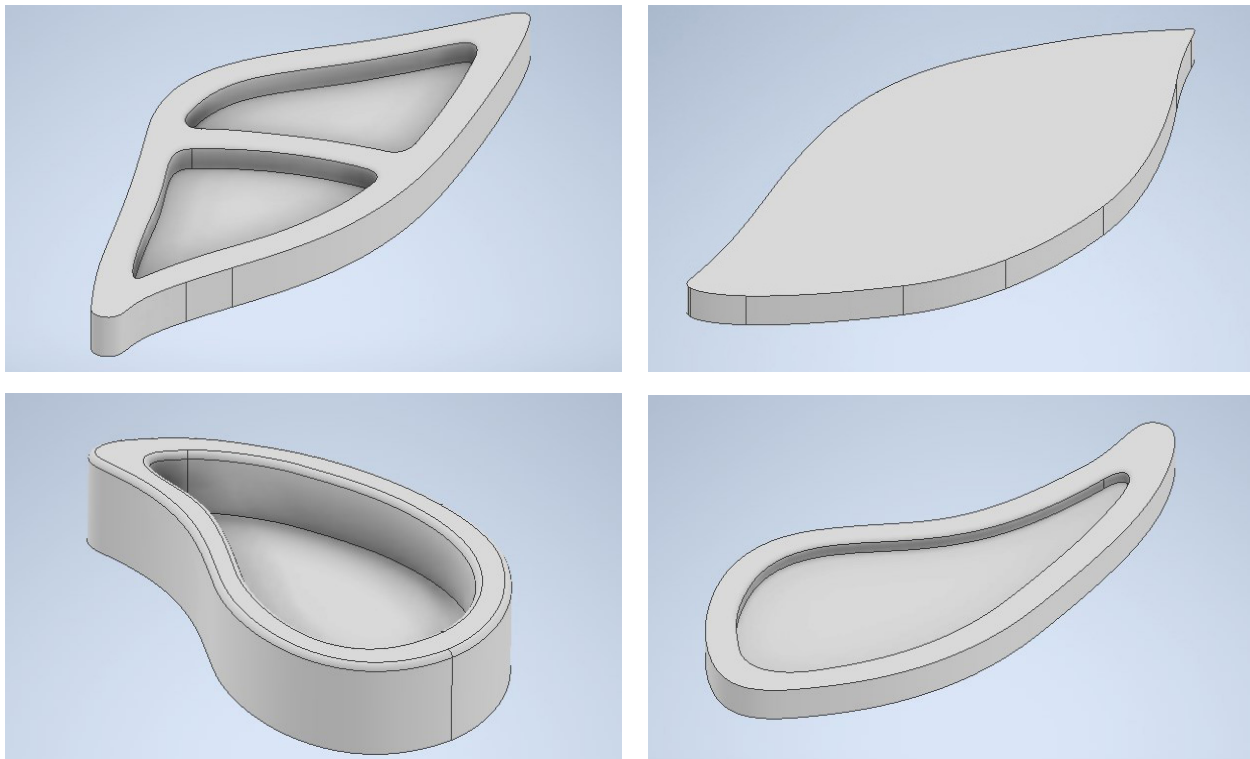


Figura 47: modelos 3D 4 piezas de set

Para la fabricación de las matrices, se aterrizó el diseño de las piezas, de tal forma que se suavicen y perfeccionen los ángulos de desmolde, los espesores sean adecuados para su posterior conformación, para que queden formas compactas y resistentes y se inscriban en bloques de MDF, optimizando el material y el tiempo de corte en CNC router.

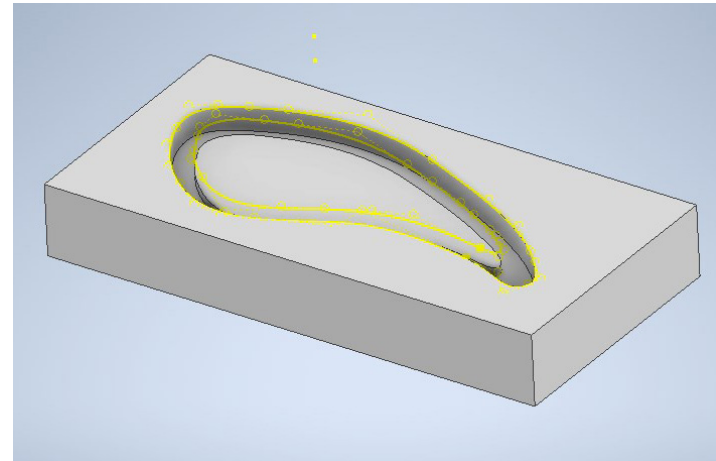
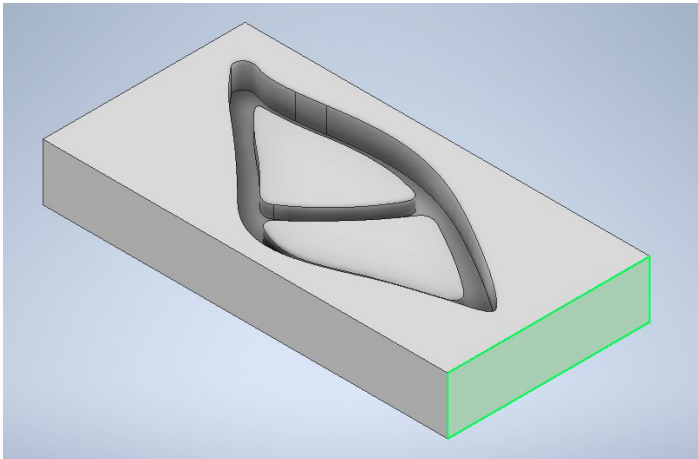


Figura 48: modelos 3D matrices para corte en CNC router

4.1.1 Corte en CNC router, lijado y sellado de matrices

Una vez cortadas las matrices de CNC, se lijaron y emparejaron las marcas de la cortadora, para luego aplicar sellante para maderas, de manera que la matriz no absorba la cera desmoldante que se aplicó en varias capas.



Figura 49: matriz previo a proceso de lijado



Figura 50: matrices de MDF lijadas y selladas



Propuesta recubrimiento de pared

Los referentes para el recubrimiento de pared, responder principalmente a composiciones tipo mosaico, ya que tomando en cuenta la baja resistencia a la tracción y flexión que tiene el aglomerado de mejillón chileno, se decide trabajar con formas pequeñas, que tendrán una mayor resistencia.

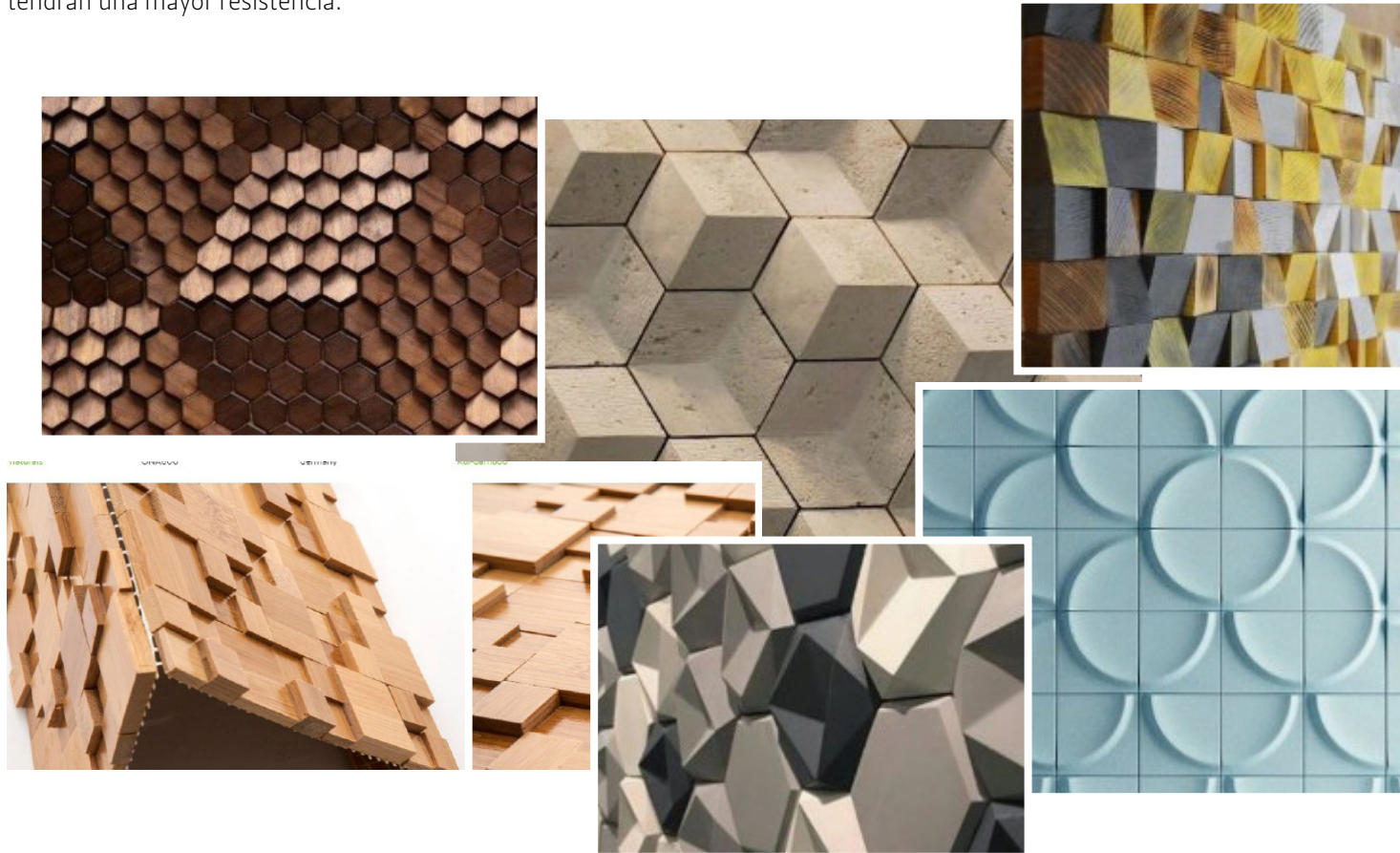


Figura 51: moodboard para diseño de recubrimiento de pared

Génesis formal

Para el recubrimiento de pared, se tomó en cuenta que la superficie del material posee bastante información visual, debido a la variedad de tonos que posee la concha de mejillón chileno, descartando generar además una figura compleja que genere una teselación en la pared.

Se recurrió a una figura simple, pero que a su vez permita jugar con profundidades, es decir, generar un módulo con diferentes espesores, los que conformen una palmeta y aporten un juego visual al generar sombras entre sí. El objetivo es que se destaque el material por su composición, y que la forma general del recubrimiento no sea el foco principal.

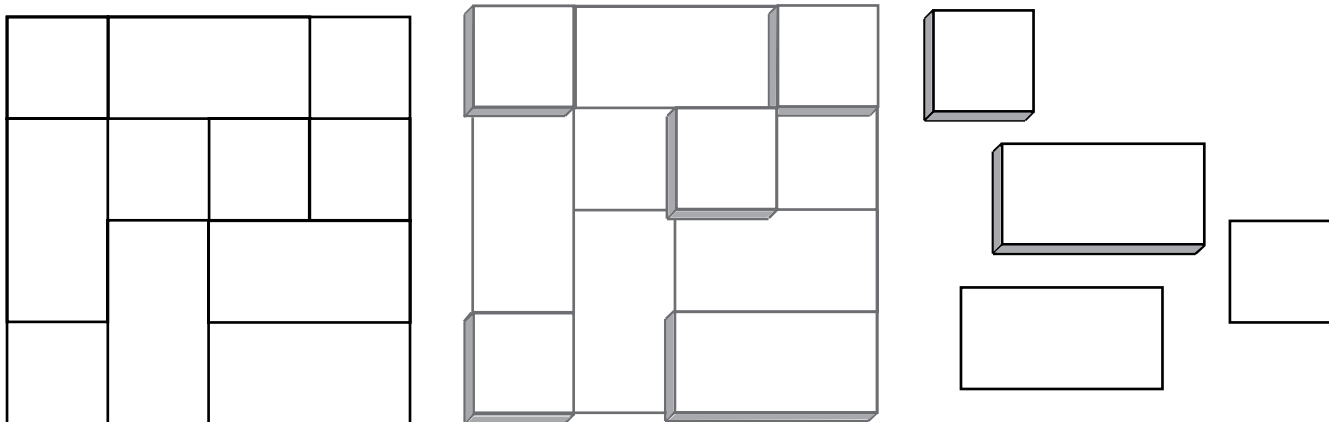


Figura 52: bocetos génesis formal propuesta recubrimiento de pared

4.2 Fabricación de prototipos funcionales , elaboración de packaging y propuesta comercial

Para la fabricación de los prototipos funcionales del set de elementos para cóctel, se utilizaron en total cerca de 2 kilogramos de conchas de mejillón chileno, limpias y sin olor. Mientras que para el recubrimiento de pared, se utilizó un aproximado de 200 gramos para su fabricación.

El set de elementos para cóctel se desarrolló como un producto completo, considerando una propuesta comercial, con el fin de demostrar que con esta aplicación, así como todas las posibilidades que tiene el material, se pueden generar productos coherentes y atractivos.

Para el diseño del packaging, se tomó en cuenta el proceso que implicó llegar a un producto final, es decir, desde la obtención de la materia prima. De manera que se visualice de dónde proviene el producto que se adquiere, destacando la sustentabilidad, tanto de sus componentes, como del proceso de fabricación.

El packaging, además de ser fabricado con materiales reciclables – como lo es el cartón – llevará infografía del proceso, para informar al usuario sobre el producto, dando forma a una propuesta comercial que irá de la mano con la sustentabilidad.

V. RESULTADOS



1.1 Preparación de la materia prima

1.1.1 Indagar en la limpieza y eliminación de olor

Tabla 15: resultados etapa limpieza y eliminación de olor

| | |
|---------------------------------------|--|
| Primera etapa: Lavado | El lavado con agua y jabón redujo considerablemente el olor, pero no en su totalidad, las conchas de mar se veían limpias a simple vista. |
| Segunda etapa: Remojo | Si bien tras este segundo procedimiento, se logró reducir el olor, éste continuaba siendo intenso, teniendo en cuenta además que hablamos de un volumen de 5 kilos de conchas de mar. Cabe destacar que con este procedimiento se terminó de eliminar los restos de carne de las conchas, por lo que se concluye que el olor se encontraba impregnado en las conchas de mar. |
| Tercera etapa: Exposición rayos UV | Tras esta etapa, si bien se redujo considerablemente el olor, éste aún se sentía, no así en comparación con conchas obtenidas de la orilla de playa. |
| Cuarta etapa: Cocción | Al finalizar la etapa del procedimiento de la cocción de las conchas de mar, una vez secas, se pudo comprobar que el olor era prácticamente imperceptible. |

Tras haber realizado el procedimiento que finalmente minimizó el olor de las conchas de mar a un nivel prácticamente imperceptible con ayuda del método de cocción. Se procedió a realizar en otra muestra de conchas las etapas 1 y 4 solamente. Es decir, primero el lavado de las conchas de mar con agua y con jabón y posteriormente la cocción durante 10 minutos con rodajas de limón.

Como conclusión a este procedimiento simplificado, se pudo comprobar que el resultado fue el mismo, vale decir, disminuyó considerablemente el olor de la muestra, por lo que la etapa de cocción es un método capaz de eliminar el fuerte olor de las conchas de mar recogidas de los residuos del terminal pesquero.



Figura 53: conchas limpias y sin olor

1.1.2 Conformación de probetas de cada especie

Tabla 16: resultados de conformación de probetas por especie

| NOMBRE ESPECIE | ESPECIE | PROBETA |
|----------------|---|---|
| Mejillón |  |  |
| Macha |  |  |
| Ostión |  |  |
| Almeja |  |  |

Para la conformación de cada probeta se realizó el mismo procedimiento, primero quebrando la concha, luego moliendola en el molino de granos, para posteriormente mezclarla con el aglomerante. No se utilizó un tamaño uniforme de partículas de concha, ya que el objetivo de esta primera muestra fue analizar la trabajabilidad de cada especie.

En cuanto al proceso, la especie que tomó más trabajo en quebrar fue la almeja, debido a que tiene el más amplio espesor de las 4 especies trabajadas, además, hubo que realizar 4 pasadas por el molino de granos, frente a las 2 del chorito y 3 de los ostiones y las machas.

Con respecto a la aglomeración, en los 4 casos se utilizó 20% de aglomerante, puesto que el fabricante recomienda esta medida como máximo. Como son las primeras probetas, para experimentar con el aglomerante se escogió esta medida, de modo que no se corriera el riesgo que no se aglomere correctamente, puesto que se desconocía el comportamiento de una materia como la concha de mar con respecto al aglomerante.

Como resultado, se logró aglomerar sin problemas, resultando probetas de las que se puede percibir una alta dureza, sin embargo, se pretende en la investigación determinar la concentración correcta de aglomerante, puesto que en sectores de las probetas se pueden distinguir altas concentraciones de aglomerante.

1.1.3 Evaluar trabajabilidad de distintas especies de concha de moluscos

Tras la conformación de las probetas con las distintas especies de concha de mar, se procedió a analizar cada uno de los procesos con los que se conformó cada probeta. La tabla 17 resume y

evalúa la trabajabilidad observada, de manera que recibe 1 punto la probeta de la especie que cumple lo propuesto en cada ítem.

Tabla 17: resultados evaluación de distintas especies de concha de mar

| ESPECIE | ALTA PRESENCIA TERMINAL PESQUERO | BAJA DIFICULTAD DE QUEBRADO | BAJA CANTIDAD DE PASADAS POR MOLINO | BAJO PORCENTAJE DE PARTÍCULAS DE TAMAÑO SUPERIOR A 4 MESH |
|---------|----------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|---|
| ALMEJA | 1 | 0 | 1 | 1 |
| MACHA | 1 | 1 | 1 | 1 |
| OSTIÓN | 1 | 1 | 1 | 0 |
| CHORITO | 1 | 1 | 1 | 1 |

La especie mejor puntuada con respecto a su trabajabilidad resulta el chorito, debido a que al poseer una concha delgada, y pequeña, es más quebradizo. Su presencia en el Terminal Pesquero Metropolitano, así como su volumen de exportación y venta en Chile es el mayor. Resulta una materia más fácil de trabajar en comparación con las demás especies seleccionadas.

En el caso de la macha, resulta también más fácil de trabajar que el ostión o la almeja, situándose en un rango similar de trabajabilidad al chorito, no obstante, presenta otro tipo de complicaciones, ya que debido a su estructura, posee un pequeño espacio, cerca de la bisagra de la concha, donde se deposita arena, por ende, al molerla se observó la presencia de arena de playa, a pesar de haberla lavado, lo que podría suponer un problema al conformar un material.

En el caso del ostión, el problema que se presentó en el conformado, es que resultaron una gran cantidad de partículas de forma alargada, ya que debido a su forma, existe un mayor grosor en las nervaduras distribuidas en forma de abanico, lo que genera una resistencia al moler, resultado estas partículas duras y alargadas.

Finalmente, la almeja resulta de una gran dificultad en cuanto a molido, debido al engrosamiento de su estructura, es difícil de quebrar, y resulta difícil de moler, requiriendo de una mayor cantidad de pasadas con el molino con respecto a las demás especies.

Por consiguiente, la concha de chorito es la mejor evaluada con respecto a su trabajabilidad, confirmando su uso en este proyecto, donde se escogió también por su amplia presencia en Chile.

1.2 Definir la composición del nuevo material

1.2.1 Procesar la concha de mar



Concha entera



Concha quebrada



Concha molida y tamizada

1.2.2 Evaluación mediante análisis de tamaño de partículas de la materia prima

Se resume en la tabla 18 los porcentajes contenidos en cada grupo de tamaño de partículas. Debido a que el grupo de partículas >5 mesh no se consideró para la conformación de probetas, la

cantidad de este grupo resultante por pasadas, se procesó en la pasada siguiente por el molino de granos, hasta reducir al máximo el porcentaje contenido en el grupo >5 mesh.

Tabla 18: resultados evaluación análisis de tamaño de partículas

| MESH | PRIMERA PASADA (%) | SEGUNDA PASADA (%) | TERCERA PASADA (%) | CUARTA PASADA (%) |
|----------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| 14 | 6,39 | 8,51 | 2,05 | 1,02 |
| >14 , <5 | 27,74 | 32,98 | 12,49 | 5,49 |
| >5 | 65,87 | 24,03 | 9,01 | 2,03 |

Desde la primera pasada, la cantidad por peso que resultó en mayor cantidad fue de las partículas > 5 mesh, las que se fueron pasando por el molino de granos hasta reducirlas al mínimo, es decir, hasta que su tamaño ya no pudiera reducirse. Al final de la evaluación, habiendo pasado las conchas de mar 4 veces por el molino de granos, se obtuvo un 2,03% de partículas cuyo tamaño excedía el adecuado para la conformación del material.

Se sugiere para este caso, la utilización de un molino de carácter industrial, para poder procesar estas partículas que resultan duras para el molino de granos manual.

Como resultado final, de los 100 gramos iniciales, se obtuvo un 17,97% de partículas tamaño 14 mesh – equivalentes a polvo –,

78,7% de partículas cuyo tamaño se ubica entre 14 y 5 mesh, y un 2,03% de partículas >5 mesh, cuyo tamaño no se pudo procesar en el molino de granos, al menos en 4 pasadas, ya que estas partículas tienen una gran dureza. La suma total de las cantidades obtenidas por tamaño, corresponde a 98,7% del total, por lo que se concluye que el 1,3% se perdió entre el molino de granos, los tamices y los recipientes utilizados para la medición.

En cuanto a la proporción de la mezcla final de partículas del material, se decide trabajar con un 80% de partículas cuyo tamaño se encuentra entre 14 y 5 mesh, y un 20% de partículas de 14 mesh de tamaño.

1.3 Conformación final del material

1.3.1 Evaluar y seleccionar proporción de aglomerante a utilizar



En las pruebas de conformado con el aglomerante, se trabajó con una concentración de aglomerante en un rango de 10% a 15%. Por lo que se probaron 3 concentraciones; de 10%, 12% y 15%.

Se conformaron probetas de 140x50 mm, por 10 mm de espesor, en los 3 casos, se observa una correcta aplicación de los componentes, puesto que no se desgrana la mezcla, resultando en probetas compactas y de una resistencia mecánica aparentemente aceptable.

En el caso de la probeta conformada con un 15% de aglomerante, se puede distinguir a simple vista la presencia del aglomerante, formando una película por sobre el nivel de las conchas de mar, por lo que se descarta este porcentaje.

En la probeta aglomerada con un 12% de PU biobasado, aun se puede distinguir una delgada capa de aglomerante en la superficie de la probeta, sin embargo resulta considerablemente menos notoria que en el caso de la probeta de 15%.

Finalmente, la probeta aglomerada con un 10% de PU biobasado, a pesar que aun se distingue el tono blanco del aglomerante, este es considerablemente menor que en los casos anteriores. En este caso se logra apreciar de mejor manera el brillo natural de las conchas de mar, además, esta concentración corresponde a la mínima proporción de aglomerante que recomienda el fabricante, por lo que se decide, priorizando el aspecto a nivel estético de la probeta, utilizar esta concentración.

2.1 Evaluar y medir propiedades físico-mecánicas del material compuesto mediante ensayos

La tabla 19 resume los resultados de los ensayos físico-mecánicos realizados para la caracterización del material. El resultado que se muestra por propiedad medida, corresponde al promedio de las 5 probetas ensayadas en cada caso. De manera que se observe el resultado que más pudiera acercarse a la realidad del material.

Tabla 19: resultados propiedades físico-mecánicas

| PROPIEDAD | | RESULTADO |
|-------------------------------|-----------------------------|-----------|
| DENSIDAD (kg/m ³) | | 1439,95 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | 0,867 |
| HINCHAMIENTO (%) | | 0 |
| ABSORCIÓN DE AGUA (%) | | 5,9 |
| FLEXIÓN | ESFUERZO DE FLUENCIA (Mpa) | 12,32 |
| | MÓDULO DE ELASTICIDAD (Mpa) | 445,75 |
| TRACCIÓN | ESFUERZO DE FLUENCIA (Mpa) | 2,03 |

Materiales similares al aglomerado de concha de mejillón

La tabla 20 muestra un resumen con un listado de materiales que resultaron similares en algún aspecto al aglomerado de concha de mejillón, ya sea por su densidad, módulo de elasticidad, resistencia a la flexión o resistencia a la tracción. El detalle de cada comparación se analizará en cada ensayo realizado.

Tabla 20: materiales similares al aglomerado de concha de mejillón

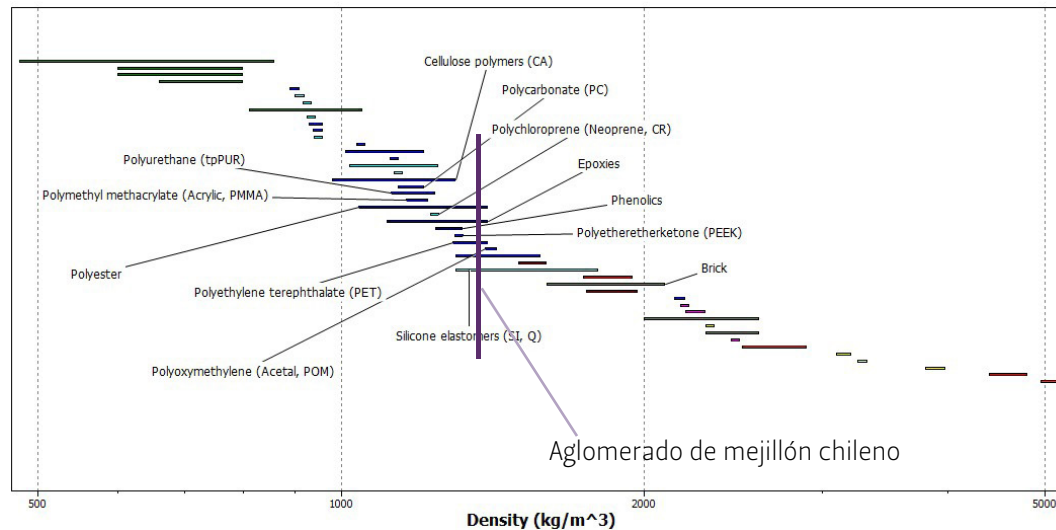
| FAMILIA DE MATERIALES | MATERIAL | DENSIDAD (kg/m ³) | MOE FLEXIÓN (GPa) | RESISTENCIA FLEXIÓN (MPa) | RESISTENCIA TRACCIÓN (MPa) |
|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------|---------------------------|----------------------------|
| ESPUMAS | Espuma polimérica rígida | 170 – 470 | 0,2 – 0,48 | 0,8 – 1,2 | 1,2 – 12,4 |
| MATERIALES NATURALES | Corcho | 120 – 240 | 0,013 – 0,05 | 0,3 – 1,5 | 0,5 – 2,5 |
| | Cartón | 480 – 860 | 3 – 8,9 | 15 – 34 | 23 – 51 |
| | Bambú | 600 – 800 | 15 – 20 | 35 – 44 | 36 – 45 |
| | Cuero | 810 – 1050 | 0,1 – 0,5 | 5 – 10 | 20 – 26 |
| | Madera (común) | 600 – 800 | 0,5 – 3 | 6 – 20 | 60 – 100 |
| COMPUESTOS | Aglomerado concha de mejillón | 1439 | 0,445 | 12,32 | 2,03 |
| CERÁMICOS | Ladrillo | 1600 – 2100 | 15 – 30 | 5 – 14 | 5 – 14 |
| | Concreto | 2300 – 2600 | 15 – 25 | 1 – 3 | 1 – 1,5 |
| POLÍMEROS | Neopreno | 1230 – 1250 | 0,0004-0,002 | 3,4 – 24 | 3,4 – 24 |

2.1.1 Medir densidad, contenido de humedad, absorción de agua e hinchamiento, ensayar flexión y tracción

2.1.1.1 Densidad

Tabla 21: resultados ensayo de densidad

| PROBETA | MASA (gramos) | PROMEDIO ESPESOR (cm) | PROMEDIO LARGO (cm) | PROMEDIO ANCHO (cm) | DENSIDAD (gr/cm ³) |
|---------------|-----------------|-----------------------|---------------------|---------------------|--------------------------------|
| D1 | 36,02 | 1,06 | 4,69 | 5,05 | 1,43 |
| D2 | 34,16 | 1,04 | 4,77 | 4,97 | 1,36 |
| D3 | 37,2 | 0,98 | 4,91 | 5,13 | 1,48 |
| D4 | 37,44 | 0,97 | 5,14 | 5,00 | 1,48 |
| D5 | 39,74 | 1,05 | 5,00 | 5,30 | 1,42 |
| PROMEDIO Y DE | 36,91 +/- 2,045 | 1,02 +/- 0,039 | 4,90 +/- 0,178 | 5,09 +/- 0,129 | 1,43 +/- 0,050 |



En la figura 54 se muestra el gráfico que arrojó el software CES Edupack, al comparar la densidad del aglomerado de mejillón chileno con densidades de otros materiales.

La densidad resultante de los ensayos equivale a 1439,95 kg/m³, situandolo con valores similares a polímeros como PET, epoxis, poliéster y elastómeros como silicona. A su vez, se presenta con una densidad inferior a materiales cerámicos como ladrillo y con una densidad mayor a la de materiales naturales, como madera, cuero y corcho.

Figura 54: gráfico comparación de densidad con otros materiales

2.1.1.2 Absorción de agua e hinchamiento

Absorción de agua (%)

Tabla 22: resultados absorción de agua

| PROBETA | MASA A 2 HORAS (%) | MASA A 24 HORAS (%) |
|---------------|--------------------|---------------------|
| G1 | 2,65 | 6,72 |
| G2 | 1,48 | 5,33 |
| G3 | 2,06 | 5,31 |
| G4 | 2,89 | 6,56 |
| G5 | 2,05 | 5,63 |
| PROMEDIO Y DE | 2,231 +/- 0,555 | 5,913 +/- 0,682 |

Como se puede observar en la tabla de resultados, sí existió una variación de porcentaje de peso de la probeta al final del ensayo, en promedio el aumento fue de 2,231% a 2 horas de comenzado el ensayo, y 5,913% a 24 horas de comenzado el ensayo, por lo que se observa que efectivamente hay una absorción de agua progresiva a medida que avanza el tiempo al sumergir el material, sin embargo, al analizar este resultado en conjunto con el de hinchamiento, en este último no existe una variación de espesor al final del ensayo, con respecto a las probetas previo a la sumersión.

Por ende, la absorción de agua del material, se produce a nivel de espacios vacíos en la estructura interna del material. Estos espacios se vaciarán eventualmente, al decantar el agua hasta vaciar la estructura interna completamente, volviendo a su peso original, previo a una sumersión.

Hinchamiento (%)

Tabla 23: resultados hinchamiento

| PROBETA | ESPESOR A 2 HORAS (%) | ESPESOR A 24 HORAS (%) |
|---------------|-----------------------|------------------------|
| G1 | 0 | 0 |
| G2 | 0 | 0 |
| G3 | 0 | 0 |
| G4 | 0 | 0 |
| G5 | 0 | 0 |
| PROMEDIO Y DE | 0 +/- 0 | 0 +/- 0 |

Tras realizar el ensayo de hinchamiento, donde se registró el espesor de las probetas, previo a sumergirlas en agua y una vez retiradas, tras 24 horas de exposición. Se puede concluir que el espesor no tuvo una variación, vale decir, al sumergir el material en agua, éste no sufre hinchamiento, puesto que sus partículas no absorbieron agua.

El ensayo resultó de acuerdo a lo esperado, ya que la concha de mar reside en agua, y su estructura a nivel de forma no se ve afectada. No obstante, en este caso se pretendía analizar el comportamiento que tiene esta materia prima aglomerada con el poliuretano biobasado, pero de todas formas, no hubo una alteración de la forma, lo que lo convierte en un material que puede ser lavado y sumergido en agua, y no sufrirá cambios a nivel estructural.

2.1.1.3 Determinación de contenido de humedad

Tabla 24: resultados contenido de humedad

| PROBETA | CONTENIDO DE HUMEDAD (%) |
|---------------|--------------------------|
| H1 | 0,895 |
| H2 | 1,00 |
| H3 | 0,867 |
| H4 | 0,862 |
| H5 | 0,710 |
| PROMEDIO Y DE | 0,867 +/- 0,104 |

Se observa en la tabla de resumen de resultados, un promedio de pérdida de masa tras el ensayo de 0,867%. En cuanto al aspecto visual de las probetas, éstas denotan una leve pérdida de brillo, sin embargo la estructura en general no muestra ningún cambio que se pueda apreciar a simple vista.

Se concluye que el contenido de humedad del aglomerado de mejillón chileno es bajo, comparandolo por ejemplo con un MDF, cuyo contenido de humedad se encuentra cerca del 11,48%, incluso comparado con un aglomerado de carozo de durazno, aglomerado también con PU biobasado, que resultó ser de 3,63% (Múñoz, 2019). Esto se debe a que la concha de mar es un elemento impermeable, que vive en el mar, por lo que su estructura mantiene protegido al ser que la habita.

2.1.1.4 Resistencia a la flexión

Tabla 25: resultados resistencia a la flexión

| PROBETA | CARGA MÁXIMA (N) | DESPLAZAMIENTO (mm) | ESFUERZO DE FLUENCIA EN FLEXIÓN (Mpa) | MÓDULO DE ELASTICIDAD (MOE) |
|---------------|------------------|---------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| F1 | 950 | 3,55 | 12,60 | 480,51 |
| F2 | 1000 | 2,45 | 12,68 | 346,14 |
| F3 | 960 | 2,43 | 11,95 | 488,52 |
| F4 | 690 | 2,84 | 9,30 | 439,62 |
| F5 | 1190 | 1,78 | 15,09 | 473,95 |
| PROMEDIO Y DE | 958 +/- 178,521 | 2,61 +/- 0,648 | 12,32 +/- 2,069 | 445,75 +/- 58,722 |

En el gráfico de la figura 55 se muestra dónde se sitúa el aglomerado de mejillón chileno con respecto a su esfuerzo de fluencia en flexión, que corresponde a 12,32 MPa. Al compararlo con otros materiales, resultan con un rango similar el estaño, el ladrillo, el neopreno. A su vez, se encuentra por sobre los valores de materiales como el corcho, y el cuero, y se sitúa debajo de materiales como la madera y el cartón.

En cuanto al módulo de elasticidad (MOE), cuyo valor es de

0,445 GPa, se presenta con rangos similares a materiales como la espuma polimérica rígida y el cuero. Además se sitúa con un MOE más bajo que materiales como el ladrillo, el concreto, la madera y el cartón. Por otro lado, se sitúa con valores más altos que el corcho y el neopreno.

Se concluye que el aglomerado de mejillón chileno tiene una baja resistencia a la flexión, al compararlo con otros materiales, que no tienen propiedades constructivas.

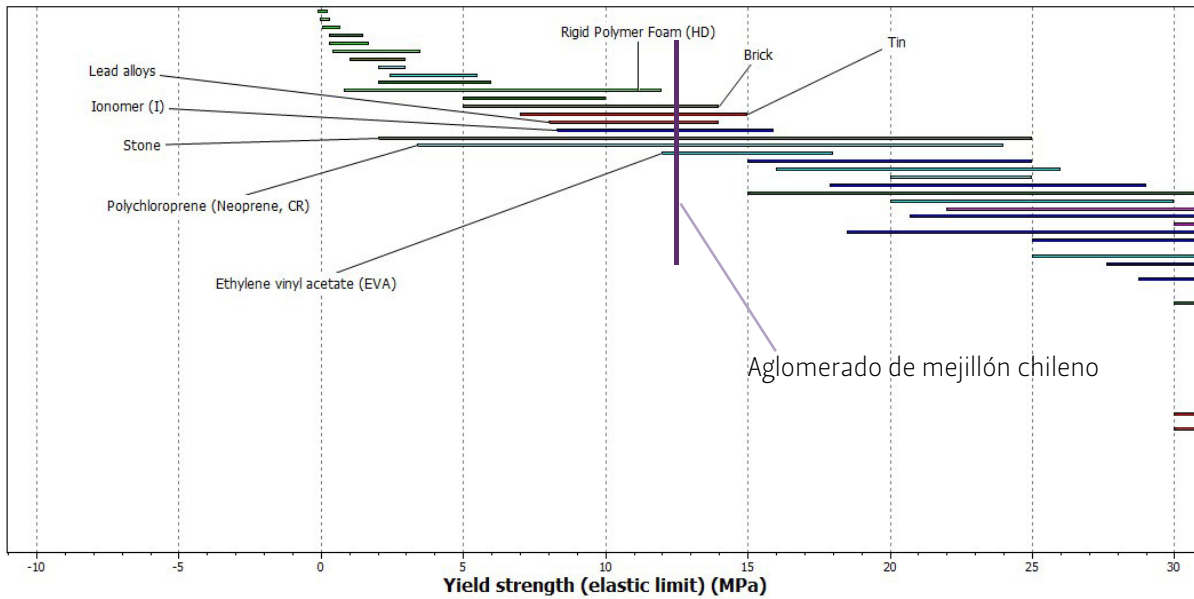


Figura 55: gráfico de comparación esfuerzo de flexión con otros materiales

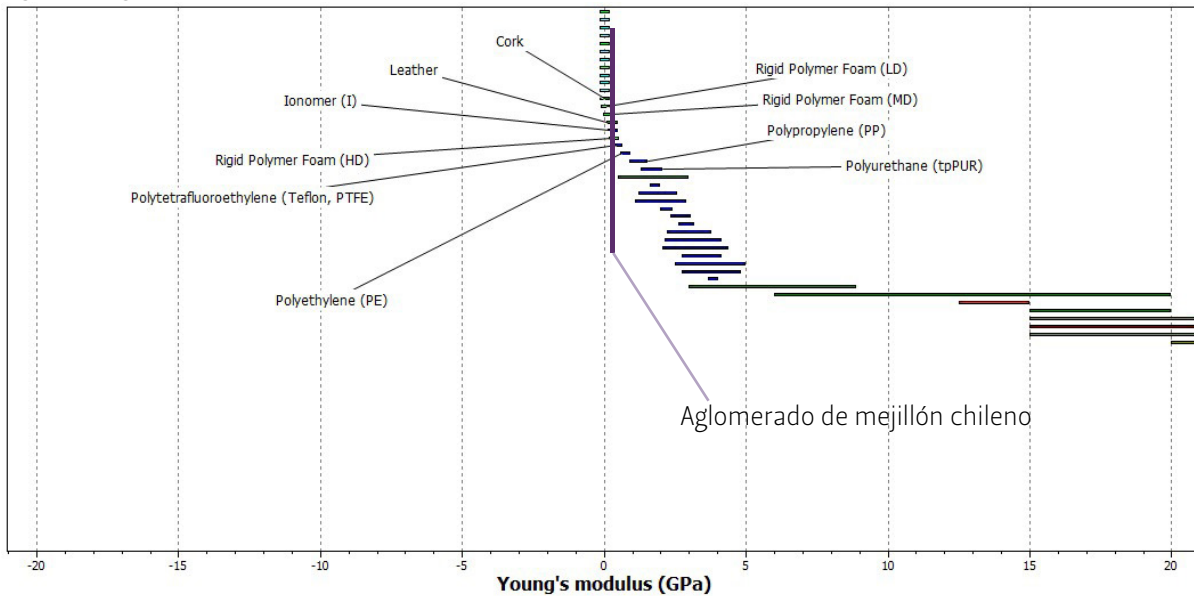
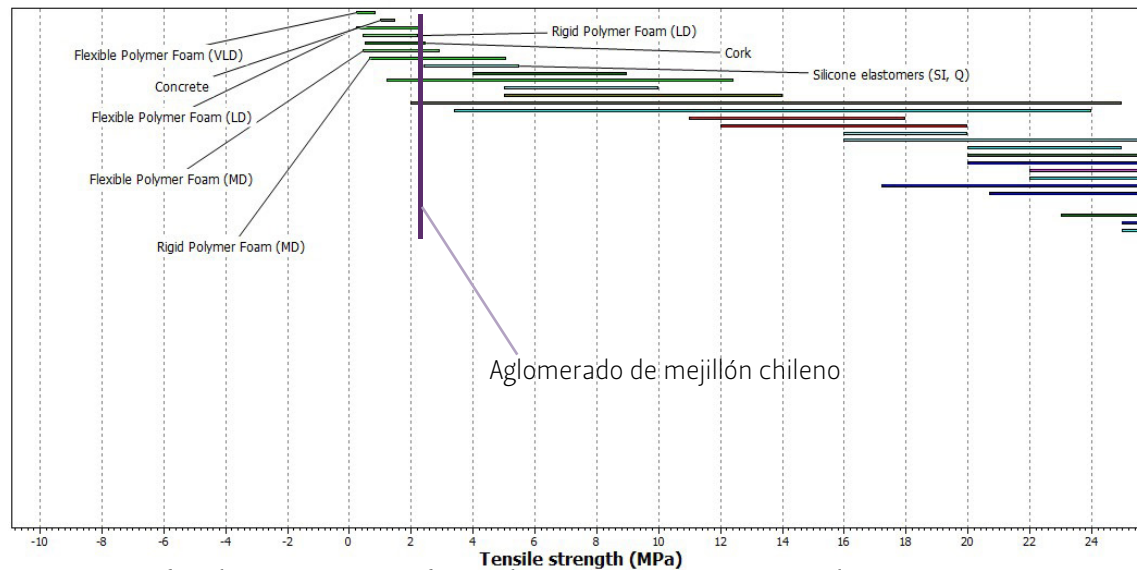


Figura 56: gráfico de comparación MOE con otros materiales

2.1.1.5 Resistencia a la tracción

Tabla 26: resultados ensayos de tracción

| PROBETA | CARGA MÁXIMA (N) | PROMEDIO MEDIDA ANCHO (mm) | PROMEDIO MEDIDA ESPESOR (mm) | ESFUERZO DE FLUENCIA EN TRACCIÓN (MPa) |
|---------------|-------------------|----------------------------|------------------------------|--|
| T1 | 168,1 | 10,96 | 5,68 | 2,70 |
| T2 | 133,4 | 11,14 | 6,4 | 1,87 |
| T3 | 155 | 10,94 | 6,2 | 2,29 |
| T4 | 101,1 | 10,57 | 5,69 | 1,68 |
| T5 | 114,1 | 10,99 | 6,36 | 1,63 |
| PROMEDIO Y DE | 134,34 +/- 27,757 | 10,92 +/- 0,210 | 6,06 +/- 0,355 | 2,03 +/- 0,452 |



Como se puede visualizar en el gráfico de la figura 57, en cuanto a su resistencia a la tracción de 2,03 MPa, el aglomerado de mejillón chileno se ubica en una posición similar a la espuma polimérica rígida, espuma polimérica flexible, corcho, y silicona. Además, se ubica bastante alejada de materiales como el cartón, cuya resistencia a la tracción oscila entre 23 y 51 MPa, se concluye que el aglomerado de mejillón chileno tiene una baja resistencia a la tracción.

Figura 57: gráfico de comparación esfuerzo de tracción con otros materiales

Análisis comparativo según familias de materiales

Para situar al aglomerado de mejillón chileno dentro de una familia de materiales, se representan los valores de la densidad versus el MOE (figura 58) esfuerzo de fluencia en flexión (figura 59) y tracción (figura 60) en diagramas que muestran familias de materiales, para su comparación.

flexión y tracción, se sitúa al aglomerado de mejillón chileno en la familia de los elastómeros, pero cercano a la familia de los polímeros, lo que tiene sentido, puesto que finalmente se ensayó la resistencia del aglomerante, que en este caso es un poliuretano, perteneciente a la familia de los polímeros.

En los 3 casos, según los valores obtenidos en los ensayos de

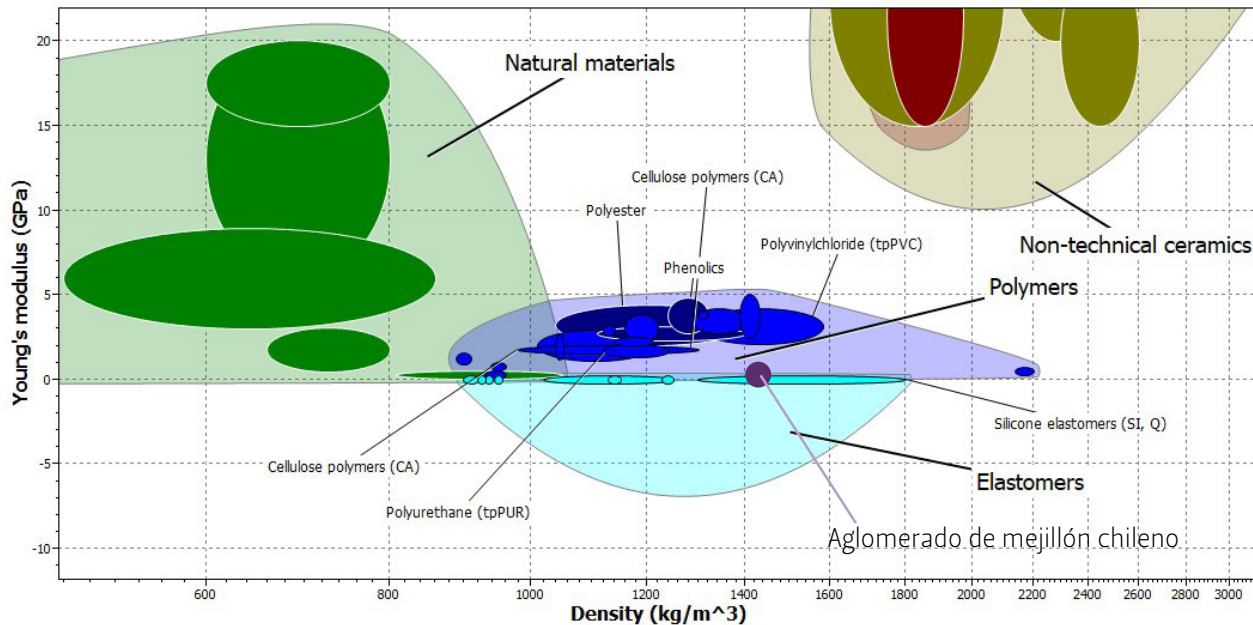


Figura 58: gráfico MOE vs densidad

Figura 59: gráfico esfuerzo de flexión vs densidad

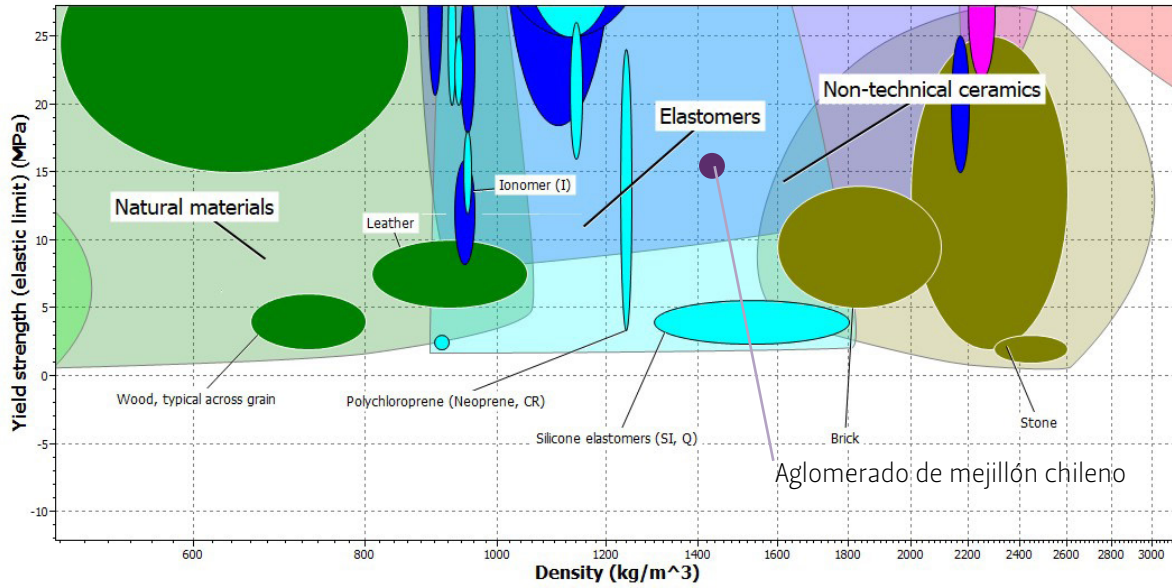
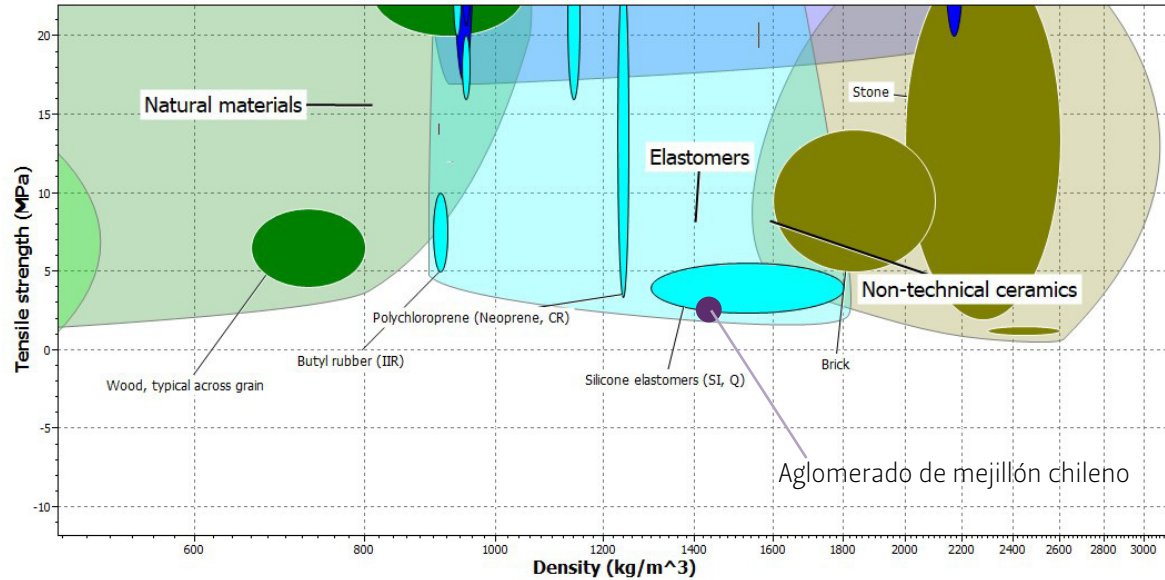


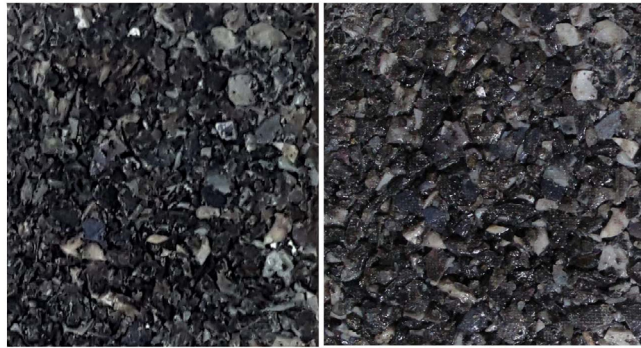
Figura 60: gráfico esfuerzo de tracción vs densidad



2.2 Evaluar y medir resistencia a agentes externos, mecanizado y trabajabilidad

2.2.1 Prueba de exposición a rayos UV

Tras registrar por 24 semanas la resistencia del aglomerado de mejillón chileno a los rayos UV, se observa una leve decoloración de las probetas, sin embargo no es significativa, por lo que se sugiere – en caso de fabricar un objeto de exterior – aplicar un sellante en la superficie del material, con el fin de evitar cualquier tipo de deterioro.



Semana 1

Semana 24

2.2.2 Prueba de exposición a tierra húmeda

Después de transcurridas las 24 semanas, las probetas que fueron dispuestas en tierra húmeda, y que estuvieron expuestas condiciones ambientales, no presentan un mayor cambio ni en su aspecto general, ni en la coloración de éstas, por lo que se concluye que el aglomerado de mejillón chileno es resistente a condiciones de exterior.

Ya que esta prueba se realizó entre las estaciones de primavera y verano de Santiago, se sugiere probar en temporadas de bajas temperaturas y lluvias, ya que el porcentaje de humedad de la tierra en ese periodo es mayor.



Semana 1

Semana 24

2.2.3 Ensayo de resistencia a reactivos químicos

Tabla 27: resultados ensayo de resistencia a reactivos químicos

| PROBETA | REACTIVO QUÍMICO | VARIACIÓN MASA (%) | VARIACIÓN ESPESOR (%) | VARIACIÓN DIÁMETRO (%) |
|---------|---------------------|--------------------|-----------------------|------------------------|
| Q1 | CLORO | 4,02 | 8,31 | 0,19 |
| Q2 | LAVALOZAS | 0 | 0 | 0 |
| Q3 | DETERGENTE | 0 | 0 | 0 |
| Q4 | SAL | 0,10 | 2,14 | 0 |
| Q5 | VINAGRE VINO BLANCO | 33,19 | 2,91 | 1,17 |



Figura 61: probetas antes y después de ensayo de resistencia a reactivos químicos

Se puede observar en la tabla 27 de resumen de los resultados del ensayo de resistencia a reactivos químicos, que en los casos de las probetas ensayadas con lavalozas y detergente, no hubo ningún tipo de cambio estructural en la probeta a nivel de masa, espesor ni diámetro, tampoco un cambio en el aspecto visual (figura 61).

En el caso de la probeta ensayada con cloro, a simple vista se puede apreciar un notorio cambio en la coloración de la probeta, específicamente en las partículas de concha de mar, puesto que adquirieron tonalidades café. Se registran además pérdida de masa, espesor y diámetro de la probeta.

La probeta ensayada en agua con sal sufre cambios a nivel de estructura, perdiendo masa -0,10%- y espesor -2,14%- no obstante, el diámetro no se vio perjudicado. En el caso del aspecto visual, la probeta no presenta cambios notorios, por lo que en general, el agua con sal afecta en una baja medida al material. Se intuye que este cambio afectaría directamente al aglomerante, considerando que la concha de mar reside en agua con sal, vale decir, los océanos. Se sugiere un ensayo en detalle del aglomerante, de manera que se pueda medir su comportamiento en contacto con este reactivo químico.

La probeta ensayada en vinagre de vino blanco redujo su masa

en un 33,19%, superando a la probeta sumergida en cloro en casi un 30%. No obstante, la pérdida de tamaño en el espesor no se comportó de la misma manera que la masa, donde la probeta sumergida en cloro perdió más del doble de espesor, con respecto a la probeta sumergida en vinagre.

Se percibe además una pérdida del brillo de la probeta, junto a un cambio de color, pasando de tonos azules a tonalidades gris. Adicionalmente, se comprueba que la probeta adquirió una consistencia blanda. Este efecto se debe a la descalcificación que ocurre al exponer el carbonato de calcio- componente principal de la concha de mar- a un reactivo como el vinagre. El vinagre es un ácido, que al entrar en contacto con el calcio, se transforma en acetato cálcico, retirando los minerales que componen el calcio (Ccuno, 2017).

Se sugiere, para efectos de la aplicación del material a un objeto, que este no entre en contacto con vinagre o cloro, puesto que se verá afectada tanto la estructura del objeto, como su tonalidad, además de la consistencia, que en el caso del contacto con vinagre, tendió a ser más blando después de la sumersión.

En caso que el objeto sí deba estar en contacto con estos elementos, considerar la aplicación de un sellante o protector que impida que penetre este u otro componente al material.

2.2.4 Pruebas de mecanizado y trabajabilidad

2.2.4.1 Lijado

Tras someter las probetas a proceso de lijado, tanto con una herramienta eléctrica, como con procedimiento manual, en ambos casos, el material tiene un buen comportamiento, vale decir, no se desgrana ni sufre roturas.

La estructura a nivel general se mantiene intacta, y el proceso de lijado puede ser llevado a cabo con éxito, puesto que se percibe una superficie plana y uniforme después del lijado, logrando el aspecto deseado.

Con el uso de la herramienta eléctrica, se notan finas líneas, propias de una lija de grano grueso, sin embargo, estas se van aplacando a medida que se va aumentando en el grano de la lija, hasta llegar a 400.

Se percibe además un cambio en la tonalidad, pasando de las tonalidades azules, hacia tonalidades despigmentadas, esto ocurre debido a que el proceso de lijado genera un fino polvo blanco, con tonalidades gris, el cual se impregna a la superficie del material, sin embargo, este se puede limpiar con un paño húmedo.



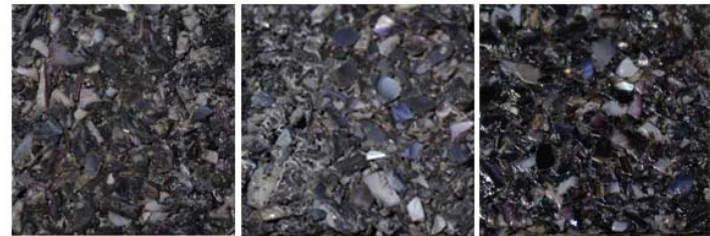
Superficie sin lijar

Superficie lijada

2.2.4.2 Pulido

En las pruebas de pulido del material, que se realizan tras haber lijado la superficie, se percibe un aspecto liso y suave al tacto, que aumenta su uniformidad a medida que se avanza en el grano de las lijas al agua utilizadas para esta etapa, llegando hasta el grano 1200.

Se observa, al final del proceso, un aspecto brillante, donde se pueden notar las tonalidades moradas correspondientes al interior de la concha de mar. Además, se realiza una prueba de sellado con PU biobasado, tras esta aplicación se percibe de mejor manera el acabado del pulido de la superficie.



Superficie lijada




Superficie pulida

Superficie sellada

2.2.4.3 Moldeado

La tabla 28 resume los resultados de la prueba de moldeado, se muestra cada pieza y las observaciones correspondientes a cada caso.

Tabla 28: resultado pruebas de moldeado

| PIEZA | OBSERVACIÓN ASPECTO GENERAL | ARMADO | DESMOLDADO |
|---|--|---|---|
|  | Se distingue separación entre las partículas de concha de mar, los bordes resultaron irregulares, por lo que tiende al desgrane. | Hubo dificultad debido a que la mezcla no fluye dentro del molde, es más bien espesa y tiende a estancarse. | No hubo dificultad, sin embargo, quedaron restos de la cera desmoldante en la figura. |
|  | La figura resultó bastante compacta, bordes regulares y uniformes, no se observa desgrane. | Facilidad de armado, el molde se prensó sin problemas. | No hubo dificultad, sin embargo, quedaron restos de la cera desmoldante en la figura. |
|  | Figura compacta, no obstante, los bordes rectos tienden al desgrane. superficie uniforme. | Facilidad de armado, el molde se prensó sin problemas. | No hubo dificultad. Se observa en la superficie marcas de la malla de la superficie del teflón. |

Con respecto al molde 1, con ambas caras con volumen, este no resulta recomendable de utilizar, puesto que el material es de consistencia espesa, por lo que al momento de prensar el molde, el material no se esparce por el espacio con facilidad, por lo que en el proceso de prensado hubo dificultad para juntar ambas partes del molde, resultando una figura poco compacta.

Con el molde 2, con una cara con volumen y tapa plana, se obtuvo un mejor resultado, se observa una figura compacta, uniforme y sin desgrane.

El molde 3 funciona bajo la misma lógica del molde 2, pero es una figura simple, por lo que su conformado y resultado final

resultaron uniformes y compactos, sin embargo, este molde tiene los bordes rectos, por lo que la figura tiende a desgranarse en los bordes.

Se concluye que las matrices a utilizar deben ser de tapa plana, de manera que la figura se vaya compactando a medida que se arma, además, debe tener los bordes redondeados, para evitar el desgrane. En cuanto al tipo de madera, puede ser MDF o terciado, pero en ambos casos se debe sellar y alisar la superficie. Con respecto al desmoldante, ambos funcionan, sin embargo el uso de teflón se limita a formatos rectos, por lo que en formas curvas o más detalladas se debe usar cera desmoldante, la que debe ser aplicada por capas previamente pulidas.

2.3 Evaluar el material a nivel experiencial

La figura 62 muestra los resultados de la encuesta perceptual, sumando los promedios de los 3 grupos encuestados. En el total de los participantes se nota una clara tendencia hacia adjetivos como duro, rugoso, no elástico, opaco y rígido, todos ellos pertenecientes al nivel sensorial, asu vez, en este nivel, adjetivos como mate, frío, colorido e inoloro, muestran una tendencia, más no es significativa.

Con respecto al nivel interpretativo, se notan tendencias hacia lo agresivo, y en menor medida hacia elegante, natural, artesanal y honesto. Adjetivos como distante, masculino, no sensual y lujoso denotan una leve tendencia.

En el nivel afectivo, se notan tendencias hacia los adjetivos agrado, satisfacción, aceptación y atracción. Sin embargo no se observa una tendencia significativa hacia estos adjetivos.

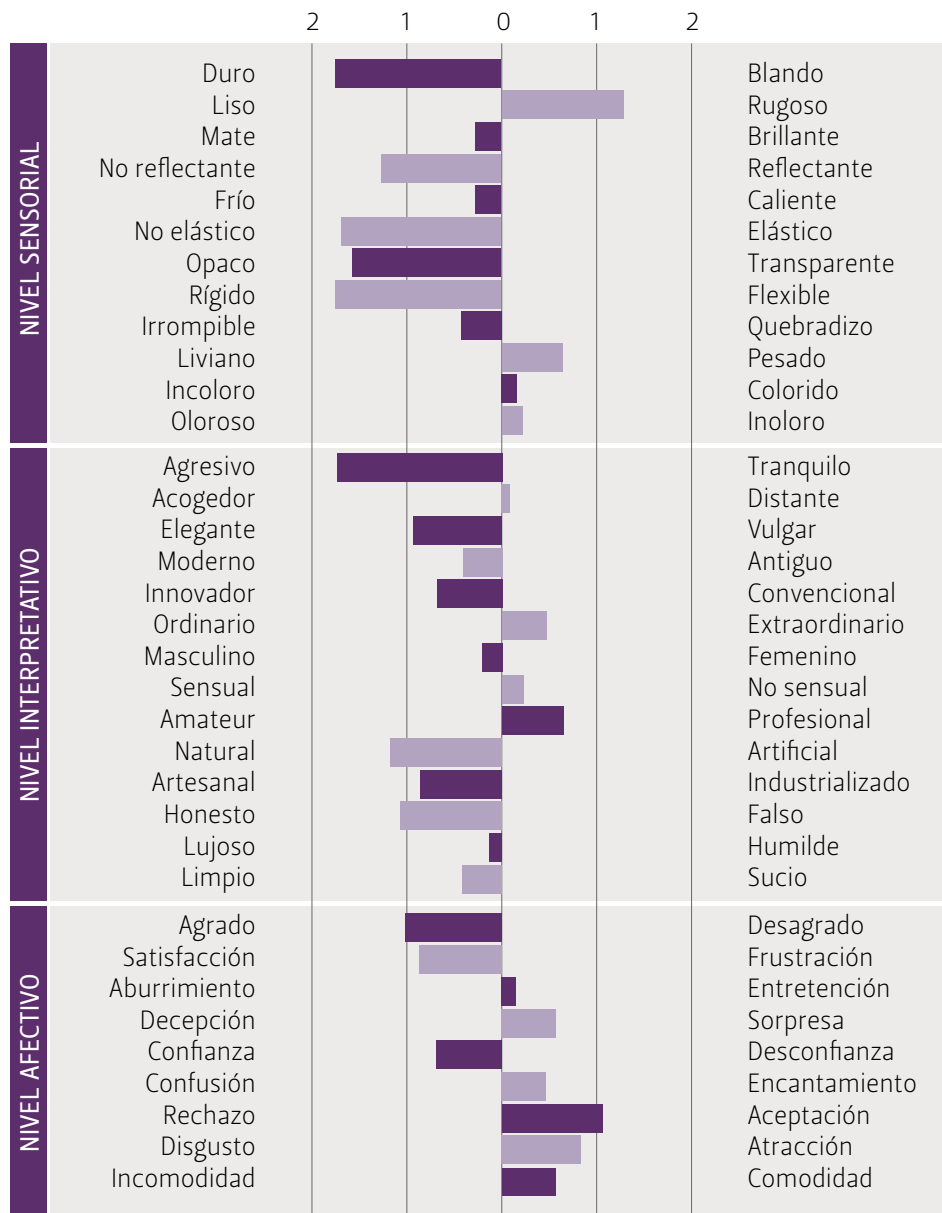
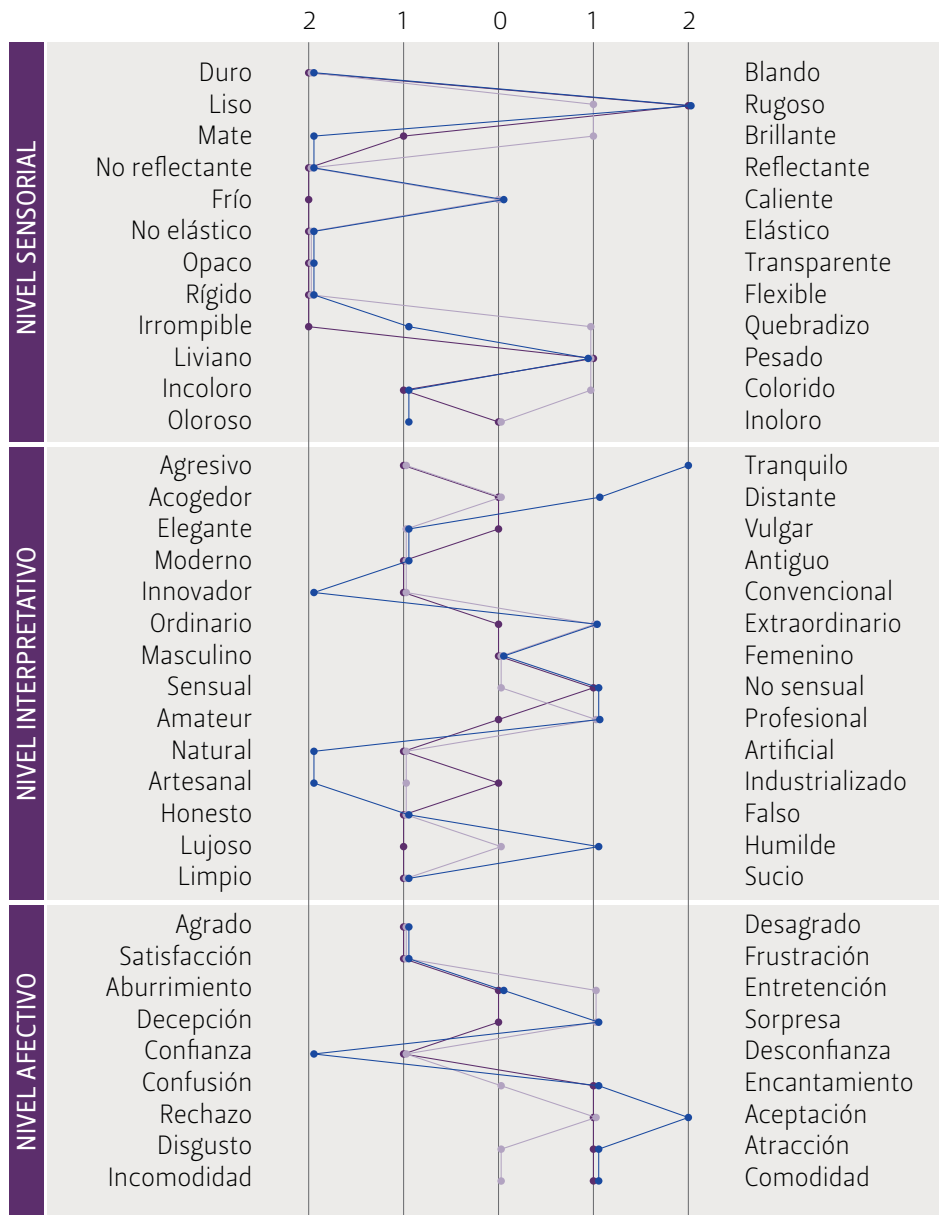


Figura 62: resultados encuesta perceptual



La figura 63 muestra los resultados de la encuesta por grupos de estudio, pero esta vez no muestra los promedios, sino la moda en cada resultado, de manera que se muestre el resultado que más se repitió por par de adjetivos.

En el nivel sensorial, los 3 grupos coinciden en que se trata de un material, según su percepción, duro, rugoso, mate, no reflectante, no elástico, opaco y rígido, adjetivos cuyas puntuaciones marcaron una clara preferencia. En general, los resultados fueron bastante similares en los 3 grupos, en el único adjetivo que se puede notar una diferencia, es que el grupo relacionado al Diseño, considera que el material es frío, mientras que en los otros 2 grupos, no existe una tendencia hacia frío o caliente, resultando en una valoración de cero.

En el nivel interpretativo, adjetivos como elegante, moderno, no sensual, profesional, natural, honesto y limpio resultan con una preferencia en los 3 grupos. Se puede notar que los resultados de los grupos de encuestados relacionados al Diseño, y encuestados con conciencia medioambiental, resultan similares

- Relacionado al Diseño
- Conciencia medioambiental
- Control

Figura 63: resultados por grupo encuesta perceptual

en la mayoría de los casos, en este nivel, el grupo de control interpretó el material de manera diferente, como en el caso del par agresivo/tranquilo, donde el grupo de control considera que el material es tranquilo, mientras que los otros 2 grupos se inclinaron por agresivo. La razón por la que existen diferencias entre estos 2 grupos y el grupo de control, podría deberse a que éstos grupos perciben el material desde una posición crítica, cuestionando e interpretando desde sus disciplinas y preocupaciones.

Con respecto al nivel afectivo, las preferencias se inclinaron hacia adjetivos como agrado, satisfacción, entretención, sorpresa, confianza, aceptación, atracción y comodidad, resultados que se presentan en los 3 grupos.

Los resultados obtenidos con la aplicación de esta encuesta, permite obtener un plano general de cómo se percibe el material, donde la tendencia hacia adjetivos como elegante, moderno, innovador, natural y artesanal, resultan interesantes y relevantes para esta investigación, y representan un punto de partida hacia dónde apuntará el diseño de la aplicación que se le dará al material.

2.4 Ficha técnica

| COMPOSICIÓN | |
|--|-----|
| CONCHAS DE MEJILLÓN CHILENO | 90% |
| POLIURETANO BASADO EN ACEITE DE RICINO | 10% |

| PROPIEDADES FÍSICAS | VALOR |
|--------------------------|---------------------------|
| DENSIDAD | 1439,95 kg/m ³ |
| CONTENIDO DE HUMEDAD 24h | 0,867% |
| HINCHAMIENTO 24h | 0% |
| ABSORCIÓN DE AGUA 24h | 5,9% |

| PROPIEDADES FÍSICAS | VALOR |
|----------------------------------|------------|
| ESFUERZO DE FLUENCIA EN FLEXIÓN | 12,32 Mpa |
| MÓDULO DE ELASTICIDAD (MOE) | 445,75 Mpa |
| ESFUERZO DE FLUENCIA EN TRACCIÓN | 2,03 Mpa |

| MOLDEABILIDAD | VALOR |
|------------------------|--------------|
| VOLUMEN EN AMBAS CARAS | Baja calidad |
| MOLDE TAPA PLANA | Alta calidad |

| MECANIZADO | VALOR |
|------------|------------------|
| LIJADO | Alta resistencia |
| PULIDO | Alta resistencia |

| RESISTENCIA AGENTES EXTERNOS | VALOR |
|------------------------------|-------|
| RAYOS UV | Media |
| EXPOSICIÓN TIERRA HÚMEDA | Alta |
| COLORO | Baja |
| LAVALOZAS | Alta |
| DETERGENTE | Alta |
| SAL | Media |
| VINAGRE VINO BLANCO | Baja |

| PROPIEDADES PERCEPTUALES | | | |
|--------------------------|--|------------|--|
| DURO | | ELEGANTE | |
| RUGOSO | | MODERNO | |
| OLOROSO | | INNOVADOR | |
| PESADO | | NATURAL | |
| OPACO | | ARTESANAL | |
| RÍGIDO | | IRROMPIBLE | |

DISEÑAR UN PRODUCTO COHERENTE CON LAS PROPIEDADES DEL NUEVO MATERIAL

Se muestra en la figura 64 las especificaciones y características que se extrajeron por cada grupo. El grupo de análisis, no requiere mayor explicación, se resumen las características obtenidas desde los ensayos físico-mecánicos, de trabajabilidad y de exposición a factores externos. El grupo de síntesis, incluye características relevantes obtenidas desde la encuesta perceptual. Desde el grupo de semejanza se destacan atributos percibidos por los potenciales usuarios, quienes afirman que este podría ser un objeto que pueden visualizar en una cocina, en un baño y tanto en el interior como exterior de una casa.

Desde el grupo correspondiente a las características de inspiración desde la materia prima, se extrae la identidad del mejillón chileno, puesto que es valorado en el exterior por su aporte nutricional, situación que no se percibe en Chile de la misma forma. Como

antecedente a este caso, se cita una campaña publicitaria impulsada por Cluster Mejillón, el Gobierno Regional de Los Lagos, La Universidad de Los Lagos, AMI Chile y ProChile, el año 2011, cuyo objetivo es que los chilenos puedan conocer más de un producto que es muy cotizado en el extranjero por su calidad, sabor y aporte nutricional y por el contrario es subvalorado en Chile (Revista Agua, 2011).

Además se destaca la característica que el residuo resultante del proceso, llevado a cabo en este proyecto, es limpio y sin olor, a diferencia de lo que es al ser resacatado del Terminal Pesquero Metropolitano. Y la última característica de este punto es destacar que es un material sustentable.

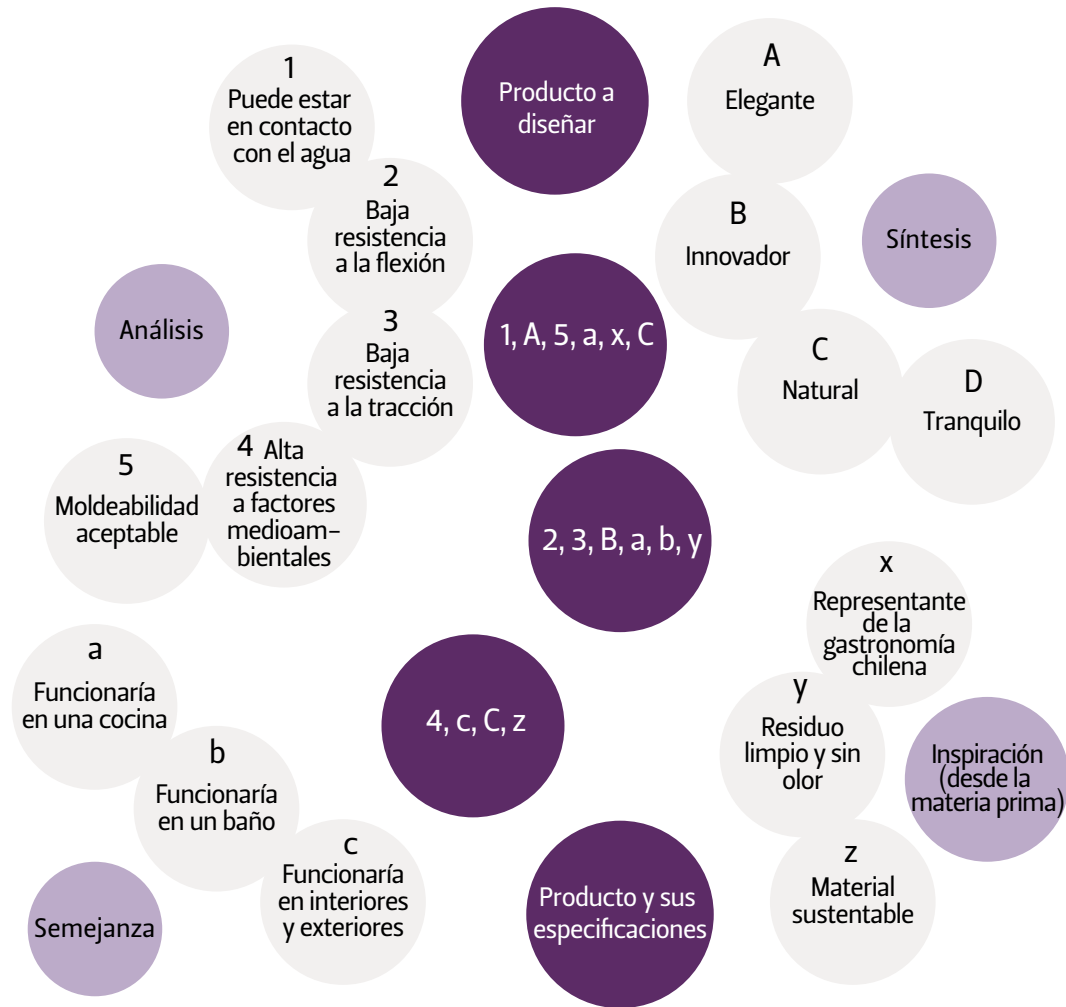


Figura 64: esquema metodología de diseño de producto a partir de un material

De la metodología para guiar la selección de una o varias aplicaciones para el material, se obtuvieron 3 grupos de requerimientos y características que deberían ser consideradas en la aplicación.

GRUPO 1: 1, A, 5, a, x, C

- Puede estar en contacto con el agua
- Elegante
- Moldeabilidad aceptable
- Funcionaría en una cocina
- Representante de la gastronomía chilena
- Natural

GRUPO 2: 2, 3, B, a, b, y

- Baja resistencia a la flexión
- Baja resistencia a la tracción
- Innovador
- Funcionaría en una cocina
- Funcionaría en un baño
- Residuo limpio y sin olor

GRUPO 3: 4, c, C, z

- Alta resistencia a factores medioambientales
- Funcionaría en interiores y exteriores
- Natural
- Material sustentable

A partir de estos grupos de características y especificaciones, se desarrollan 2 propuestas que abarcan estos requerimientos del grupo 1 y del grupo 2. Las que se presentan a continuación:

Set de elementos para cóctel

Desarrollado a partir del primer grupo de características, este set de elementos para cóctel, puede estar en contacto con el agua, funciona tanto en una cocina – puede contener alimentos – así como funcionaría en un contexto de cóctel. Se identificará como elegante, natural, y valorizará al mejillón como un producto que puede existir en un contexto gourmet.

Recubrimiento de pared

Desde el segundo grupo se extrae esta aplicación, la que responde a requerimientos como la baja resistencia a la tracción y a la flexión que tiene el material, de manera que se presentará adherido a una pared, por lo que no se someterá a los esfuerzos mencionados. Además, como se destaca que se conforma a partir de un residuo limpio y sin olor, puede funcionar tanto en una cocina como en un baño, incluso en exteriores u otras habitaciones de una casa. Se presentará como un elemento innovador.

Set de elementos para cóctel



Figura 65: set de elementos para cóctel

Inspirado en el movimiento de las olas del mar, el set de elementos para cóctel se compone de 4 piezas, que en conjunto fluyen en una composición simple y elegante. Elaborado con residuos de concha de mar, que estaban destinados a terminar en un relleno sanitario, se entrega una nueva vida útil, pensando en la valorización del mejillón chileno por lo que es, un importante y destacado producto chileno, cuya concha de mar tiene un atractivo que a simple vista pasa desapercibido, pero que en este caso, fue llevado a la conformación de un producto, que se utiliza en un contexto gourmet.

Su proceso de fabricación resulta sustentable, utilizando un aglomerante biodegradable. Una vez que termine su vida útil como objeto, puede volver a la tierra, para su descomposición.

En el packaging se indica la composición de este objeto, además de destacar que se trata de un producto biodegradable y sustentable, tanto en su composición, su fabricación y su vida útil. A su vez se señalan los cuidados para su correcta manipulación y conservación.

Este set de 4 piezas se compone de una fuente con división, una fuente sin división, un pocillo y una tabla. Todas las piezas fueron lijadas, pulidas y selladas con el aglomerante poliuretano basado en aceite de ricino, para evitar que los alimentos se depositen entremedio de los granos de concha de mar.



Figura 66: fuente con división



Figura 68: fuente sin división



Figura 67: pocillo



Figura 69: tabla



Figura 70: fuente sin división



Figura 71: set de elementos para cóctel

Para presentarlo como un producto, se diseñó un logo, con el nombre del producto; Mytilus, que es el nombre científico del mejillón chileno. Logo que fue grabado con láser en el packaging de cartón, y en un mantel de algodón.



Figura 72: logo Mytilus



Figura 73: logo Mytilus grabado en mantel de algodón



Figura 74: logo Mytilus grabado en cartón madera

Con el set se incluye un mantel de algodón, en el que se grabó con corte láser el logo del producto, además de la posición de cada pieza de esta composición. El mantel es de lona de algodón, por lo que además de posicionar las piezas, resuelve la situación de cóctel, pensando en la protección de superficies.



Figura 75: mantel de algodón



Figura 76: mantel de algodón con grabado de composición



Figura 77: set de elementos para cóctel posicionados sobre mantel

El packaging se fabricó en cartón madera, cortado y grabado en láser. Consiste en una caga de 45 centímetros de largo, que se cierra con la ayuda de dos imanes instalados a cada extremo de la pestaña de cierre (figura 79). Cada pieza tiene su contenedor individual, para evitar daños, y acomodarlas fácilmente en la caja contenedora (figura 80). Además se incluye el espacio para guardar el mantel de algodón (figura 81).



Figura 78: caja contenedora



Figura 80: piezas en cajas individuales



Figura 79: caja contenedora abierta



Figura 81: piezas y mantel en caja contenedora

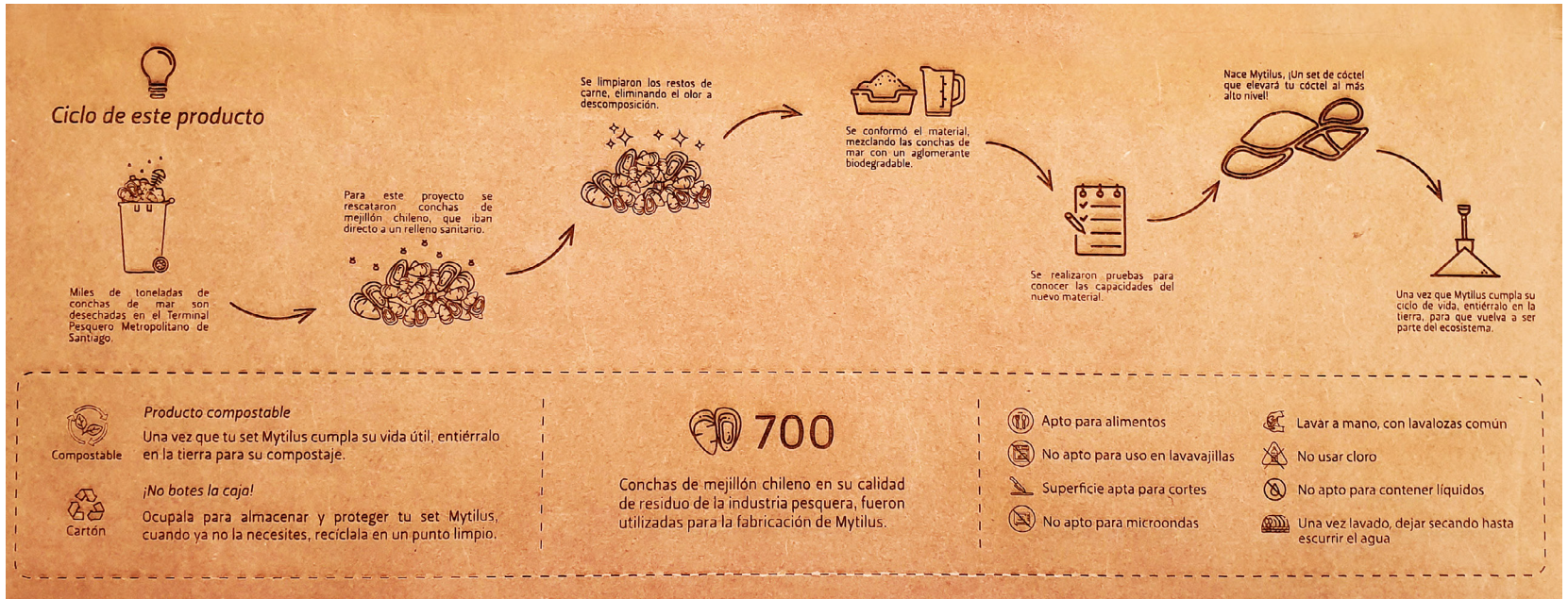


Figura 82: tapa interior

En la tapa interior de la caja, se grabó el ciclo de este producto, donde se explica desde la recolección de la materia prima, hasta el final de ciclo de producto, junto con las instrucciones para su descarte. Se incluye además las instrucciones para el reciclaje tanto de las piezas de cóctel, como del packaging. Se muestra la cantidad de residuo de conchas de mar utilizadas para la fabricación del producto. Y por último, todas las consideraciones para la manipulación y correcto uso de este set.

Se pensó este packaging como un elemento para contener, almacenar y proteger el producto, y no un packaging descartable. Se generó una propuesta elegante, acorde con los conceptos involucrados en el desarrollo del producto.



Figuras 83, 84 y 85: prototipos en contexto y uso

Recubrimiento de pared



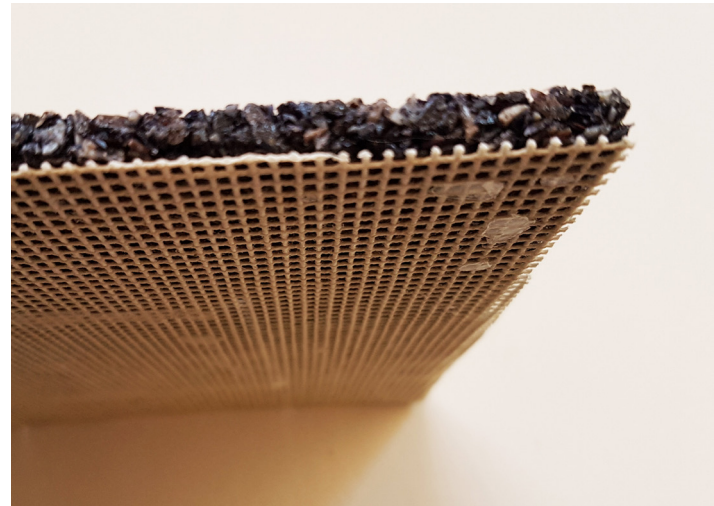
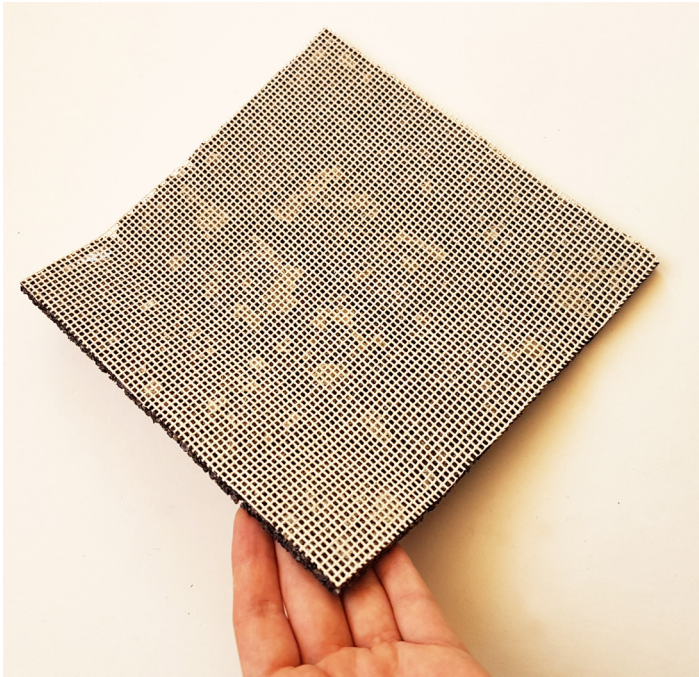
Figuras 86 y 87: prototipos recubrimiento de pared

Pensado tanto para interiores como exteriores, debido a su alta resistencia a agentes externos, el recubrimiento de pared se presenta en formato de malla, donde se sitúan cuadrados y rectángulos de diferentes espesores, dando lugar a una composición simple, y de fácil instalación.

Al igual que el set para cóctel, se valoriza un elemento presente en el ecosistema chileno, que se transformó en un residuo de la industria pesquera, para ser rescatado y formar parte de un elemento del hogar, que aporta con un toque rústico, natural e innovador a cualquier espacio.

El formato en que se presenta es una caja que contiene 25 palmetas de 20x20cm, de manera tal que se extienden en 1 m² de superficie. El packaging que contiene las palmetas, indica la cantidad de conchas de mar que no acabaron en un relleno sanitario, y fuerna destinadas a componer el producto, junto a una simplificación del proceso que se llevó a cabo, desde que se rescató este residuo, hasta que llegó a formar parte de el espacio de un hogar.

Se montaron las piezas sobre una malla de algodón, de 25x25 centímetros, para facilitar su instalación.



Figuras 88 y 89: prototipo recubrimiento de pared sobre malla de algodón



Figura 90: render prototipo en contexto

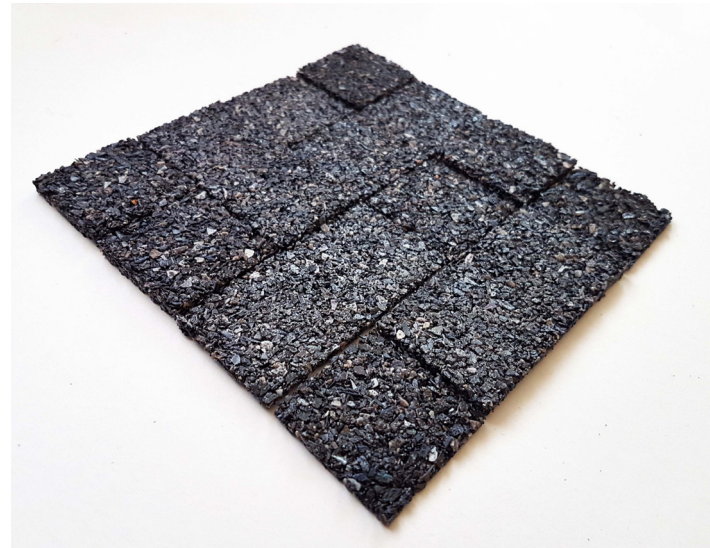


Figura 91: prototipo recubrimiento de pared

VI. Conclusiones

A través de este proyecto, además de la conformación de un material compuesto, cuya materia prima son conchas de mejillón chileno – molusco cosechado y exportado por Chile, en enormes cantidades – se buscó otorgarle una segunda vida a este elemento valioso en cuanto a su composición.

Es importante mencionar el uso de la concha de mejillón en su calidad de residuo, ya que en este proyecto no se extrajo este molusco desde su entorno, si no que se rescató en el momento en que se convierte en un residuo de la industria pesquera, cuyo destino final sería un relleno sanitario. Desde este punto se hace una reflexión, ya que si bien al acabar en un relleno sanitario, la concha de mar eventualmente iniciaría su proceso de descomposición, se plantea el hecho de que como sociedad sólo estamos haciendo crecer esta pila de residuos, sin preocuparnos si es ahí donde realmente pertenecen, o si sería mejor otorgarles una nueva vida.

Este proyecto nace desde esa visión, si bien es un residuo localizado puntualmente en una comuna de Santiago, que se genera en un lugar específico, como es el Terminal Pesquero Metropolitano, representa un pequeño aporte, junto con la idea de plantearse qué estamos haciendo con todos esos pequeños residuos que generamos.

Refiriéndonos al proyecto en sí, se logró caracterizar el material desde el punto de vista del Diseño Industrial, cuyo trabajo e investigación se diferencia con el trabajo que pudo haber realizado un ingeniero, en que se como medida adicional, se

aborda la caracterización del material desde una dimensión a nivel de experiencia de usuario, considerando esta perspectiva a un nivel tan importante como lo es la caracterización por sus propiedades físico-mecánicas. A su vez, desde la perspectiva del Diseño Industrial, se hicieron pruebas para determinar el proceso de moldeabilidad desde la experiencia de diseño de producto, generando una matriz que funcione para la conformación de un objeto con el material, a partir de circunstancias netamente de experiencia. Más aun, se tomaron decisiones – como el porcentaje de aglomerante a utilizar – basados en el valor estético del material, y no tomando en cuenta que probablemente, a mayor concentración, resultaría un material con propiedades mecánicas superiores, constructivamente hablando.

El material que se conformó en este proyecto, responde a la visión que tiene un Diseñador Industrial, probablemente no representa la mejor receta de composición que podría haber tenido este material, desde el punto de vista que su desempeño a nivel estructural sea el óptimo, sino que se construye a partir de decisiones que hagan de este proceso el más sustentable, visualmente atractivo y fácil de trabajar posible.

Finalmente, las aplicaciones que dieron pie a la validación de las propiedades que se obtuvieron del material, se basan en la historia del residuo, tomando en cuenta de dónde proviene esta materia prima tan importante para el medio marino, por lo que se buscó honrarlo tanto estéticamente como desde su valor a nivel de composición.

VII. Proyecciones

Se plantea para este proyecto, continuar con la caracterización del material mediante ensayos y pruebas.

A su vez, se pretende completar ciertos aspectos que podrían ser un aporte para el diseño de nuevas aplicaciones, por ejemplo, cómo se comporta el material frente al desgaste por impacto, o también trabajar la posibilidad de obtener una partícula más uniforme con un proceso de molido más industrializado, siempre respetando la sustentabilidad del proceso. Además de agregar nuevas propiedades que no fueron exploradas, como la aislación térmica, acústica y resistencia al fuego.

Además, se pretende implementar este proyecto en sectores donde se acumule residuo de concha de mar, ya sea en terminales pesqueros, o directamente en centros de cosecha de moluscos.

Ya que este proyecto cuenta con 3 grandes procesos; la limpieza y eliminación de olor, junto con el molido de la concha de mar, la conformación de material y el diseño y fabricación de aplicaciones de diseño, además de ser procesos que utilizan baja tecnología, resulta factible de implementar en talleres, donde se prestaría asesoría para la puesta en marcha de cada proceso.

Lista de referencias

Amaiz R., B. B., Benítez D., Mudarra D., Vásquez K., Velazco Y (2012). Aprovechamiento del carbonato de calcio obtenido de diferentes moluscos bivalvos, para la producción de materiales de construcción en la comunidad de Guayacán, Parroquia Chacopata, Municipio Crez Salmerón Acosta, Estado Sucre. Programa nacional de formación en procesos químicos. Venezuela, Republica Bolivariana de Venezuela.

AmiChile, A. d. M. d. C. (2019). "AmiChile." Retrieved Octubre, 2019, from <https://www.amichile.com/blank>.

Appel, L. (2017). Diversificación acuícola. Salmon expert. Chile. 51.

Aqua, R. (2010). El choro araucano: Alternativa para salir a competir con el mejillón gallego. Revista Aqua. Chile, Grupo Editorial Editec SPA.

Aqua, R. (2011). "En Santiago: anoche lanzaron campaña para posicionar el mejillón chileno." Retrieved diciembre, 2019, from <http://www.aqua.cl/2011/08/26/en-santiago-anoche-lanzaron-campana-para-posicionar-el-mejillon-chileno/>.

Aros, M. N., Galvarino; Aros, Nelson (2009). "El diferencial semántico para la disciplina del diseño, una herramienta para la evaluación de productos." XIII Congreso internacional de ingeniería de proyectos.

Ashby, M. F. J., David R H (2005). Engineering Materials 1: An Introduction to Properties, Applications and Design.

Ashby, M. J., Kara (2002). Materials and Design, Elsevier.

Barnes, R. D., Ruppert E.E. (1996). Zoología de los invertebrados.

Bermudez, M. (2019). "Nácar o Madre Perla." Retrieved Noviembre, 2019, from <https://www.jewelrycooltrend.com/nacar/>.

Besednjak, A. (2005). Materiales compuestos. Procesos de fabricación de embarcaciones, Universitat Politecnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politecnica.

Castro, M. (2004). Viabilidad de la reutilización de las valvas de moluscos en procesos alternativos industriales, Universidad Austral de Chile.

Ccuno, E. (2017). "Descalcificación de un hueso." Retrieved Diciembre, 2019.

contributors, E. (2019). "Carbonato de calcio." Retrieved Septiembre, 2019, from https://www.ecured.cu/index.php?title=Especial:Citar&page=Carbonato_de_calcio&id=3481279.

Couyoumdjian, J. R. (2009). "El mar y el paladar. El consumo de pescados y mariscos en Chile desde la Independencia hasta 1930." 1(42).

Decorativas, P. (2019). Venta de granos de Carbonato de Calcio para industria y decoración.

District, M. (2013). "Oyster shell aggregate." Retrieved Noviembre, 2019, from <https://materialdistrict.com/article/oyster-shell-aggregate/>.

EcuRed (2009). "Paua." Retrieved Noviembre, 2019, from <https://www.ecured.cu/Paua>.

Erkman, S. (2001). "Industrial ecology: A new perspective on the future of the industrial system." *Swiss medical weekly* 131.

Española, R. A. (2019). *Diccionario de la lengua española*. 23ª edición.

FAO (2005 –2019). "Visión general del sector acuícola nacional." Retrieved Noviembre, 2019.

Farfán, P. (2015). *Uso de concha de abanico triturada para mejoramiento de subrasantes arenosas*, Universidad de Piura.

Frosch, R. (1992). "Industrial ecology: A philosophical introduction." 89: 800–803.

Frosch R., G. N. (1989). "Strategies for Manufacturing." *Scientific American*: 144–152.

G., C. (2011). "Ecología Industrial: innovación y desarrollo sostenible en sistemas industriales."

Goncharova, N. (2014). "¿Qué es una concha de mar?, ¿Cómo se forman las conchas marinas?". Retrieved 09/2019, from <https://deltavet.ru/es/salads/what-is-the-shell-of-the-sea-how-seashells-are-formed.html>.

GTM (2016). Carbonato de calcio, ficha de datos de seguridad. GTM.

Hamester, M. B., Palova; Becker, Daniela (2012). "Characterization of calcium carbonate obtained from oyster and mussel shells and incorporation in polypropylene." *Materials Research* 15.

international, A. D638: Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics.

international, A. D790: Standard Test Methods for flexural properties of unreinforced and reinforced plastics and electrical insulating materials.

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).

Karana, E. P., Owain; Rognoli, Valentina (2014). *Materials experience*, Elsevier.

Kowalewski M, D. R., Martinell J (2014). "Vanishing Clams on an Iberian Beach: Local Consequences and Global Implications of Accelerating Loss os Shells to Tourism,."

LABVA (2018). "Mussel shell, alginate." Retrieved Noviembre, 2019.

Lebrato, M., et al. (2010). "Global contribution of echinoderms to the marine carbon cycle: CaCO₃ budget and benthic compartments." *Ecological Monographs* 80(3): 441–467.

Martínez, O. (2011). "Estado actual del aprovechamiento de subproductos de la industria pesquera mediante la obtención de productos de alto valor añadido." Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos y Nutrición (ICTAN–CSIC).

McDonough, W. B., Michael (2002). *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*. New York.

Metropolitano, T. P. (2016). "Quiénes somos." Retrieved Octubre, 2019, from <http://terminalpesquero.cl/>.

- Miguéns, J. (2016). Diseño e instalación de una planta de tratamiento de concha de mejillón, Universidad de Cantabria.
- Molina, J. (2016). Desarrollo de un material compuesto basado en carozo de durazno y polipropileno para aplicaciones constructivas. Santiago, Universidad de Chile.
- Molina Sanhueza, J. (2019). “Golpe a relleno Santa Marta: autoridad ambiental rechazó estudio para extender vida útil por 30 años.” Retrieved diciembre, 2019, from <https://www.biobiochile.cl/especial/reportajes/2019/12/17/golpe-a-relleno-santa-marta-autoridad-ambiental-rechaza-estudio-para-extender-vida-util-por-30-anos.shtml>.
- Muñoz, L. (2019). Valorización del carozo de durazno para el desarrollo de un material compuesto sostenible y su potencial aplicación. Santiago, Universidad de Chile.
- Nuestraesfera (2014). “¿Cómo se clasifican los residuos?”. Retrieved Septiembre, 2019, from <http://nuestraesfera.cl/zoom/como-se-clasifican-los-residuos/>.
- Ochagavía, D. (2018). “Relleno Santa Marta afina proyecto de expansión para sumar 30 años de vida útil.” Retrieved Septiembre, 2019, from <http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=452119>.
- OESA, F. B. (2017). Guía de minimización de Subproductos y residuos de la acuicultura, Fundación Biodiversidad: 76.
- ProChile, D. d. P. d. E., DIRECON, Dirección General de Relaciones Económicas Internacionales (2018). Anuario de las exportaciones chilenas 2018: 57.
- Recytrans (2013). “Clasificación de los residuos.” Retrieved Septiembre, 2019, from <http://www.recytrans.com/blog/clasificacion-de-los-residuos/>.
- Rodríguez, R. (2014). Morteros para revestimiento con árido procedente de concha de mejillón. Tecnología de la construcción, Universidade da Coruña.
- Ruppert, E. E. and R. D. Barnes (1996). Zoología de los invertebrados, McGraw-Hill.
- Salud, S. d. (2014). Fiscalización realizada al Terminal Pesquero Metropolitano. S. R. M. d. M. d. S. R. Metropolitana.
- Sauerwein, M. D., Zjenja; Vette, Joost (2018). “Mussel shell – sucrose composite.” Retrieved Noviembre, 2019, from <https://materiom.org/recipe/23>.
- SMV (2018). “¿Por qué es importante regular los residuos SANDACH?”. Retrieved Septiembre, 2019, from <https://www.smv.es/por-que-regular-residuos-sandach/>.
- Subpesca (2019). Informe sectorial de pesca y acuicultura. G. d. C. Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.
- SubPesca, S. d. P. (2017). from www.economia.gob.cl.
- SubPesca, S. d. P. y. A. (2018). Informe sectorial de Pesca y Acuicultura. D. d. A. Sectorial: 21.

T13 (2016). "Tribunal Ambiental extiende por 30 días clausura temporal del vertedero Santa Marta." Retrieved Octubre, 2019, from <https://www.t13.cl/noticia/nacional/tribunal-ambiental-extiende-30-dias-mas-clausura-temporal-parcial-del-vertedero-santa-marta>.

Uchile, D. (2018). "Tribunal Ambiental responsabilizó a Consorcio Santa Marta en incendio de vertedero." Retrieved Octubre, 2019, from <https://radio.uchile.cl/2018/05/14/tribunal-ambiental-responsabilizo-a-consorcio-santa-marta-en-incendio-de-vertedero/>.

Urquieta, C. (2016). "El colapso del Terminal Pesquero: multas impagas, sumarios sanitarios y graves problemas en la cadena de frío de los pescados." Retrieved Octubre, 2019, from <https://www.elmostrador.cl/noticias/pais/2016/12/13/el-colapso-del-terminal-pesquero-multas-impagas-sumarios-sanitarios-y-graves-problemas-en-la-cadena-de-frio-de-los-pescados/>.

Verreth, J. A. J., Carillo M., Zanuy S., Huisman E.A. (1987). "Investigación Acuícola en América Latina."

Vivo, P. (2012). "Residuos, desechos, o los dos." Retrieved Septiembre, 2019, from <https://planetavivo.cienradios.com/residuos-o-desechos-o-los-dos/>.

Wechsler, A. (2013). Sustainable Particleboards: Renewable building materials from agricultural and forestry by-products.

Yévenes, P. (2012). "El 68% de los vertederos opera al margen del reglamento sanitario." Retrieved octubre, 2019, from <http://www.chiledesarrollosustentable.cl/noticias/el-68-de-los-vertederos-opera-al-margen-del-reglamento-sanitario/>.

