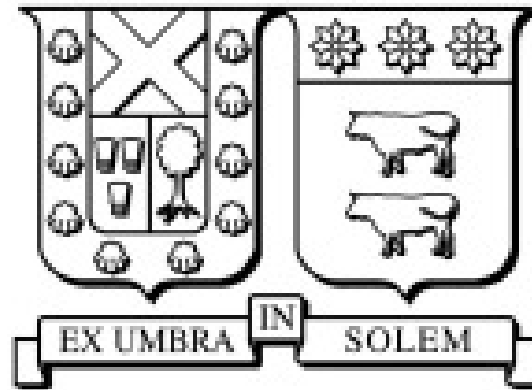


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA EN DISEÑO
VALPARAÍSO – CHILE



**DESARROLLO DE UN MATERIAL DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL CON RESIDUOS DEL
RECAUCHAJE, ENFOCADO EN MEJORAR LAS PROPIEDADES DE PRODUCTOS DE CEMENTO Y
DERIVADOS.**

CRISTÓBAL IGNACIO PEÑA HERRANZ
MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO EN DISEÑO DE PRODUCTOS
PROFESOR GUÍA: EDUARDO PIÑONES ZULETA
AGOSTO 2023

AGRADECIMIENTOS |

Me gustaría agradecer a cada una de las personas y entidades que fueron parte de este proceso. En primer lugar, a la empresa de recauchaje “INSAMAR” por su colaboración e interés en darle nueva vida a sus residuos, y a la empresa de remodelación “FLX” por su gran aporte de conocimiento, herramientas y materiales. Parte importante del desarrollo de esta memoria es gracias a su cooperación.

También, a los profesores que me formaron durante la carrera y me otorgaron las herramientas y conocimientos necesarios para llegar a esta etapa de buena forma.

A los compañeros con los que compartí cada semestre y las buenas amistades que surgieron de ahí, como el equipo de “Träna”, quienes han sido mis mejores amigos en la universidad, y al equipo rueda “Rubby”, que gracias al gran proceso que vivimos, se generó un gran crecimiento profesional y formaron los cimientos de esta memoria.

A las bellas amistades nuevas, y a mis amigos de toda la vida por estar incondicionalmente en cada momento importante y apoyarme siempre.

También a mis 2 gatas, que son como mis hijas, por ser mi mayor compañía en este proceso.

A mi linda familia, mi abuela, mis primas, mi hermana y a mis padres, que han sido los pilares de mi vida, y de quienes estaré infinitamente agradecido por todo lo que han hecho por mi cada día.

Finalmente, me gustaría agradecerme a mí mismo, por creer en mis capacidades, por el esfuerzo y dedicación en estos años que me han permitido llegar hasta aquí.

DEDICATORIA |

Quiero dedicar este trabajo y proceso a mi abuelo Luis Peña del Valle, que en paz descanse. Una de mis metas en la vida era que me viera terminar la carrera, pero como dice Thomas Bernhard en el libro Trastorno, “Lo más bonito es lo imprevisto.”

También quiero dedicar esto a mis padres, la razón de mis logros y los que más orgullosos están de cada paso que doy. Esto es por y para ellos.

RESUMEN |

El presente trabajo corresponde a una investigación centrada en la búsqueda y desarrollo de materiales de bajo impacto ambiental, específicamente en el área del cemento y derivados. Esto se obtendría a través de la implementación de caucho proveniente de la industria del recauchaje a las diferentes mezclas y variedad de productos estudiados. Lo que se busca con esto es mejoras en el material o producto, como pueden ser sus propiedades mecánicas, físicas, su costo de producción, y hasta la apariencia superficial.

Esta búsqueda nace a raíz de la necesidad que tienen las recauchadoras de hacer buen uso de sus desechos neumáticos y no generar desperdicios.

A lo largo de esta memoria se pasará por diferentes procesos necesarios para llegar a un producto mejorado y validado con potenciales clientes y usuarios. Estos procesos son necesarios para pasar por las distintas etapas del diseño y llegar a un producto apropiado. En un comienzo se debe optar por alguna metodología que se adapte a la temática y el contexto, para luego seguir los pasos de esta. En este caso la

metodología Design Thinking guía este trabajo a través de diferentes fases para conocer al usuario y las problemáticas que hay en su entorno, para luego pasar a la generación de ideas y un posterior prototipado y testeo.

Al estar trabajando en desarrollar materiales nuevos, las posibilidades se expanden bastante, por lo que tener lineamientos claros y generar filtros en cada fase se vuelve una tarea de suma importancia para no divagar con conceptos que no lleguen a ningún lado. Con esto claro, siguiendo la metodología de manera correcta y teniendo validaciones de valor, se logrará mejorar las características de los productos y materiales de cemento y derivados.

En este caso en particular se llega al concepto de mejorar la flexibilidad de adhesivos cerámicos agregando partículas de caucho proveniente de empresas de recauchaje. Realizando un primer prototipo con diferentes composiciones en cuanto a los tamaños del caucho, y luego una segunda tanda de prototipos para descubrir la mejor proporción de caucho en la mezcla. Mostrando que la mas apta para ser evaluada

técnicamente es la mezcla con 4% de caucho en proporción al adhesivo.

Para el testeo se llevaron 2 probetas, una con 4% caucho y otra mezcla sin caucho, ejerciéndoles una fuerza central con 2 puntos de apoyo para conocer la resistencia a la flexión que estos tienen y así tener un punto de comparación.

Los resultados obtenidos en esta investigación muestran que agregar caucho en esta cantidad permite mejorar aproximadamente en un 30% la resistencia a la flexibilidad y soportar un 50% mas de carga en el centro que une los cerámicos.

ABSTRACT |

The present work corresponds to an investigation focused on the search and development of environmentally friendly materials, specifically in the field of cement and its derivatives. This would be achieved through the incorporation of rubber waste from retread industries into different mixtures and a variety of studied products. What is sought with this research is to enhance the material or product, improving its mechanical and physical properties, production cost, and even its surface appearance.

This search arose from the necessity of re-treading companies to make good use of their tire waste and not generate more of it.

Throughout this report, various necessary processes will be undertaken to reach an improved product validated with potential customers and users. These processes are essential to go through different stages of design and arrive at an appropriate product.

Initially, it is necessary to choose a methodology that fits the theme and context and then follow its steps. In this case, the Design Thinking methodology guides this work through different phases to understand the user and the problems

present in their environment, which leads to idea generation, prototyping, and testing.

Working on developing new materials opens a lot of possibilities, so having clear guidelines and creating filters at each stage becomes a task of utmost importance to avoid getting lost in concepts that lead nowhere. With this clarity, by following the methodology correctly and having value validations, the characteristics of cement and derivative products and materials will be improved.

In this particular case, the concept revolves around enhancing the flexibility of ceramic adhesives by adding rubber particles sourced from retreading companies. A first prototype was created with various compositions in terms of rubber particle sizes, followed by a second batch of prototypes to determine the optimal rubber-to-adhesive ratio. It was revealed that the most suitable mix for technical evaluation is the one containing 4% rubber in proportion to the adhesive.

For testing, two samples were taken: one with 4% rubber and another mixture without rubber. A central force was applied to these samples with

two points of support to measure their flexural strength and establish a basis for comparison. The results obtained in this research indicate that adding rubber in this amount leads to an improvement of approximately 30% in flexural strength and enables a 50% increase in load-bearing capacity at the center where the ceramics are joined.

AGRADECIMIENTOS | 2

DEDICATORIA | 4

RESUMEN | 5

ABSTRACT | 7

ÍNDICE | 9

 ÍNDICE DE FIGURAS | 11

 INDICE DE TABLAS | 14

 INDICE DE ANEXOS | 15

INTRODUCCIÓN | 16

OBJETIVOS | 17

 OBJETIVO GENERAL 17

 OBJETIVOS ESPECIFICOS 17

CONTEXTO | 18

 Genesis del proyecto: 18

 Estado del arte: 21

 Technology Readiness Level: 37

METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS | 40

 Design Thinking: 40

 Agile: 43

 Waterfall: 44

CAPÍTULO 1.....	48	5.1 SEGUNDO PROTOTIPO.....	113
CAPÍTULO 1 - EMPATIZAR.....	49	5.2 ENSAYOS MECÁNICOS.....	119
1.1 EMPATIZAR.....	50	MODELO DE NEGOCIOS 	122
CAPÍTULO 2.....	57	CONCLUSIONES 	123
CAPÍTULO 2 - DEFINIR	58	TRABAJO FUTURO 	125
CAPÍTULO 3.....	64	REFERENCIAS 	127
CAPÍTULO 3 - IDEACIÓN	65	ANEXOS 	132
3.1 ANÁLISIS PROBLEMÁTICAS	66		
3.2 MAPA MENTAL.....	71		
3.3 SELECCIÓN DE IDEAS.....	76		
3.4 ANÁLISIS DE MERCADO.....	80		
CAPÍTULO 4.....	88		
CAPITULO 4 - PROTOTIPADO	89		
4.1 OBJETIVOS DE CADA PROTOTIPO	90		
4.2 METODOLOGÍA DE PROTOTIPADO	91		
4.3 ELABORACION DE LOS MVP	92		
4.4 EVALUACION DE RESULTADOS...	104		
4.5 IDEF0.....	110		
CAPÍTULO 5.....	112		
CAPÍTULO 5 – TESTEO Y MEJORAS.....	113		

ÍNDICE DE FIGURAS |

Fig. 1 - ODS (Organización de las Naciones Unidas, 2016)	18
Fig. 2 - Cylindrical samples from C1 to C7 composites (Santos et al., 2015).....	21
Fig. 3 - Plot of the interaction effect between quartz substitution and w/c ratio on the mean compressive strength (Santos et al., 2015).....	22
Fig. 4 - Main effect plot of w/c ratio for the mean bulk density. (Santos et al., 2015)	23
Fig. 5 - Prepared sample of chipped rubber aggregates (Okolnikova et al., 2023)	25
Fig. 6 - Flexural strength of rubber fiber cement composites (Kajon et al., 2023).....	27
Fig. 7- Flexural strength of fully cured rubber cement composites (28 days) (Kajon et al., 2023)	28
Fig. 8 - Flexural strength of rubber fiber cement composites (Kajon et al., 2023).....	28
Fig. 9 - Scanning electron micrographs of used crushed sand.....	33
Fig. 10 - General aspect of used rubber waste (Mohamed & Djamila, 2018).....	33
Fig. 11 - Slump of crushed sand concrete as function of rubber waste content. (Mohamed & Djamila, 2018).	34

Fig. 12 - Bulk density of crushed sand concrete as function of spent (Mohamed & Djamila, 2018).	34	Fig. 23 (Encuesta sobre productos y materiales sostenibles.)	54
Fig. 13 - Flexurel strength of crushed sand concrete as function of rubber waste content. (Mohamed & Djamila, 2018).....	35	Fig. 24 (Encuesta sobre productos y materiales sostenibles.)	55
Fig. 14 - Compressive strength of crushed sand concrete as function of rubber waste content. (Mohamed & Djamila, 2018).....	35	Fig. 25 (Encuesta sobre productos y materiales sostenibles.)	55
Fig. 15 - Technology Readiness Level (TRL) (Tzinis, 2015).....	38	Fig. 26 - Mapa mental	72
Fig. 16 - (Hasso Plattner Institute of Design, 2010).....	40	Fig. 27 - (Cámara de Comercio de Santiago, 2022)	84
Fig. 17 - (IDEO Design Thinking, 2019)	41	Fig. 28 - Preparación de materiales	92
Fig. 18 - Implementation steps to develop a large computer program for delivery to a customer. (Royce, 1970)	45	Fig. 29 Mezcla adhesivo, caucho triturado y polvo	94
Fig. 19 (Encuesta sobre productos y materiales sostenibles.)	50	Fig. 30 - Cerámicas sobre adhesivo con fibras y polvo de caucho	94
Fig. 20 (Encuesta sobre productos y materiales sostenibles.)	51	Fig. 31 - Mezcla adhesivo y polvo de caucho .	95
Fig. 21 (Encuesta sobre productos y materiales sostenibles.)	51	Fig. 32 - Espesor adhesivo con fibras y polvo	95
Fig. 22 (Encuesta sobre productos y materiales sostenibles.)	54	Fig. 33 - Instalación cerámicos.....	95
		Fig. 34 - - MVP fibras y polvo secado	96
		Fig. 35 - MVP secado	96
		Fig. 36 – Apariencia mezcla MVP pastelones con fibras.....	97
		Fig. 37 – Mezcla MVP pastelones con fibras ..	98
		Fig. 38 – Mezcla en molde para MVP pastelones con fibras	98
		Fig. 39 – MVP pastelón secado	98
		Fig. 40 - MVP pastelón secado	99

Fig. 41 - Base pastelón.....	99	Fig. 62 Datos probeta sin caucho	121
Fig. 42 – Preparación MVP Esculturas	101	Fig. 63 - Modelo de negocios	122
Fig. 43 - Mezcla Caucho triturado y en polvo (1)	101		
Fig. 44 - Mezclas 1 y 2 en los moldes	102		
Fig. 45 - Mezcla con polvillo y cemento esculturas	102		
Fig. 46 - Figuras secadas	102		
Fig. 47 - Piezas decorativas secas.....	103		
Fig. 48 - Piezas decorativas parte trasera.....	103		
Fig. 49 - IDEF0 Adhesivo mejorado	111		
Fig. 50 - IDEF0 Adhesivo mejorado detallado	111		
Fig. 51 - Preparación materiales segundo prototipo.....	114		
Fig. 52 - Mezcla caucho triturado (1).....	114		
Fig. 53 - Aplicación mezcla (1)	115		
Fig. 54 - Cerámicas con mezcla (1)	115		
Fig. 55 - Mezcla (2).....	116		
Fig. 56 - Mezcla (3).....	116		
Fig. 57 - Cerámicas fijadas.....	117		
Fig. 58 - Cerámico de mezcla (2)	117		
Fig. 59 - Adhesivos segundo prototipo secados	118		
Fig. 60 Pilot pro con probeta cerámica.....	120		
Fig. 61 Datos probeta con caucho	120		

INDICE DE TABLAS |

Tabla 1- Waste rubber tyre categorization. (Okolnikova et al., 2023)	24
Tabla 2 - Mixing compositions for the cement composites (Kajon et al., 2023).....	27
Tabla 3 - Caucho reciclado en polvo procedente de neumáticos fuera de uso (NFU). Propiedades físicas y análisis químico. (Cura et al., 2019)..	29
Tabla 4 - Propiedades de las fibras utilizadas (Cura et al., 2019)	30
Tabla 5 - Denominación de series elaboradas con polvo de caucho NFU (Cura et al., 2019).....	30
Tabla 6 - Denominación de series elaboradas con fibra de caucho NFU (Cura et al., 2019)	31
Tabla 7 - Densidad aparente. Resistencia a flexión y a compresión. Módulo de (Cura et al., 2019)	31
Tabla 8 (H.W. S. DE JONG et al., 2011).....	69
Tabla 9 (Parámetros y valores).....	76
Tabla 10 (Evaluación de ideas).....	78
Tabla 11 - Materiales y proporciones MVP adhesivo cerámico	93
Tabla 12 - Materiales y proporciones MVP pastelones con caucho.....	97
Tabla 13 - Proporciones MVP escultura	100
Tabla 14 - Proporciones segundo prototipo ..	113
Tabla 15 Resultados test flexibilidad.....	120

INDICE DE ANEXOS |

Anexo 1 - (CINC - Cámara de la Industria del Neumático de Chile A.G., 2020)	132
Anexo 2 - (CINC – Cámara de la Industria del Neumático de Chile A.G., 2019)	133
Anexo 3	134
Anexo 4	135
Anexo 5	136
Anexo 6	137
Anexo 7	138
Anexo 8	139
Anexo 9 Clasificación de adhesivos según norma UNE 12004	140

INTRODUCCIÓN |

Durante el año 2019, solo en Chile se generaron más de 140 mil toneladas Neumáticos Fuera de Uso (NFU), y con un crecimiento del 41% desde el 2011 (CINC - Cámara de la Industria del Neumático de Chile A.G., 2020). De esta misma forma la Cámara de la industria de neumático de Chile ha propuesto metas en base a la ley REP (LEY 20920, 2016) para los NFU, en el que se espera que para el año 2024 se recuperen 82.800 toneladas de NFU y se pueda valorizar el 65% de estos.

Una de las formas de valorizar neumáticos es el recauchaje, que, si bien es un aporte a la economía circular y logra alargar la vida útil de los neumáticos, hay un proceso llamado raspado en el que se genera un único desecho dentro de la empresa, conocido como pureta o aserrín de caucho, el cual es generado en toneladas de manera semanal.

En una búsqueda por darle una nueva vida útil a este residuo, se trabajará a lo largo de esta memoria en mejorar el rendimiento de materiales ocupando el caucho como complemento y posteriormente aplicarlos en productos de manera adecuada.

OBJETIVOS |

OBJETIVO GENERAL

1. Desarrollar un material innovador utilizando residuos del recauchaje con el fin de mejorar las propiedades físicas, estéticas y/o funcionales de diversos productos y aplicaciones.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Identificar los residuos generados durante el proceso de recauchaje y estudiar el estado del arte relacionado a su reutilización.
2. Identificar potenciales usuarios, problemáticas y usos de un nuevo material sustentable basado en la reutilización de caucho.
3. Desarrollar un material nuevo agregando caucho que cumpla con los requerimientos mecánicos de la aplicación seleccionada.
4. Desarrollar un producto utilizando la mezcla con cucho para solucionar alguna problemática asociada a su versión sin este material.
5. Evaluar su aplicación y validar su funcionamiento con usuarios relevantes.

CONTEXTO |

Genesis del proyecto:

Durante el primer semestre del 2022 se dictó el ramo “Taller de Productos VII” correspondiente a los alumnos de la generación de ingreso 2018 de ingeniería en diseño de productos. Donde una de las primeras tareas de esta asignatura consistió en investigar a cerca de los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible) a través de la web de la ONU (Organización de las Naciones Unidas) para luego preseleccionar 3 objetivos con las que cada estudiante se sienta motivado o identificado. Un ejemplo de esto puede ser: Elegir las ODS 1, 10 y 12 como se pueden ver en la (Fig. 1).



Fig. 1 - ODS (Organización de las Naciones Unidas, 2016)

En base a esta selección, cada estudiante debía agruparse de a 3 o 4 con quienes tengan similitud en las ODS, esto con la finalidad de tener una visión similar en el equipo sobre cómo les gustaría ayudar al mundo y poder trabajar sobre lineamientos donde todos se sientan cómodos. De este modo se formaron los grupos correspondientes, y para el caso específico de esta tesis comenzó todo con un equipo de trabajo el cual quiso enfocar su labor en ODS como la 9, 11 y 12. Aquí se acordó como equipo que el común denominador de estas y el enfoque donde se buscara resolver un problema, radica en la recuperación de desechos y residuos, para así aprovechar de mejor manera su uso y que estos no continúen siendo un elemento que eleve los niveles de contaminación mundial. Teniendo esto en cuenta el equipo se encontró con una ley relativamente nueva en Chile, la ley REP (LEY 20920, 2016), la cual tiene por objetivo disminuir la generación de residuos y promover su reutilización, reciclaje y otro tipo de valorización. Aquí se expone que existen actualmente ciertos elementos sin uso, cuya recuperación es de urgencia para combatir el manejo de desechos, algunos de estos son baterías, envases y

embalajes, pilas, aparatos eléctricos y neumáticos.

El crecimiento exponencial de vehículos en Chile y la complejidad de la biodegradación de los neumáticos despertaron el interés en buscar oportunidades para el uso de estos desechos. Por otra parte, es sabido que la venta de vehículos en este último tiempo en el país supera las 400 mil unidades anuales (Gutiérrez Campos, 2022), lo que ha llevado a buscar soluciones creativas para reducir su impacto ambiental.

La empresa INSAMAR, ubicada en Curauma región de Valparaíso, se ha destacado como pionera en recauchaje en Chile y se ha enfocado en encontrar oportunidades para aprovechar los desechos generados durante los distintos procesos de la empresa. Uno de estos es el raspado, en el cual produce un material llamado "pureta" o aserrín de caucho, INSAMAR por su parte se encarga de comercializar a empresas y emprendimientos interesados en darle una segunda vida útil. Esta iniciativa se ha convertido en una solución práctica y sostenible para reducir el impacto ambiental de los neumáticos en el país, y ha demostrado cómo la economía circular

puede ayudar a alargar la vida útil de los recursos y reducir la cantidad de residuos.

Teniendo en cuenta la oportunidad encontrada, fue necesario ampliar las opciones para poder trabajar con esta nueva materia prima. Ante esta situación se encontró una investigación que busca conocer el rendimiento del yeso en combinación con partículas de caucho, "el objetivo era investigar los compuestos a base de yeso, con una incorporación en masa de, 5, 10 y 15%, de dos grados de residuos de caucho vulcanizado de los procesos de recauchutado de neumáticos. (Pinto et al., 2020). Este documento fue de gran importancia en los inicios del equipo de trabajo, que para ese momento pasaría a llamarse Rubby, una empresa ficticia para fines académicos prácticos, siendo el nombre un juego de palabras con la traducción de caucho o goma al inglés "Rubber". La relevancia de la investigación encontrada va en el rubro al que Rubby deseaba apuntar, con estos datos se iniciaron procesos de ideación como lo es el brainstorming, agrupando cada idea en categorías diferentes según un posible uso final para el caucho. Finalmente, el equipo se decantó por el uso de yeso y pureta para la creación de

paneles de interior para los hogares, para ese momento el valor agregado del producto se encontraba en las propiedades físicas y mecánicas que iba a proporcionar en las casas. Este concepto cambiaría en el momento en que Rubby entro al programa Jump Chile, el cual busca impulsar la creación de nuevas empresas en Chile a través de herramientas, recursos y actividades para apoyar a los emprendedores en todas las etapas del proceso, enfocadas en estudiantes de Educación Superior de Chile y Latinoamérica. Aquí se trabajó durante 6 meses en el desarrollo y mejora del proyecto, donde cabe destacar que Rubby fue finalista, quedando dentro de los 10 mejores proyectos entre más de 500 equipos. Jump por su parte apporto en nuevas perspectivas e ideas para el proyecto, con esto el enfoque final y valor agregado ahora estaría puesto en algo estético y ecológico más allá que en las funciones mecánicas que este pueda otorgar a los muros. Principalmente por razones de marketing y forma en que este se iba a comercializar, ya que darle un valor estético va más de la mano con las demandas del mercado actual y las necesidades de innovar para ser

competitivos en un ambiente tan amplio como es el de diseño de interior.

En cuanto al contexto actual, es importante recalcar la urgencia que existe a nivel país por recuperar los neumáticos y darles una nueva vida, con el objetivo de evitar que estos sean un desecho, como se puede apreciar en el (Anexo 1), solo en Chile en 2019 se generaron más de 140 mil toneladas de Neumáticos Fuera de Uso (NFU), y con un crecimiento del 41% desde el 2011. De esta misma forma y como se ve en el (Anexo 2), la Cámara de la industria de neumático de Chile (CINC) ha propuesto metas en base a la ley REP para los NFU, en el que se espera que para el año 2024 se recuperen 82.800 toneladas de NFU y se pueda valorizar el 65% de estos. (CINC - Cámara de la Industria del Neumático de Chile A.G., 2020)

Esta información es una prueba de que, en la actualidad, ha comenzado un creciente interés por el uso de residuos de caucho, especialmente en la construcción, debido a que estos materiales pueden ser una alternativa sostenible y económica a los materiales convencionales, puesto que el caucho ya sea en su formato

granulado o triturado queda como una nueva materia prima dispuesta a implementarse.

Estado del arte:

Hoy en día, existen diversos artículos que hablan sobre la combinación de caucho con algún otro material, ya sea para llegar a un producto determinado o netamente medir las propiedades físicas o mecánicas que esta mezcla adquiere.

Uno de los materiales más usados en la construcción sin duda es el cemento. En la última década se ha encontrado que solo en Chile su consumo ronda los 5,4 millones de toneladas anuales. (Angeles Briones et al., 2020)

En esta área en particular nos encontramos con un artículo que estudia las propiedades físicas y mecánicas de compuestos de cemento en

combinación con partículas de neumáticos reciclados.

Investigación 1:

“Compuestos de cemento con partículas de caucho provenientes del reciclaje.”

Para este experimento, los investigadores realizaron 28 muestras de mezclas basadas en el remplazo de cuarzo por residuos de caucho, esto en diferentes proporciones y dimensiones del caucho. Además, para el análisis estadístico se utilizó el software Minitab versión 14. Algunas de las muestras se pueden apreciar de mejor manera en la (Fig. 2).

La investigación va guiada por un diseño factorial completo de tipo n^k , el cual consiste en investigar todas las posibles combinaciones de los factores

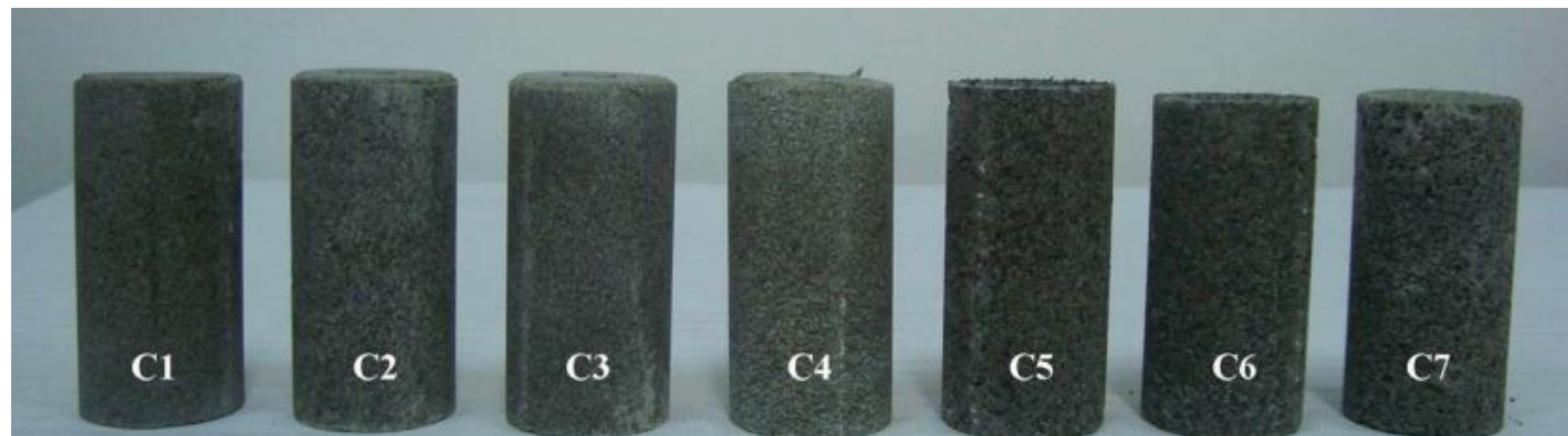


Fig. 2 - Cylindrical samples from C1 to C7 composites (Santos et al., 2015)

experimentales (k) y los respectivos niveles (n). El resultado de la factorial n^k corresponde al número de condiciones experimentales investigadas (Wu & Hamada, 2000).

Para poner un poco más en contexto la investigación, un diseño factorial corresponde a un tipo de experimento que permite estudiar los efectos que diferentes agentes pueden tener como resultado. Variar los niveles de todos los factores al mismo tiempo en lugar de uno a la vez permite estudiar las interacciones entre los factores al realizar un experimento.

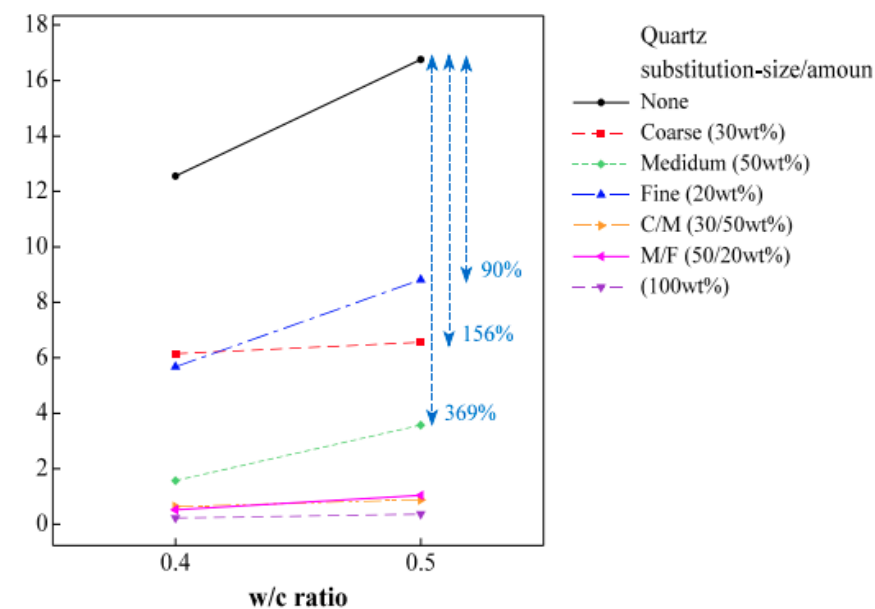


Fig. 3 - Plot of the interaction effect between quartz substitution and w/c ratio on the mean compressive strength (Santos et al., 2015)

Los resultados muestran que el uso de partículas de caucho logra reducir la densidad promedio, la resistencia a la compresión y el módulo elástico, y aumenta la porosidad aparente, la absorción de agua y la permeabilidad. Además, se descubrió que cuando se utilizan partículas de gran tamaño, se presentan poros más grandes en los compuestos.

Se destaca también, que al existir una menor relación agua/cemento en esta investigación, no hubo una hidratación completa para el proceso de mezcla y posterior secado, lo que redujo aún más el rendimiento mecánico general. Sin embargo, algunas configuraciones o mezclas de compuestos de cemento han logrado mostrar propiedades mecánicas aceptables para aplicaciones no estructurales en ingeniería civil (Santos et al., 2015).

Una de las características a destacar sin duda es como fue alterada la resistencia a la compresión del material. En particular los valores con menor resistencia a la compresión corresponden a los compuestos producidos con la relación agua/cemento más baja y el mayor porcentaje de partículas de caucho. Por lo que su uso en

estructuras no se ve muy prometedor, no descartando su uso en otras áreas. Esto se puede apreciar mejor en la (Fig. 3). Es importante dejar en claro cuál es la nomenclatura con la que se trabaja este gráfico y la investigación en sí, para esto las partículas de cuarzo y caucho se clasificaron mediante un proceso de tamizado en 3 rangos de tamaños, el primero y más grande va desde 1.18 mm a 600 μm corresponde a grueso o “C” por su nombre en inglés coarse, luego sigue el tamaño mediano o “M” desde los 600 μm a los 300 μm y finalmente las fracciones finas o “F”, que van desde 300 μm hasta 150 μm .

Por otro lado, es importante considerar que existe un aumento directamente proporcional de la densidad aparente promedio con la relación agua/cemento, específicamente un crecimiento del 7%, como se puede apreciar en la (Fig. 4). Cabe destacar que la densidad aparente corresponde a “La masa de un sólido a granel que ocupa un volumen unitario en un lecho, incluyendo el volumen de todos los espacios vacíos entre partículas. Es importante tener en cuenta que un polvo en realidad es una mezcla de partículas y gas con espacios tanto entre

partículas como dentro de las partículas mismas” (Fitzpatrick, 2013).

En general, el aumento de la cantidad de agua en productos a base de cemento suele provocar una reducción de la densidad. Pero en este caso, el comportamiento se contrasta con la tendencia general. Claramente, manteniéndose dentro de los parámetros de las proporciones que componen una mezcla de cemento genérica.

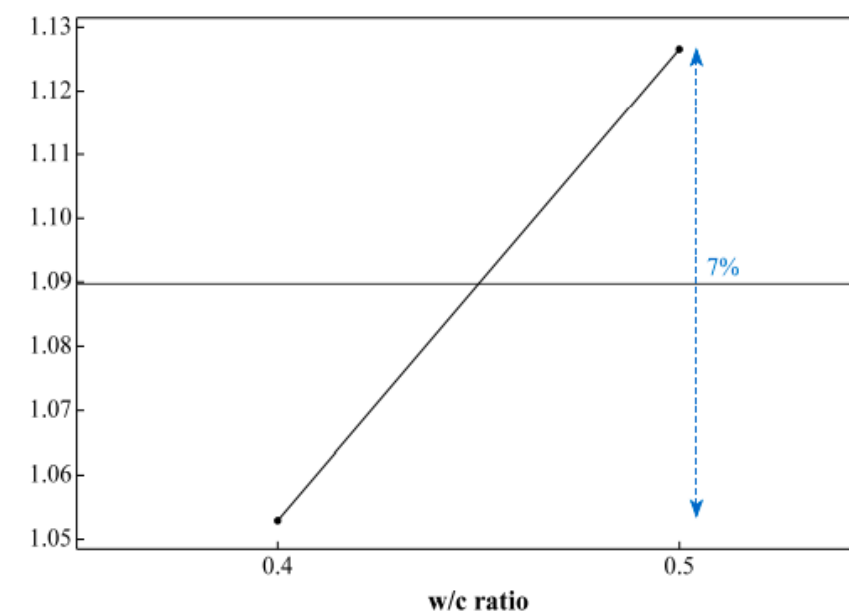


Fig. 4 - Main effect plot of w/c ratio for the mean bulk density. (Santos et al., 2015)

Investigación 2:

“Fuerza de compresión de concreto con caucho triturado como agregado”.

Pasando a otra investigación, y retomando una arista de la previamente mostrada, nos encontramos con un artículo de The Open Civil Engineering Journal. Donde el tema central es estudiar la resistencia a la compresión (f^c) del concreto con caucho triturado como agregado grueso o RCAC por sus siglas en inglés (Rubber Coarse Aggregate Concrete), y también identificar áreas relevantes para una mejor sostenibilidad, con la finalidad de reducir la tasa de desperdicio de caucho y la degradación del medio ambiente. Muchos países tienen problemas para reciclar neumáticos de caucho, por lo que una opción que se propone para darle una nueva vida a estos residuos es usarlos como parte de nuevos materiales.

Cabe destacar que el trabajo mencionado fue basado en el estudio exhaustivo de

investigaciones previas, por lo que se entiende como una síntesis de resultados anteriores.

Se consideró el uso de diferentes categorías para cada tamaño del caucho, este se puede ver de mejor manera en (Tabla 1), teniendo muestras desde 0,0075mm hasta los 76mm. Estas variantes permiten analizar como el tamaño de la muestra puede alterar las propiedades del material. Se pude apreciar en la (Fig. 5) una muestra de los trozos triturados utilizados o denominados “chipped”.

Type	Size	Application in Concrete
Shredded/chipped	Shredded Stage (1) Length: 300mm-430 mm Width: 100mm-230mm Stage (2) Length: 100mm-150mm Chip 13mm- 76mm	Gravel replacement
Crumb rubber	0.425mm- 4.75mm	Sand replacement
Ground rubber	0.0075mm- 0.475mm	Cement replacement
Fiber rubber	Length: 8.5mm-21.5mm	Reinforced fiber

Tabla 1- Waste rubber tyre categorization. (Okolnikova et al., 2023)



Fig. 5 - Prepared sample of chipped rubber aggregates (Okolnikova et al., 2023)

En cuanto a los resultados encontrados en esta investigación, se destaca que:

1. Aumentar la cantidad de caucho en la mezcla del concreto, produce una baja en la densidad de este, por otro lado, esta baja de densidad se incrementa al usar el caucho en polvo. La reducción de densidad lo convierte en algo que se puede denominar concreto liviano.
2. En comparación a una mezcla de concreto genérica, el concreto con caucho tiene una f^c más baja, pero si se agregan fibras (polímero o acero) a la mezcla, se puede observar una f^c mejorada. Si la sustitución de la mezcla

total de caucho no supera el 20% se puede tolerar una disminución de f^c . Superada esta proporción la reducción es significativa.

3. Al hacer mezclas de concreto con caucho, y utilizando algún agente de acoplamiento o fibras, se puede reducir la pérdida de f^c .
4. El uso de caucho como agregado al concreto logra promover un ambiente más eco amigable y colabora con los ODS de las Naciones unidas, esto debido a que se evita su eliminación con métodos como la quema, vertederos, o la naturaleza.
5. Algunos investigadores sugieren que el concreto con caucho triturado tiene una mayor tenacidad

Desde un punto de vista más económico se considera que el utilizar caucho triturado, logra reducir el costo de producción, esto debido al remplazo de material y el bajo costo que supone el caucho reciclado. La reducción de los costos de producción al utilizar caucho triturado puede tener un impacto significativo en la viabilidad económica de posibles proyectos. Al reducir los

gastos relacionados con los materiales, se pueden lograr ahorros significativos, lo que puede permitir una mayor rentabilidad o la asignación de recursos adicionales a otras áreas del proyecto. (Okolnikova et al., 2023).

Investigación 3:

“Incorporación de desechos de caucho a compuestos de cemento con fibras”

En búsqueda de más documentos que avalen los lineamientos de esta memoria, nos encontramos con un artículo que compara las propiedades físicas, mecánicas y térmicas de un compuesto de cemento y desechos de neumáticos de caucho para su aplicación en techos. Aquí se destaca el análisis de 2 compuestos, las partículas de caucho preparadas a partir de desechos de neumáticos de caucho (R_T) y las bandas de caucho rellenas de carbonato de calcio (R_B). Estas se mezclaron con cemento para luego ser sometidas a pruebas de trabajabilidad y resistencia a flexión.

La trabajabilidad se comprende como “la aptitud de una mezcla de hormigón fresco para ser mezclada, transportada, colocada, compactada y acabada, sin esfuerzos excesivos y sin

segregación, para las características del elemento y los medios disponibles en la obra.” (AATH, 2022).

Esta trabajabilidad fue medida utilizando el método de la mesa de flujo según la norma ASTM C1437. Una mesa de flujo sirve para determinar la consistencia y flujo de los morteros de cemento hidráulico y pastas de cemento. Por otro lado, la resistencia a la flexión se determinó bajo la norma ASTM C293 (Carga al centro), usando una máquina de ensayo universal (Chun Yen Testing Machines CY-6040A4). Y por último la conductividad térmica se midió bajo las normas ASTM C518, utilizando un medidor de conductividad térmica (EKO Instruments HC074). (Kajon et al., 2023)

El basarse en metodologías así, regirse por las normas ATSM, y utilizar máquinas de medición precisas permiten obtener resultados confiables y de alta calidad, minimizando los porcentajes de error y facilitando una posible toma de decisiones.

Para este análisis se elaboraron diferentes mezclas, cada una con diferentes composiciones de materiales y proporción de agua/cemento

(W/C) de 0.5 en todas. Esto se puede apreciar de mejor manera en (Tabla 2). Es importante recalcar que aquí la nomenclatura del apartado “Formula” corresponde a las proporciones volumétricas de R_T y R_B , por ejemplo, $CR_{T.75/B.25}$ tiene un 75% de τ y un 25% de ν . Así mismo, la letra “F” corresponde al uso de fibra de aceite de palma en la mezcla.

Antes de pasar a los resultados que se lograron obtener, nos encontramos con ciertos criterios previos, el primero de estos se determinó con resultados preliminares, e implica que el compuesto fresco debe tener una trabajabilidad mínima de 18% para poder agregar las fibras. Además de esto, el compuesto curado debe

tener una resistencia a la flexión de al menos 18MPa, a fin de cumplir la norma TIS 1427-2540.

Teniendo esto en cuenta, se rescatan los siguientes resultados a partir de la (Fig. 6):

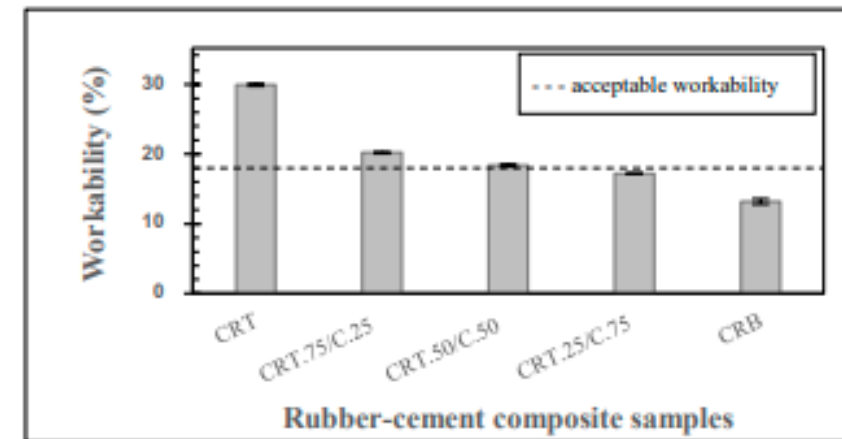


Fig. 6 - Flexural strength of rubber fiber cement composites (Kajon et al., 2023)

Formula	High early strength portland cement, C [g]	Oil-palm fiber, F [g]	Waste tire rubber, R_T [g]	Waste calcium carbonate filled rubber band, R_B [g]	W/C ratio
CR_T	100.0	-	50.0	-	0.5
$CR_{T.75/B.25}$	100.0	-	37.5	8.3	0.5
$CR_{T.50/B.50}$	100.0	-	25.0	16.7	0.5
$CR_{T.25/B.75}$	100.0	-	12.5	25.0	0.5
CR_B	100.0	-	-	33.0	0.5
CFR_T	100.0	10.0	50.0	-	0.5
$CFR_{T.75/B.25}$	100.0	10.0	37.5	8.3	0.5
$CFR_{T.50/B.50}$	100.0	10.0	25.0	16.7	0.5

Tabla 2 - Mixing compositions for the cement composites (Kajon et al., 2023)

- Los compuestos con partículas de caucho preparadas con mayor porcentaje de desechos de neumáticos de caucho (R_T) tienen una trabajabilidad superior a las hechas con un R_B mayor. Es más, superando el 50% de R_B , se está por debajo de la trabajabilidad aceptable.
- Debido al punto anterior, se puede ver en la (Tabla 2) que las mezclas que incluyen fibras de palma solo son aquellas que tienen un R_B por debajo del 50%.
- En el documento se plantea la hipótesis de que el carbonato de calcio en la banda de caucho podría ser el causante principal de una menor trabajabilidad.

Pasando a otro resultado, tenemos la resistencia a la flexión de las muestras, aquí se hizo una medición de las 5 muestras principales y las 3 mezclas con fibra. En la (Fig. 7) se aprecia un resultado positivo para la mayoría de las muestras, superando el estándar industrial establecido en las mezclas con presencia de R_T igual o mayor a 50%. Por otro lado, en la (Fig. 8) se ven los

resultados de las mezclas con fibras, obteniendo resultados iguales o mejores que sin fibras.

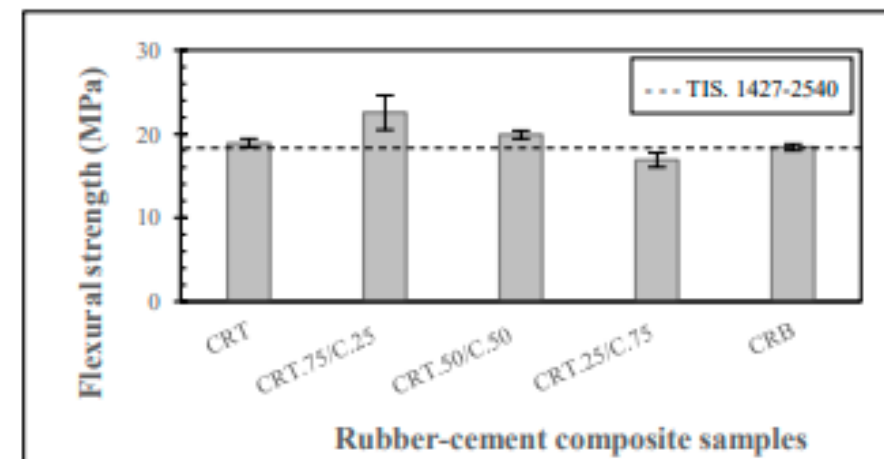


Fig. 7- Flexural strength of fully cured rubber cement composites (28 days) (Kaion et al., 2023)

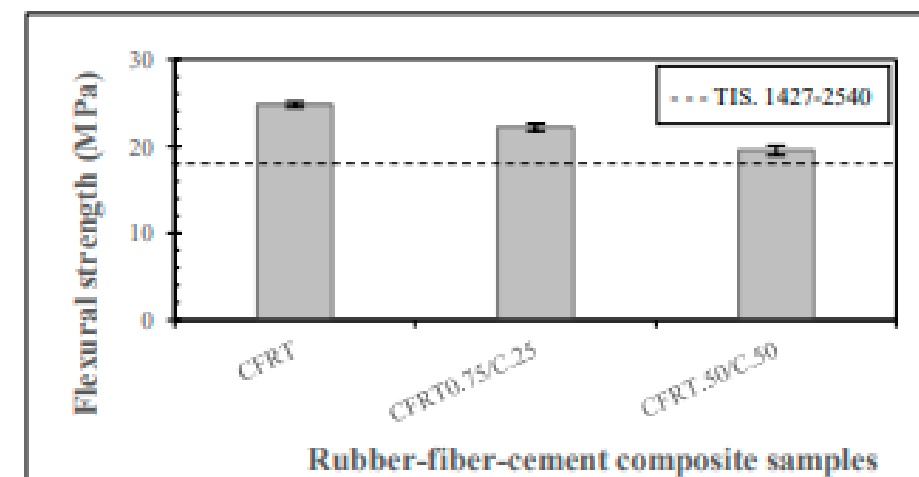


Fig. 8 - Flexural strength of rubber fiber cement composites (Kajon et al., 2023)

Podemos encontrar que en general la adición de partículas de caucho de neumáticos de desecho (R_T) a mezclas de cemento puede mejorar su trabajabilidad de gran manera, así

mismo se obtienen resistencias a la flexión superiores al estándar, y al agregar fibras esta propiedad no se ve afectada negativamente. Por último, el compuesto CFR_T 0.75/B0.25 se destacó por sobre el resto al tener una combinación equilibrada entre sus propiedades mecánicas y térmicas, con una resistencia a la flexión superior y una conductividad térmica más baja que las tejas comerciales.

Investigación 4:

“Análisis experimental de la incorporación de fibras en el comportamiento mecánico de compuestos de escayola-caucho NFU”.

Pasando a otro punto, nos encontramos con un documento que estudia el comportamiento mecánico de compuestos de escayola con caucho proveniente de neumáticos fuera de uso, entendiendo la escayola como un tipo de yeso con una pureza mayor. Además, se analiza los efectos de la incorporación de ciertas fibras a la mezcla. Para esto se elaboraron probetas de escayola y caucho agregando fibras en una proporción del 1% del peso, estos se estudian mediante ensayos mecánicos para determinar

características como su densidad aparente (A diferencia de la densidad real, esta se calcula considerando los espacios vacíos entre granos como parte del volumen), resistencia a flexión y compresión y módulo de elasticidad dinámico.

Se destaca en la (Tabla 3) el análisis de propiedades del caucho NFU, tanto químicas como físicas. Esto permite conocer más a fondo los componentes y aptitudes que puede aportar el caucho en esta memoria y al desarrollo de un nuevo material, como aprovechar su baja densidad aparente o su menor nivel de humedad.

Análisis químico	Mínimo (%)	Máximo (%)
<i>Extracto cetónico</i>	10	20
<i>Polímeros NR/SR</i>	40	55
<i>Caucho natural NR</i>	21	42
<i>Negro de carbono</i>	30	38
<i>Cenizas</i>	3	7
<i>Azufre</i>	-	5
Propiedades físicas		
<i>Densidad aparente</i>	0,5±0,05 gr/cm ³	
<i>Humedad</i>	< 0,75 % en peso	
<i>Contenido en materiales ferromagnéticos</i>	<0,01 % en peso	
<i>Contenido en materiales textiles</i>	< 0,25 % en peso	
<i>Contenido en otras impurezas</i>	< 0,25 % en peso	

Tabla 3 - Caucho reciclado en polvo procedente de neumáticos fuera de uso (NFU). Propiedades físicas y análisis químico. (Cura et al., 2019)

En este análisis se trabajó con 3 materiales base:

1. Residuos de caucho de neumáticos fuera de uso: Estos se separan en 2 tipos de caucho, en polvo (0,0mm-0,6mm), procedente de la trituración, y el segundo, en forma de fibras proveniente del recauchaje. Se utilizaron tamices normalizados para su separación.
2. Fibras: Para mejorar las propiedades mecánicas de los compuestos de yeso y caucho se toman en cuenta 4 fibras diferentes (basalto, vidrio, poliolefina y polipropileno), estas propiedades se muestran en la (Tabla 4). Se destaca la alta densidad del vidrio y el basalto, y el gran módulo de elasticidad del polipropileno.
3. Yeso: Se ha utilizado escayola E-35, proveniente de la empresa ALGÍSS URALITA.

Tipo de Fibra	Densidad (Kg/m)	Longitud (mm)	Diámetro (µM)	Módulo de elasticidad (GPa)	Alargamiento a rotura (%)
<i>Basalto</i>	2699	12	17,4	>85	2,5
<i>Vidrio</i>	2540	12	12	>80	3
<i>Poliolefina</i>	0,91	15	1500	>6	7
<i>Polipropileno</i>	0,91	12	31	>1470	80-140

Tabla 4 - Propiedades de las fibras utilizadas (Cura et al., 2019)

Las mezclas elaboradas fueron expuestas y separadas en 2 tablas diferentes, una para los compuestos hechos en base a caucho en polvo y la otra para el caucho en fibras, la (Tabla 5) y la (Tabla 6) respectivamente muestran las proporciones de cada probeta.

Denominación Serie	Tipo de Fibra	Caucho	Agua	Escayola E-35
		(g)	(g)	(g)
R	-	0	0	600
C5	-	0	50	600
C15	-	0	150	600
C5-B1	<i>Basalto</i>	10	50	600
C15-B1	<i>Basalto</i>	10	150	600
C5-V1	<i>Vidrio</i>	10	50	600
C15-V1	<i>Vidrio</i>	10	150	600
C5-S1	<i>Poliolefina</i>	10	50	600
C15-S1	<i>Poliolefina</i>	10	150	600
C5-P1	<i>Polipropileno</i>	10	50	600
C15-P1	<i>Polipropileno</i>	10	150	600

Tabla 5 - Denominación de series elaboradas con polvo de caucho NFU (Cura et al., 2019)

Denominación Serie	Tipo de Fibra	Caucho (g)	Agua (g)	Escayola E-35 (g)
R	-	0	0	1000
FC5	-	0	50	950
FC15	-	0	150	850
FC5-B1	Basalto	10	50	940
FC15-B1	Basalto	10	150	840
FC5-V1	Vidrio	10	50	940
FC15-V1	Vidrio	10	150	840
FC5-S1	Poliolefina	10	50	940
FC15-S1	Poliolefina	10	150	840
FC5-P1	Polipropileno	10	50	940
FC15-P1	Polipropileno	10	150	840

Tabla 6 - Denominación de series elaboradas con fibra de caucho NFU (Cura et al., 2019)

Los ensayos físicos y mecánicos llevados a cabo en esta investigación se han realizado de acuerdo con lo especificado en las correspondientes normas UNE sobre yesos y escayolas. Logrando determinar propiedades como su densidad en seco, resistencia a flexión y resistencia a compresión (UNE EN 13279-1 y UNE EN 13279-2). (Cura et al., 2019).

Gracias a esto se logró llegar a los siguientes resultados expuestos en la (Tabla 7).

Denominación Serie	Densidad (Kg/m³)	R. Flexión (N/mm²)	R. Compresión (N/mm²)	Módulo Young (Mpa)
R	1203,38	6,68	17,73	8569,02
C5	1173,95	5,34	12,53	6844,39
C15	1035,67	3,69	6,75	3876,29
FC5	1187,89	5,52	12,24	6661,64
FC15	1097,78	3,81	6,81	4849,57
C5-B1	1129,03	5,94	13,25	6447,52
C15-B1	1061,07	4,30	7,99	4662,13
FC5-B1	1169,14	6,47	13,61	6852,14
FC15-B1	1081,12	4,65	7,72	5074,65
C5-V1	1135,42	7,48	12,94	6462,94
C15-V1	1061,45	5,56	7,82	4738,31
FC5-V1	1141,01	7,02	14,84	7236,65
FC15-V1	1074,61	5,77	8,53	5473,39
C5-S1	1139,97	5,71	13,69	6434,28
C15-S1	1038,15	3,61	7,55	4164,90
FC5-S1	1160,67	5,30	12,46	5730,62
FC15-S1	1063,80	3,67	6,65	4734,78
C5-P1	1141,79	6,08	13,43	5933,84
C15-P1	1057,94	4,21	7,58	3610,41
FC5-P1	1161,45	5,09	12,23	6261,76
FC15-P1	1092,45	3,96	7,21	4932,35

Tabla 7 - Densidad aparente. Resistencia a flexión y a compresión. Módulo de (Cura et al., 2019)

De estos resultados se destacan los siguientes puntos:

- La densidad se reduce en todas las probetas en comparación a la muestra referencia, el caucho es un elemento determinante en esta propiedad.
- La diferencia de densidad que existe entre los compuestos hechos con polvo

y los que contienen fibra de caucho, se debe a que al ser más fino el caucho en polvo, este afecta directamente en la hidratación de la mezcla, necesitando más agua y en consecuencia cambiando su estructura porosa.

- Agregar fibras de otros materiales genera cambios menores en la densidad final. Se desatacan las fibras de poliolefina como las que más la reducen.
- En general la adición de caucho reduce la resistencia a la flexión y compresión, aunque esto se logra compensar con las fibras de polipropileno y poliolefinas.
- las fibras de basalto incrementan ambas resistencias, alcanzando valores similares a las muestras de referencia en flexión al tener un 5% de caucho
- Los mejores resultados se obtienen agregando fibras de vidrio, estas alcanzan valores de resistencia a la flexión mayores o similares a las muestras de referencia, y esto se alcanza tanto en polvo como con fibras de caucho.

- La rigidez de las probetas se reduce en todos los casos, independiente de la fibra agregada. Este punto puede ser relevante para el posterior desarrollo de la presente memoria.
- En base a estudios previos se plantea que el agregar caucho ya sea en polvo o fibras puede mejorar el comportamiento térmico, aunque esto requiere de mayores estudios.

Investigación 5:

“Propiedades del concreto con arena triturada y residuos de caucho”.

La siguiente investigación se centra en el reciclaje de residuos de caucho, específicamente los residuos de caucho generados por zapatos usados que han sido desechados, estos son agregados a la masa de concreto de arena triturada en diferentes proporciones. Aquí se analizan propiedades físicas, mecánicas y térmicas, como la trabajabilidad, densidad, resistencia a la compresión y flexión y conductividad térmica. (Mohamed & Djamila, 2018)

Para la elaboración de mezclas de este análisis se usaron 5 materiales base:

1. Arena: Extraída del sur de Argelia (Bouira). En la (Fig. 9) se aprecia la forma triturada de los granos obtenida gracias a un microscopio. Se denota, además, que los granos tienen un tamaño aproximado de 1mm.

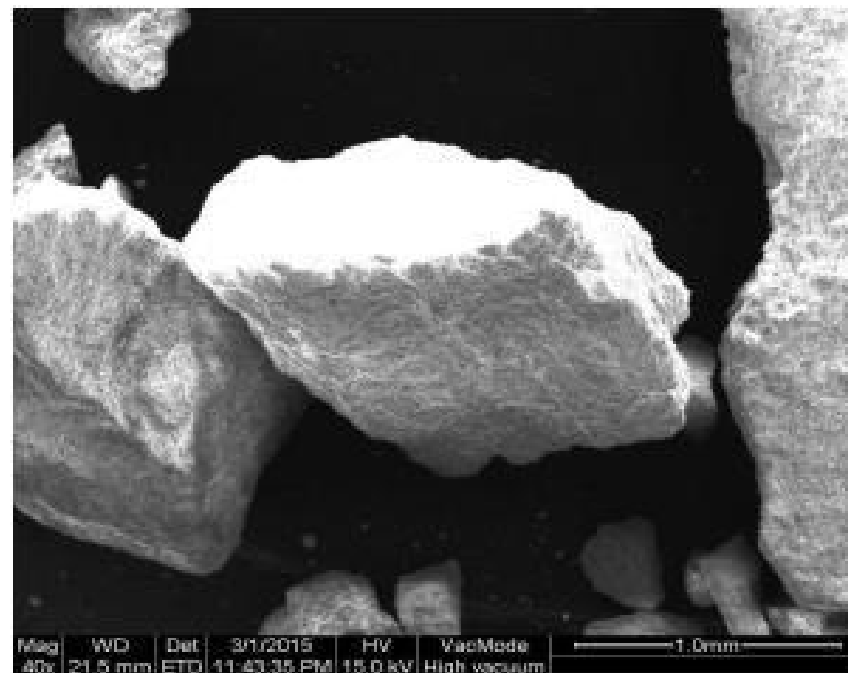


Fig. 9 - Scanning electron micrographs of used crushed sand.

2. Cemento Portland tipo CEM II/A 42.5
3. Caucho: Para este estudio se utilizaron residuos provenientes del reciclaje de zapatos. Estos residuos se lavaron, comprimieron, trituraron y extrudieron en

forma de granos como se ve en la (Fig. 10). Estos fueron agregados a las mezclas de concreto en proporciones de 10%, 20%, 30% y 40%.



Fig. 10 - General aspect of used rubber waste (Mohamed & Djamila, 2018).

4. Aditivo: Se ha utilizado un plastificante llamado 'MEDAFLUID 104'. Este es de procedencia argelina y se utiliza en formato líquido.
5. Agua

Para las mezclas, se elaboran 5 diferentes, 1 sin caucho y 4 con los porcentajes de caucho mencionados anteriormente. Se utilizó una

relación agua/cemento de 0.75, con un porcentaje de plastificante del 1% del peso del cemento.

En cuanto a la trabajabilidad de la mezcla se puede apreciar en la (Fig. 11) que el % de caucho es directamente proporcional a esta. Algo importante a la hora de usar la mezcla fresca.



Fig. 11 - Slump of crushed sand concrete as function of rubber waste content. (Mohamed & Djamila, 2018).

La densidad aparente es inversamente proporcional a los porcentajes de caucho agregado, esto puede ser una característica aprovechable si se busca llegar a materiales livianos, y reafirma lo mencionado en estudios previos sobre la reducción de densidad que genera el caucho en las mezclas. Ver (Fig. 12).

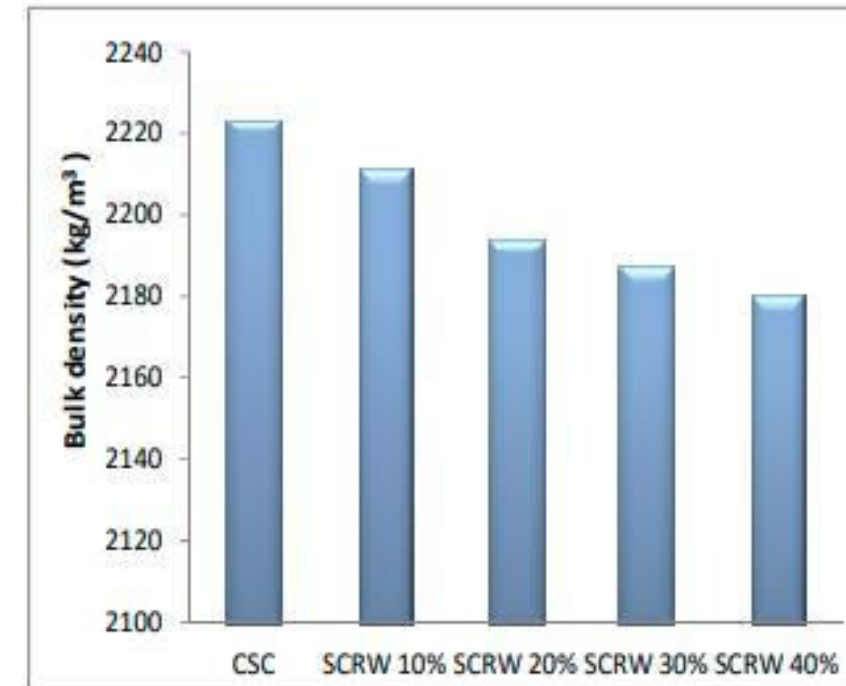


Fig. 12 - Bulk density of crushed sand concrete as function of spent (Mohamed & Djamila, 2018).

En cuanto a la fuerza de compresión, flexión y conductividad térmica, se aprecia el mismo patrón. A medida que este sube en porcentaje de caucho se genera una reducción de la misma propiedad, esto se aprecia en la (Fig. 13) y (Fig.14) con la fuerza de flexión y compresión respectivamente.

Si bien se busca dar un nuevo uso al caucho, el utilizarlo como elemento extra en la construcción debe ser considerado cuidadosamente, es importante tomar en cuenta estas reducciones en sus propiedades y sacarle provecho según se necesiten materiales con esas características.

Específicamente en la resistencia a la flexión y compresión. La conductividad térmica puede ser tomada como algo positivo según el enfoque que se busque, ya que el caucho lo hace más aislante de este.

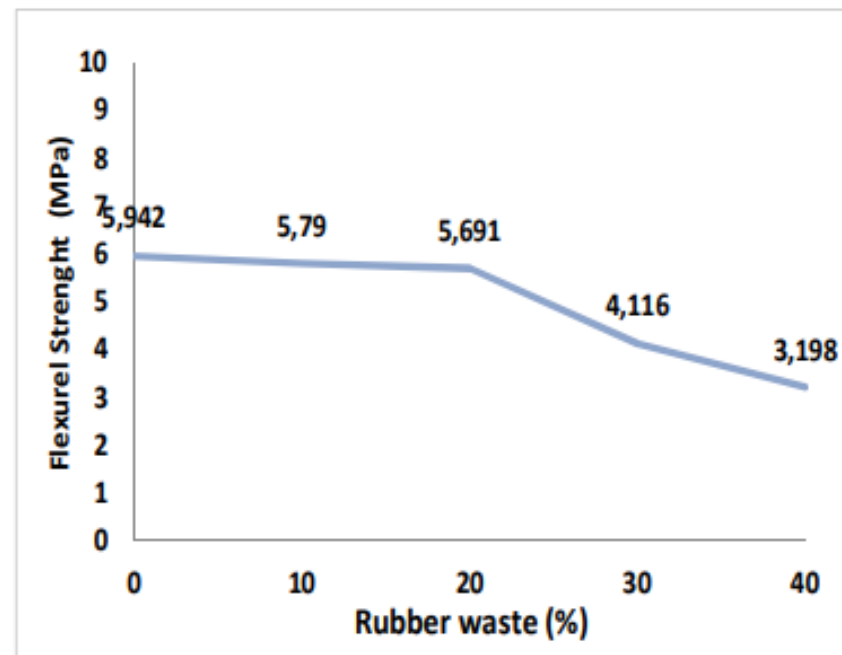


Fig. 13 - Flexurel strength of crushed sand concrete as function of rubber waste content. (Mohamed & Djamila, 2018).

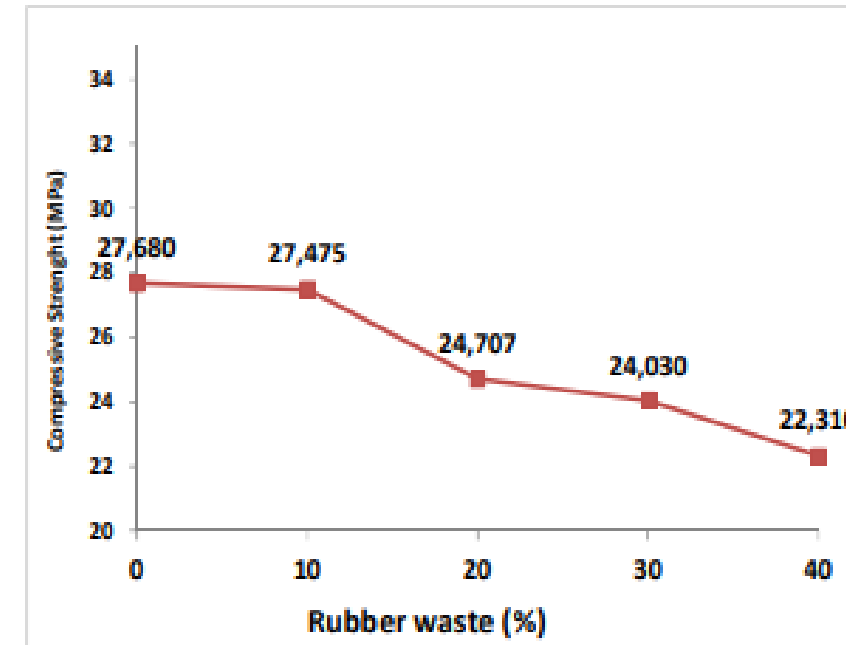


Fig. 14 - Compressive strength of crushed sand concrete as function of rubber waste content. (Mohamed & Djamila, 2018).

Conclusiones estado del arte:

Tras analizar profundamente la información recopilada anteriormente, se aprecia a primera vista que ciertos resultados logran ser similares en diferentes investigaciones. Las cinco investigaciones analizan diferentes aspectos relacionados con la incorporación de caucho en materiales de construcción, específicamente en el cemento y el concreto, con el objetivo de explorar formas de reciclaje y sostenibilidad en la industria de la construcción. Aunque cada estudio aborda aspectos particulares, existen puntos en común y diferencias notables entre ellos que es necesario exponer a modo de conclusión de este análisis.

Puntos en común:

1. Todas las investigaciones tienen como uno de sus focos aportar al reciclaje de residuos de caucho, ya sea provenientes de neumáticos fuera de uso, zapatos usados u otros elementos. El objetivo es darles un nuevo uso y reducir la cantidad de desechos generados por estos productos.

2. Las investigaciones se enfocan en evaluar las propiedades mecánicas de los materiales compuestos, como la resistencia a la flexión, compresión y densidad. En general, se observa una tendencia de reducción en la resistencia mecánica a medida que aumenta el contenido de caucho en las mezclas.
3. La incorporación de caucho en las mezclas con cemento o concreto resulta en una disminución de la densidad aparente del material. Esto se considera un aspecto importante para el desarrollo de materiales más ligeros y potencialmente más sostenibles.
4. Todos los estudios analizan diferentes proporciones de caucho en las mezclas para determinar el efecto de estos en las propiedades mecánicas y físicas de los materiales resultantes.

Puntos destacados:

1. La incorporación de caucho en las mezclas afecta negativamente la resistencia mecánica del material compuesto, especialmente en términos de resistencia a la flexión y compresión. Sin embargo, en algunos casos, la adición de ciertas fibras, como las de vidrio, puede mejorar esta propiedad.
2. La presencia de caucho en las mezclas suele resultar en una reducción de la conductividad térmica del material compuesto, lo que lo hace más aislante térmicamente.
3. La trabajabilidad del material compuesto tiende a disminuir a medida que aumenta la cantidad de caucho, y esto va de la mano con una reducción en la densidad aparente.
4. A pesar de la reducción en la resistencia mecánica, la incorporación de caucho en las mezclas podría ser una oportunidad para desarrollar materiales más livianos y con propiedades térmicas mejoradas, lo que puede ser beneficioso para ciertas aplicaciones específicas.

A modo de resumen, las investigaciones muestran que la incorporación de caucho en materiales de construcción, como cemento y concreto, tiene efectos importantes en sus propiedades mecánicas y térmicas. Si bien puede afectar negativamente la resistencia mecánica, por otro lado, ofrece oportunidades para desarrollar materiales más livianos y con mejores propiedades aislantes. Es importante tomar en cuenta estos factores, sobre todo en el área de la construcción, ya que puede ser una opción sostenible en aplicaciones específicas donde la resistencia mecánica no es el factor más crítico. Sin embargo, se requiere un enfoque cuidadoso y un análisis detallado para optimizar el rendimiento de los materiales compuestos.

Technology Readiness Level:

Para el desarrollo de esta memoria es importante establecer los límites dentro de los que se espera trabajar, por eso, definir los niveles de TLR donde comienza y termina el proyecto, es una etapa capaz de dejar claros esos márgenes.

Un TRL por sus siglas en inglés (Technology Readiness Level), corresponde a un tipo de

medición que permite establecer el nivel de madurez de una tecnología en particular. Como se ve en la (Fig. 15) existen 9 niveles de madurez tecnológica, los cuales varían según el avance del proyecto. Por ejemplo, el nivel 4 corresponde a una validación de componentes y/o sistemas en entornos de laboratorio. Un proyecto debe tener completo los procesos previos para poder ser considerado como un proyecto en TRL 4. Vale decir, una vez que la tecnología de prueba de concepto (TRL 3) esté lista, la tecnología avanza al TRL 4. Si alguno de los componentes clave se encuentra en niveles más bajos de TRL, es probable que el proyecto también lo esté. (Tzinis, 2015).

En el caso de esta memoria en particular, se establece que el proyecto comienza en un TRL 4. Esto se debe a que el enfoque principal es trabajar con materiales nuevos e innovar en propiedades que aún no se conocen por completo, pero por las investigaciones vistas, se conoce sobre su comportamiento y rendimiento. Al abordar una investigación y desarrollo en un área de conocimiento poco explorada, lo más lógico es comenzar desde los niveles bajos de madurez tecnológica.

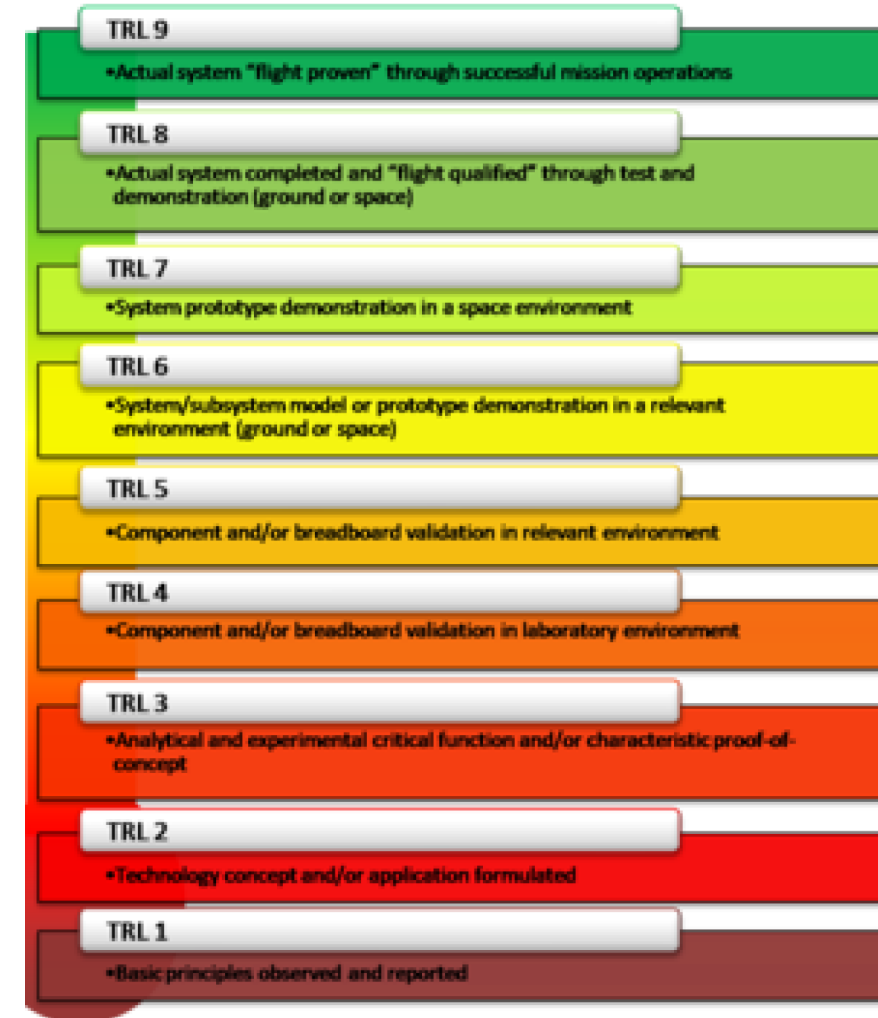


Fig. 15 - Technology Readiness Level (TRL) (Tzinis, 2015).

En el TRL 4, el proyecto ha avanzado a una etapa donde se han llevado a cabo investigaciones iniciales para validar las propiedades y conceptos asociados con los nuevos materiales. En esta fase, se han realizado experimentos y pruebas en laboratorio para evaluar la viabilidad de las hipótesis planteadas en el TRL 1. Los resultados de estos experimentos proporcionan datos más

concretos sobre las características de los materiales y sus posibles aplicaciones. Aunque todavía se encuentran en un entorno de laboratorio, estos materiales están comenzando a demostrar su potencial para cumplir con los objetivos del proyecto.

Para este proyecto se espera alcanzar el nivel TRL 6, ya que es un nivel realista en cuanto a las herramientas y el tiempo (aproximadamente 6 meses) disponibles y necesarias para llegar a resultados que cumplan con los parámetros generales de TRL. Además, llegando ahí, se da un valor importante y necesario a esta memoria, llegando a resultados concretos y probados en un entorno relevante.

Para llegar a esta etapa se busca disponer de un prototipo completamente funcional que demuestre todas las características y funcionalidades clave de la tecnología puesta a prueba. Al llegar a TRL 6, se espera contar con un grado suficiente de madurez y confianza en la tecnología desarrollada, esto a su vez marca el camino para un posible estudio, implementación, fabricación y comercialización a gran escala.

METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS |

Para tener un espectro amplio de posibilidades en cuanto al desarrollo de esta memoria es necesario seguir el camino de una metodología que se adapte correctamente a los objetivos planteados, con la finalidad de tener resultados con mayores probabilidades de éxito.

A raíz de esto se presentan las siguientes metodologías consideradas para esta investigación:

Design Thinking:

Esta metodología nació como propuesta en la Universidad de Stanford, para luego ser aplicada por la consultora de diseño IDEO, según ellos, esta estrategia de diseño es una especialmente centrada en el usuario, la cual se inspira en las herramientas de diseño para integrar las necesidades de la gente, las posibilidades de la tecnología y los requerimientos para el éxito de las empresas. Esta metodología cuenta con 5 pasos elementales como se puede apreciar en la (Fig.16). El hecho de tener que pasar por etapas como lo son empatizar y testear dan cuenta de que el diseñador ya no está ligado solo a desarrollar algo estético, sino que busca elaborar

un producto o servicio entendiendo como se siente la otra persona y generando algo con valor para el usuario y que logre diferenciarse de la competencia.

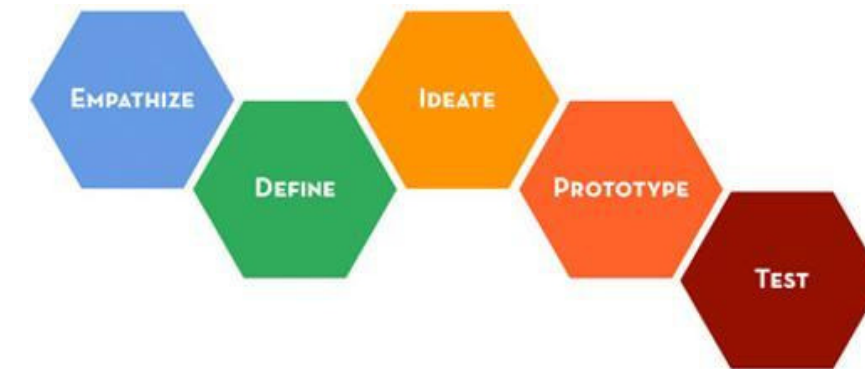


Fig. 16 - (Hasso Plattner Institute of Design, 2010)

Hoy en día el Design Thinking es algo más que una metodología, es una estrategia, una idea, o una forma de ver el mundo, se ha convertido en una forma de resolver problemáticas a través de la creatividad, si bien no es un método 100% certero, logra adaptarse muy bien a las respuestas que muchas veces exigen los usuarios. (IDEO Design Thinking, 2019).

Al trabajar en cada fase de esta metodología es necesario que sus transiciones sean bajo una divergencia y luego una convergencia (Fig.4). Para entrar a la “empatía” hay que divergir, y para pasar a “definir” lo aprendido es necesario converger, así sucesivamente hasta llegar a una

convergencia en la etapa de “testeo” donde previamente existan mejoras constantes del “prototipo” hasta llegar a un diseño que se adapte correctamente a los requerimientos.

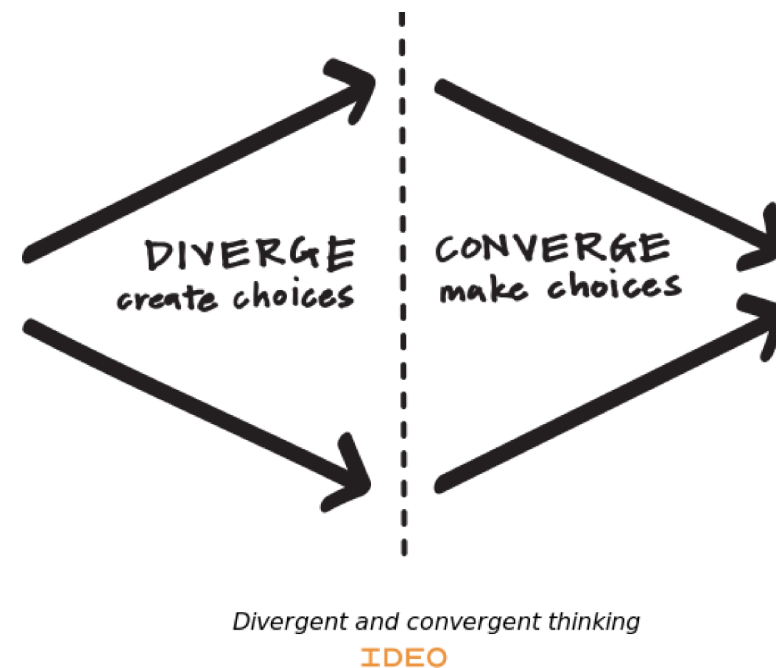


Fig. 17 - (IDEO Design Thinking, 2019)

La **empatía** es fundamental en el proceso de diseño centrado en las personas y los usuarios. Para ser empático, debemos observar y estudiar a los usuarios en el contexto de sus vidas, involucrarnos en conversaciones y prestar atención a lo que dicen y hacen. Es importante hacerles preguntas que revelen sus dolencias y escucharlos mientras trabajan para entender mejor sus necesidades físicas y emocionales, su concepción del mundo y lo que es significativo

para ellos, todo esto en torno al contexto que se busca atacar. La empatía en esta metodología es el modo de observación que se utiliza y es fundamental para inspirar al quien diseña y así dirigir una idea en particular.

Luego de pasar por esta etapa de divergencia, hay que converger hacia la **definición**, este punto es particularmente relevante ya que “enmarcando el problema adecuado es la única manera de crear la solución correcta” (Hasso Plattner Institute of Design, 2010). Esta etapa es clave para crear una declaración de problema viable y con un gran significado detrás, ya que este se convierte eventualmente en la guía para enfocarse en un usuario en particular. Esta fase implica crear coherencia en la información recopilada a través de la empatía con el usuario y su contexto, y procesarla para descubrir los patrones y conexiones que puedan existir. La declaración de problema debe cumplir ciertos criterios, como enmarcar un problema con un enfoque directo, ser inspiradora, que genere criterios medibles para así evaluarlos y que sea cautivador para las personas estudiadas.

El siguiente paso requiere divergir nuevamente, para lograr tener la mayor cantidad de **ideas** posibles. Esto se logra a partir de pensamientos racionales e imaginativos, dejando fluir la creatividad. Se fomenta la creación de una gran cantidad de soluciones alternativas mediante el uso de métodos como brainstorming, croquis, mapas mentales, prototipos rápidos o storyboards. Es importante permitir pensar en cualquier solución, por obvias que estas parezcan, y aprovechar las distintas visiones del entorno y así ampliar el espectro de posibilidades.

Pasado este proceso es necesario comenzar la toma de decisiones y converger hacia los **prototipos**. Esta etapa implica generar elementos informativos como dibujos, artefactos y objetos, para responder preguntas y acercarse a la solución final. Puede ser cualquier cosa con la que se pueda interactuar y debe ser rápido y barato de hacer. Los prototipos ayudan a inventar, comunicar, empezar conversaciones, cometer errores temprano, evaluar alternativas y controlar el proceso de creación de soluciones. Es importante identificar las variables y trabajar

siempre con el usuario en mente y la información recopilada.

Finalmente se converge a **evaluar** los resultados que se obtienen del prototipado. En este paso se solicita feedback y opiniones sobre los prototipos creados de usuarios y colegas, con el objetivo de refinar las soluciones y aprender más sobre el usuario. Es importante evaluar en el contexto mismo del usuario para obtener insights inesperados y así tomar decisiones respecto al producto. Se suele mostrar los prototipos sin explicación y observar el uso y mal uso, crear experiencias y pedir al usuario que compare distintos prototipos para revelar necesidades potenciales, hay que dejar que el prototipo hable por sí mismo.

En cuanto a las herramientas que se utilizan comúnmente en esta metodología nos encontramos algunas como el brainstorming, o el brainwriting, para la generación de ideas y un el desarrollo creativo.

También están las entrevistas con usuarios, donde se generan conversaciones directas con los usuarios para comprender sus necesidades y experiencias. Similar a esto son las encuestas,

un proceso que permite tener información de los usuarios de manera concreta y ordenada.

Estas herramientas permiten la creación de perfiles que representen a los usuarios objetivo. Una forma de apreciar esta información es utilizando otro instrumento, los mapas de empatía, aquí se visualizan las emociones y experiencias de los usuarios, y de esta forma comprender mejor sus perspectivas. método persona

Otra forma de representarlos es con el método persona, que si bien, su objetivo no es representar a todos los usuarios potenciales, sino focalizarse en las necesidades de los grupos de usuarios más importantes.

Luego hay herramientas como el prototipado rápido, para iterar y probar soluciones de las diferentes propuestas. Para finalmente pasar a algún instrumento que evalúe a las mismas. Esto por lo general se busca hacer con pruebas de usuarios o Early adopters, aquí se busca realizar una evaluación de los prototipos con usuarios de valor para obtener retroalimentación y mejorar el diseño.

La idea de desarrollar una memoria con esta metodología radica en la necesidad por darle una nueva vida útil a los residuos del recauchaje sin tener claro cuál es el nicho en el que más valor adquiera, al tener esta metodología centrada en el usuario, el producto será capaz de tomar peso y valor durante el proceso, y así llegar a un resultado que sea capaz de solucionar tanto la generación de desechos neumáticos como alguna otra problemática que se adapte.

Agile:

La metodología “Agile” se centra en la flexibilidad y la entrega incremental de soluciones. Se divide el trabajo en iteraciones cortas llamadas “sprints”, lo que permite responder rápidamente a los cambios y retroalimentación durante el proceso de diseño. Poniendo a modo de ejemplo una empresa cualquiera, el cambio de un enfoque lineal a uno integrado fomenta el ensayo y error y desafía su estatus quo. Estimula nuevos tipos de aprendizaje y pensamiento dentro de la organización en diferentes niveles y funciones. (Takeuchi & Nonaka, 1986)

Aquí se utilizan herramientas como Scrum, el cual es un marco de trabajo y la base que

organiza las tareas en los anteriormente mencionados sprints. Esto está compuesto por un conjunto de reuniones, herramientas y funciones que, de forma coordinada, ayudan a los equipos a estructurar y gestionar su labor.

Una herramienta visual para analizar, gestionar y mejorar el flujo de trabajo son los tableros Kanban. Estos utilizan tarjetas, columnas y la mejora continua para ayudar a los equipos de trabajo a comprometerse con la cantidad de tareas adecuada y, por supuesto, a llevarla a cabo. Sumado a esto, podemos encontrar instrumentos como las reuniones diarias de seguimiento (stand-ups), las cuales consisten en breves reuniones diarias para sincronizar el equipo y revisar el progreso.

Para entender para quien se trabaja, están las historias de usuario, las cuales constan de descripciones breves de las características desde la perspectiva del usuario. Luego, para estimar la complejidad y el esfuerzo necesario para completar una historia de usuario, existe la estimación de puntos de historia. Esta estimación en la metodología ágil es solo una preevaluación, no un dato del cual aferrarse.

Finalmente existen ciertas reuniones periódicas que se utilizan para reflexionar sobre el trabajo realizado y buscar mejoras, estas se conocen como retrospectivas

A diferencia del Design Thinking, que se caracteriza por su énfasis en comprender profundamente a los usuarios y sus necesidades, este se centra más en la entrega rápida de posibles soluciones. Algo que sin duda no es muy útil para el enfoque que busca esta memoria, es necesario priorizar la generación de insights cuando se está trabajando en desarrollar algo desde 0.

Waterfall:

Otra metodología que fue considerada para este trabajo es la metodología “Waterfall” o cascada por su traducción. Esta fue conocida por primera vez 1970 por el Dr. Winston W. Rovce, si bien no con el nombre de cascada, se plantea el modelo como tal, que posteriormente seria conocido por ese nombre. Este es un modelo pensado en el desarrollo de sistemas de softwares, y como este es optimizado mediante esta metodología. Como se puede ver en la (Fig. 18), en principio este se describe como un modelo secuencial y lineal, el

cual se basa en la premisa de que no hay margen para cambios o errores, por lo tanto, la etapa de planificación adquiere una importancia fundamental. El resultado final está fuertemente influenciado por la calidad del trabajo realizado en las etapas iniciales. (Royce, 1970)

Si bien en la figura se ven pasos que están asociados al proceso de programación y diseño de software una adaptación hecha para proyectos centrados en productos o servicios podrían ser los siguientes pasos: Requisitos,

diseño e implementación, pruebas, instalación y el soporte o mantención.

Este modelo se destaca principalmente por su simpleza, es una metodología rígida y de fácil manejo, ya que se basa en metas específicas. Es un proceso predecible y los participantes tienen claridad de como progresara el proyecto y hacia donde apunta.

Es por esto por lo que esta metodología se aplica para casos más específicos, como, por ejemplo, cuando se tiene una visión clara de lo que debería ser el resultado, cuando los requisitos

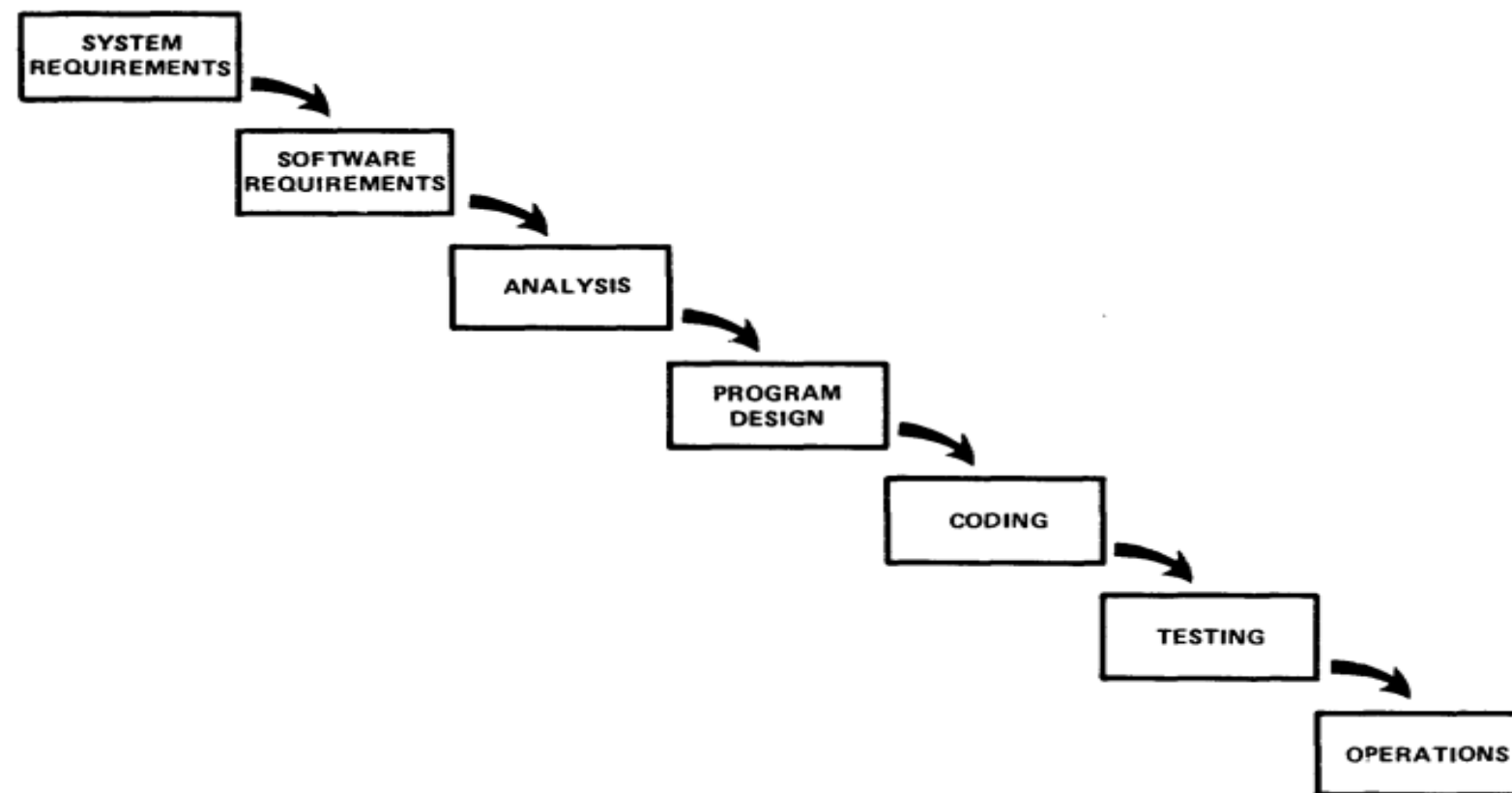


Fig. 18 - Implementation steps to develop a large computer program for delivery to a customer. (Royce, 1970)

son claros y específicos, o cuando el tiempo es menor prioridad al resultado. Por eso al seleccionar este modelo es importante realizar un análisis exhaustivo de todos los requisitos y anticipar todas las preguntas relevantes.

A pesar de esto, el Dr. Royce menciona que esto puede generar limitaciones y se recomienda el uso de bucles que permitan generar instancias de retroalimentación en cada fase.

En esta metodología podemos encontrar el uso de diversas herramientas, como puede ser el uso de diagramas de flujo para representar visualmente el proceso de desarrollo en etapas secuenciales.

Luego hay herramientas de organización, como los documentos de requisitos, que describen las condiciones del proyecto. O la planificación de proyectos, para establecer cronogramas detallados y secuenciales de las actividades del proyecto.

Después de la planificación, se pasa a la herramienta de diseño detallado. Aquí, se crean diseños y especificaciones técnicas completas

que servirán como base para la implementación posterior.

Una vez que el diseño está completo, se llevan a cabo pruebas exhaustivas, al final de cada ciclo. Estas pruebas tienen como objetivo verificar que cada etapa se haya completado correctamente y que el producto cumpla con los requisitos establecidos. Es importante destacar que estas pruebas no solo se enfocan en la funcionalidad, sino también en la calidad y el rendimiento del producto.

Por último, está la generación de documentación exhaustiva, esta se realiza para cada fase del proyecto. Esto incluye registros detallados de las actividades realizadas, los problemas encontrados, las soluciones implementadas y cualquier otra información relevante. Esta documentación proporciona un historial completo del proyecto y facilita la retroalimentación y la mejora continua en proyectos futuros.

A pesar de que Agile es bastante útil para ciertos proyectos, esta metodología fue descartada para esta memoria, debido a que este tiene un enfoque demasiado lineal para el desarrollo de este proyecto. Ya que aquí no hay un final

definido, este se debe buscar mediante se avanza en búsqueda de la solución.

Esta es una metodología con poca flexibilidad ya que como se mencionó, no permite cambios una vez que una fase se ha completado. Esto puede resultar problemático si surgen nuevos requisitos o se identifican problemas en fases posteriores.

Por lo mismo, se percibe una adaptabilidad casi nula, ya que, al no haber una iteración continua, el Waterfall no se puede amoldar a medida que se obtiene información y conocimiento durante proceso.

Finalmente, el utilizar esta metodología puede ser una pérdida de tiempo y presupuesto, ya que, si se descubren errores o problemas en etapas avanzadas del proyecto, puede ser costoso y llevar mucho tiempo volver a fases anteriores para realizar correcciones.

La principal diferencia entre esta metodología y la “Agile” radica en que esta última no se enfoca tanto en la planificación inicial, lo que se traduce en la inexistencia de un plan definitivo para cada fase.

CAPÍTULO 1

EMPATIZAR

48

CAPÍTULO 1 - EMPATIZAR

El presente capítulo se enfoca en el desarrollo de las primeras 2 etapas del proceso de Design Thinking, y en cómo este sirve para comprender en profundidad el perfil de los usuarios y las problemáticas que los rodean.

El primer paso para el desarrollo de esta memoria es adentrarse en la etapa de “Empatizar”. Aquí es muy importante conocer bien el perfil de los posibles usuarios/clientes y las problemáticas que estos enfrentan. El proceso de empatía implica la comprensión profunda de las necesidades, deseos, frustraciones y motivaciones de los usuarios. Para ello, es necesario realizar una investigación exhaustiva sobre el grupo de usuarios que se busca alcanzar.

Bajo la premisa anterior se elaboró una encuesta preliminar cuyo objetivo principal es recopilar información relevante sobre la gente y sus problemas y expectativas asociados a la materialidad de los productos que utilizan frecuentemente en su hogar, además de conocer sus preferencias respecto a productos más amigables con el medio ambiente.

1.1 EMPATIZAR

En la búsqueda por lograr una encuesta que sea simple de responder para las personas y que a su vez sea capaz de llegar a una muestra significativa, se optó por hacer 11 preguntas, de las cuales solo 3 eran de texto y 8 de selección. Esto implica una mayor probabilidad de que se conteste toda la encuesta y además es una forma de simplificar la interpretación de los datos recopilados.

Cabe destacar que hubo esfuerzos por la diversificación de esta encuesta, tratando de llegar a perfiles variados, que permitan llegar a una visión más amplia y enriquecedora en cuanto a información. La razón por la que se podía llegar a perfiles muy variados es debido a que el requisito principal de los encuestados es que vivan en un hogar.

Teniendo esto en cuenta y gracias a la colaboración de los participantes se logró alcanzar una muestra de 66 personas, lo cual se considera lo suficientemente representativo para el estudio a realizar.

Las primeras preguntas segmentaron la zona y rango etario de los encuestados. En cuanto al espectro de edades que respondieron a la encuesta, este va desde los 17 hasta los 54 años, de aquí se rescata una media de 26 años y una moda de 23 correspondiente al 24,2% de los encuestados, siendo esta la edad más repetida (ver Fig. 19). Sin duda un dato importante, que nos sitúa en un rango de adultos jóvenes, trabajadores y/o estudiantes.

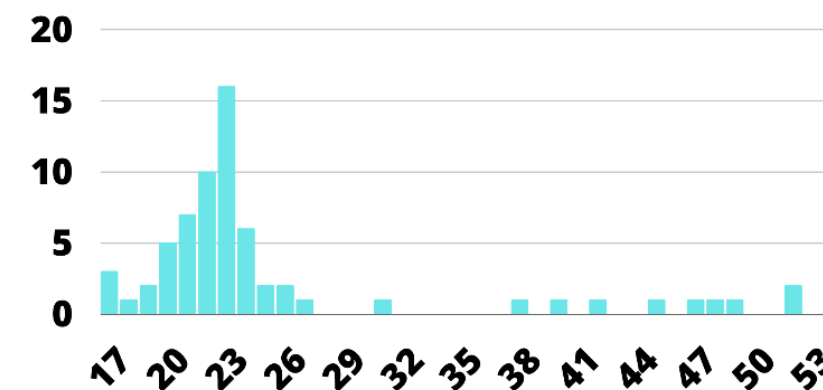


Fig. 19 (Encuesta sobre productos y materiales sostenibles.)

Para la zona geográfica se denota una gran mayoría en la zona centro del país (Desde la región de Valparaíso hasta la de Ñuble) con un 92,4% de presencia y como se muestra en al (Fig. 20). Este dato ayuda a determinar un factor importante dentro del estudio, como lo son las

condiciones climáticas y geográficas que suelen haber en estas zonas.

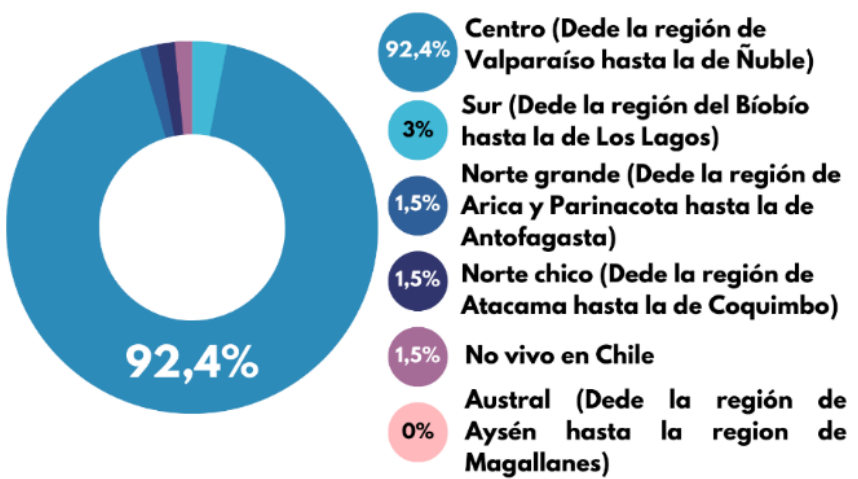


Fig. 20 (Encuesta sobre productos y materiales)

Por otro lado, fue necesario saber en términos generales que situaciones problemáticas han tenido con algún material, aquí se sugieren 6 opciones variadas que se pueden ver en la (Fig. 21). Es importante aclarar que aquí se permite seleccionar más de 1 respuesta.

De aquí se obtuvo que el problema más común de los encuestados, con un 54,5% de preferencia, está ligado a la fragilidad de los materiales que componen sus productos, ya sean decorativos o de uso diario. Seguido por la compleja tarea de reciclar los materiales del hogar, elegido por el 50% de los participantes. Como tercer puesto con un 39,4% están los

problemas respecto a la resistencia al ambiente que pueden tener de los materiales, específicamente con líquidos, calor o impactos. Si bien no tiene un porcentaje tan significativo como los primeros, existe una relación directa con el puesto número uno, por lo que es importante considerarlos a ambos.

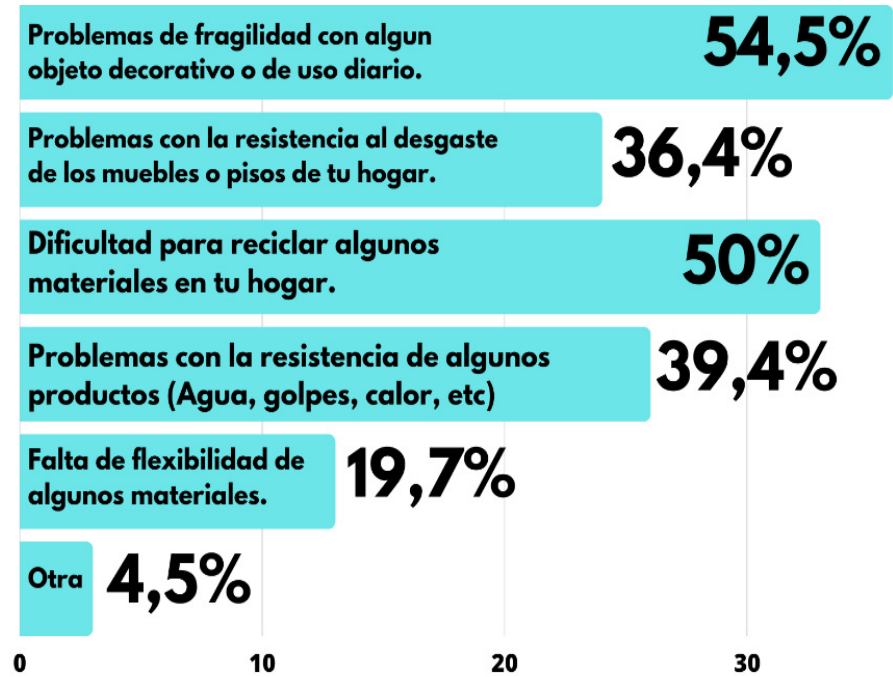


Fig. 21 (Encuesta sobre productos y materiales)

Las respuestas recopiladas anteriormente dan pie a problemas más específicos que tienen las personas en el hogar, esto respecto a la materialidad de los productos que usan. Dentro de todas las respuestas, se pudo destacar 4 principales áreas de problemáticas, todas ordenadas según lo frecuente que es en la

encuesta. Cabe destacar que los porcentajes suman más de un 100%, ya que al ser una pregunta de texto abierta las respuestas podían abarcar más de una sola problemática.

1.1.1 Fragilidad y baja durabilidad de los materiales:

Aproximadamente un 42% de las personas se expresan una preocupación o algún tipo de descontento debido a que los productos que compran se rompen con facilidad o tienen una vida útil considerablemente corta. Esta frustrante situación conduce a desecharlos y por ende contribuir al desperdicio y contaminación. Entre los elementos que se mencionan por parte de los encuestados encontramos elementos como muebles principalmente de madera, loza o vajilla, suelas de zapatos y objetos decorativos que por lo general están hechos de materiales cerámicos. Este ciclo constante de compra y descarte de productos de baja durabilidad sin duda contribuye al aumento de desechos, aportando al problema de gestión de residuos que ya hay en todo el planeta y

agotando rápidamente los recursos naturales necesarios para su fabricación.

1.1.2 Dificultad para encontrar puntos de reciclaje y reciclar ciertos materiales:

Cerca del 30% de los encuestados mencionaron la dificultad que existe para encontrar puntos de reciclaje cercanos a sus hogares. La falta de áreas destinadas al reciclaje en la ciudad dificulta enormemente el aporte que buscan hacer los usuarios intentando tener más responsabilidad con sus desechos. Además, algunos comentarios denotaban su frustración al mencionar que cuando si había lugares destinados al reciclaje, algunos materiales no son aceptados en estos establecimientos. En otros casos directamente el encuestado reconoce que no sabe cómo reciclarlos adecuadamente, mostrando claramente que existe una gran desinformación al respecto. Por otro lado, algunas personas reconocen que ellos mismos o sus familiares no le dan la importancia necesaria al reciclaje y no es algo que practiquen activamente en sus hogares. Esto se puede deber principalmente a 3 factores, La falta de

información como se mencionó anteriormente, la comodidad que implica desechar en vez de buscar un lugar específico destinado al reciclaje, y la misma falta de estas instalaciones.

1.1.3 Problemas en la limpieza y poca resistencia ante líquidos:

Alrededor del 20% de las personas que participaron en la encuesta señalaron que ciertos materiales presentan dificultades para su limpieza y mantenimiento, lo que a su vez contribuye a un rápido deterioro. Este problema se presenta particularmente en casos como los pisos de madera, los cuales son propensos a daños causados por líquidos o una humedad excesiva.

Por otra parte, las sillas y muebles también fueron mencionados como objetos propensos a sufrir desprendimientos o raspados que afectan su aspecto y funcionalidad, aunque esto está ligado directamente con el punto 1. Esta situación genera una frustración por parte del usuario y la necesidad de pagar por reparaciones o, en algunos casos, incluso el reemplazo completo de los muebles afectados. Estas dificultades nos

plantean desafíos en términos de cuidado, durabilidad y costo. Gracias a esto, nacen oportunidades que dan pie a soluciones alternativas, buscando el uso de materiales más resistentes para resolver esta problemática.

1.1.4 Problemas con materiales específicos:

Finalmente, otro 20% comentan que algunos materiales más específicos presentan ciertas complicaciones, como algunos cerámicos, el vidrio o el adhesivo de porcelanato. Estos presentan problemas específicos para su uso, como la falta de flexibilidad o la fragilidad ante cambios de temperatura.

Pasando a otro punto, se acerca de las características que crean importantes para evitar los problemas mencionados anteriormente. Con esto se busca conocer las expectativas, visión y preferencias que hay sobre los usos de nuevos materiales. De esa pregunta se rescatan diferentes ideas.

A una escala muy general y como se puede apreciar en la (Fig. 22), con un 77,3% de preferencia, lo que más se espera de la materialidad de un producto es que tenga una

buena resistencia, seguido de un 65,2% para la durabilidad en el tiempo, ya sea a los golpes o al contacto con diferentes ambientes.

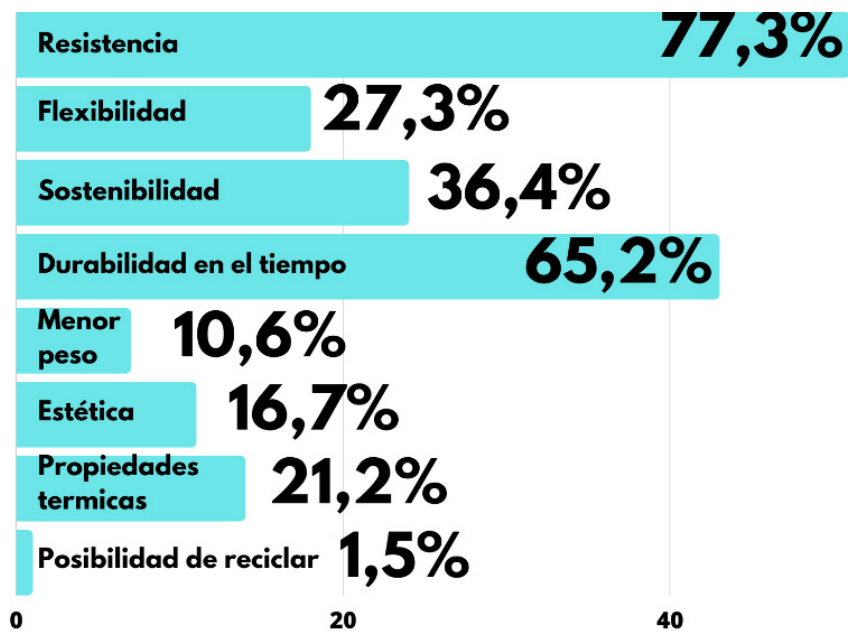


Fig. 22 (Encuesta sobre productos y materiales sostenibles.)

Como característica secundaria podemos agregar a la sostenibilidad con un 36,4%, entendiendo así que este es un rasgo que se toma en cuenta, pero no logra a ser un aspecto relevante en su totalidad.

Respecto a las áreas de uso que las personas consideran pertinentes para un producto que aporte las propiedades del caucho, se encontró que la construcción (72,7%) y mobiliario (62,1%) son áreas con mucho potencial (Ver Fig. 23),

seguido de buscarle un uso enfocado la decoración del hogar (50%).

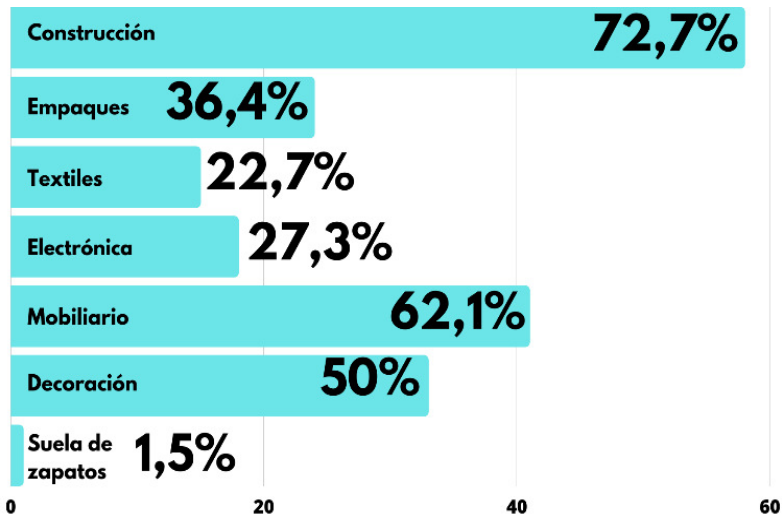


Fig. 23 (Encuesta sobre productos y materiales sostenibles.)

Esta pregunta es de gran utilidad para comprender que es lo primero que el usuario piensa al buscarle un uso al caucho y con esto llegar a un producto que no sea tan ajeno a su pensamiento.

Pasando a otra pregunta, los encuestados se mostraron muy positivos respecto al uso y adquisición de productos con materiales sostenibles o reciclados, específicamente respecto a la pregunta “¿Preferirías productos hechos con residuos de caucho por sobre uno normal si este cumpliera las mismas funciones?”, a lo que un 93,9% afirma que si lo haría como se

puede apreciar en la (Fig. 24). Esto nos muestra que si es un factor diferenciador a la hora de llevar un producto al mercado y se destacará por sobre los comunes.

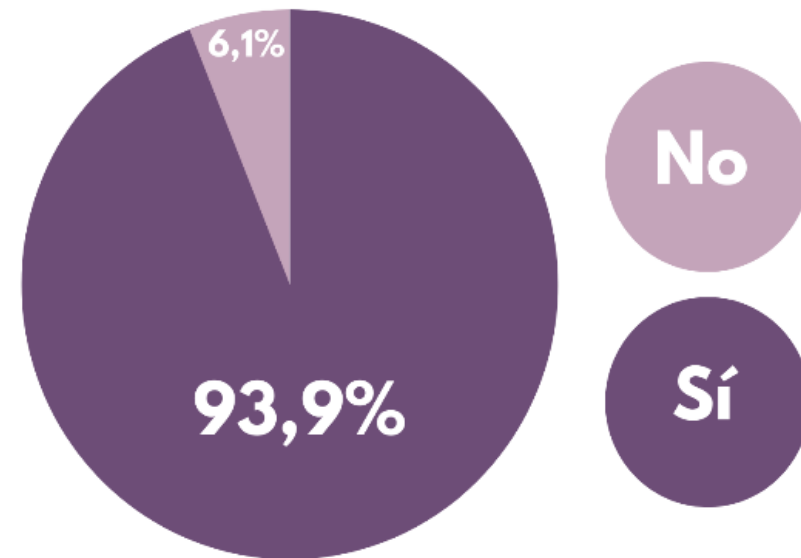


Fig. 24 (Encuesta sobre productos y materiales sostenibles.)

Un aspecto importante para considerar a la hora de trabajar con mezclas de materiales y caucho es la estética que el producto final tendrá, ya que al ser algo hecho en base a desechos, se suele asociar a algo menos estético que un producto normal. Para corroborar esta idea se consultó respecto a la relevancia que se le otorga al aspecto superficial que tendrá un producto hecho con materiales reciclados, Como se aprecia en el

grafico (Fig. 25), donde 1 es poco importante y 5 es muy importante, se denota claramente que es un aspecto para considerar de manera obligatoria.

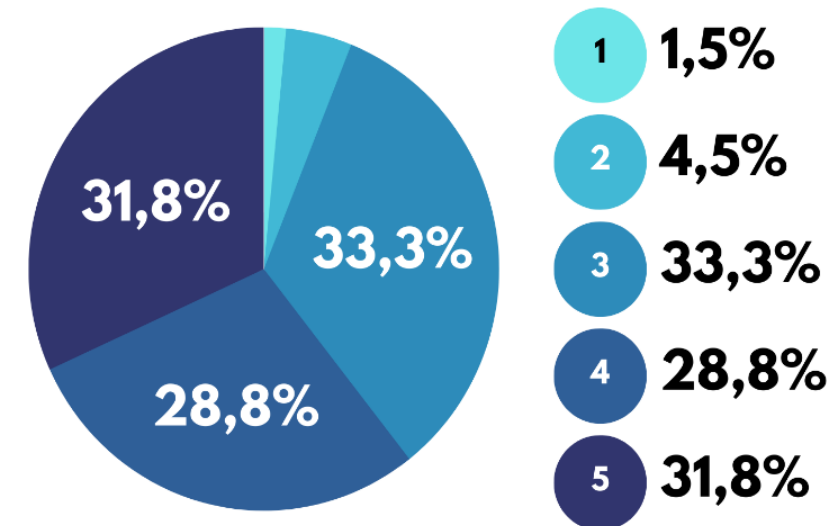


Fig. 25 (Encuesta sobre productos y materiales sostenibles.)

Por último, se preguntó por algún producto innovador y sostenible que recuerden, de tal manera que pueda dar indicios para la etapa de generación de ideas, etapa que se verá en el capítulo 2.

Estos los podemos separar en 5 grupos relevantes.

1. Ropa y calzado hechos con materiales reciclados, como, por ejemplo: ropa en base a botellas plásticas, zapatillas y

prendas hechas de lana, caña de azúcar y fibra, o con algún otro material.

2. Productos para el hogar y jardín hechos con materiales reciclados: Aquí destacan productos como maceteros reciclados, mobiliario y accesorios para el jardín, mesas de centro, mesas y sillas, posa vasos y maceteros hechos de material reciclado, entre otros.
3. Empaques y productos de embalaje sostenibles: Empaques que por lo general son desechables ahora son biodegradables y se pueden compostar, bandejas para traslado de alimentos recicladas.
4. Tecnología sostenible: El reciclaje de plástico para impresoras 3D, protectores para aparatos tecnológicos, paneles solares, por mencionar algunos.
5. Otros productos sostenibles: Aquí encontramos productos más variados como, ladrillos hechos con botellas y cemento, contenedores creados con biomaterial derivado de residuos

madereros, turbinas de electricidad que instalan en las riberas de los ríos, vasos hechos a partir de botellas de vidrio recicladas.

CAPÍTULO 2

DEFINIR

57

CAPÍTULO 2 - DEFINIR

En el presente capítulo se realizará una síntesis de la información adquirida anteriormente. Es importante comprender de manera adecuada cuales son los conceptos rescatables de la encuesta y las problemáticas que existen en el contexto de materiales. Habiendo analizado previamente todas las respuestas recopiladas y representando los resultados de manera grafica se procede a exponer cuales han sido los puntos que más destacan de este proceso de empatizar.

Dentro de todas las respuestas, es posible notar que hay un perfil de encuestado que destaca más por sobre el resto, este corresponde a un adulto joven de entre 20 y 24 años. Este grupo demográfico es el segmento más representativo en cuanto a la encuesta. Además, se identifica que estos en su mayoría son pertenecientes a la zona central de Chile. Dicha concentración geográfica puede deberse a diversos factores, como la densidad de población, la accesibilidad a la encuesta o incluso la distribución de medios de comunicación utilizados para promover la participación en la misma. En este caso particular se especula que la razón de esta mayoría se debe a que las redes y contactos que se utilizaron en la encuesta están situadas en la misma zona que obtuvo la mayor cantidad de respuestas.

Por otro lado, hay que recalcar la ausencia de ciertas preguntas comunes en encuestas, ya que, si bien es cierto que no se incluyó una pregunta para conocer el género de los encuestados, es importante reconocer que la ausencia de este factor podría generar dudas respecto a las limitaciones que pueda haber en el análisis y la interpretación de los resultados. Para esto, la respuesta es clara, los lineamientos

del proyecto y resultados a los que se espera llegar no dependen del género. Aun así, con el objetivo de evitar posibles sesgos y garantizar la equidad en la investigación, todas las respuestas serán tomadas en cuenta de manera neutral. Por otro lado, de ser necesario, en futuras encuestas, testeos y experimentos con terceras personas que se realicen para esta memoria, se tomaran en cuenta las variables que pueda otorgar el género de los individuos.

Los problemas expresados de forma general más comunes dentro de los encuestados radican en torno a la fragilidad de sus productos, específicamente en la materialidad de estos, lo que los hace propensos a sufrir daños o romperse con facilidad. Además de la fragilidad, otro problema comúnmente mencionado es la dificultad para reciclar los productos. Los encuestados han expresado su preocupación por la falta de puntos de reciclaje disponibles o por la falta de conciencia ambiental de ellos mismos y de los desarrolladores de productos. Esta problemática plantea desafíos tanto en términos de sostenibilidad ambiental como en la gestión de residuos. Adicionalmente, los encuestados han señalado la resistencia limitada de sus

productos ante golpes, líquidos y otros tipos de impactos. Esta preocupación indica que los productos no son capaces de soportar situaciones cotidianas de uso y exposición, lo que genera frustración y un temor constante de dañar o arruinar los productos accidentalmente.

Un aspecto que merece especial atención es la mención de la falta de flexibilidad en los adhesivos cerámicos. Se ha expresado una preocupación por la rigidez de estos adhesivos, y a pesar de que existen opciones que cubren esa necesidad, los precios aumentan de manera considerable, este en promedio llega a ser hasta 10 veces más caro, tomando en cuenta que la marca Bekron y su línea “Steel” rondan los 30.000 CLP por un saco de 20 [Kg], mientras que su línea “Standard” se comercializa por aproximadamente los 3.500 CLP en su versión de 25 [Kg]

La falta de flexibilidad en los adhesivos cerámicos puede generar problemas al momento de adherir azulejos, baldosas u otros elementos cerámicos en pisos o muros. La rigidez de estos adhesivos dificulta su capacidad de adaptación a los movimientos naturales de las superficies, lo

que puede ocasionar grietas, desprendimientos o incluso fallas estructurales a largo plazo.

Se especula que esta falta de flexibilidad puede estar directamente relacionada con la composición o formulación de los adhesivos cerámicos. Esto es tomado como una gran oportunidad de investigación y desarrollo para encontrar soluciones que brinden una mejor flexibilidad y adaptabilidad a estos adhesivos, utilizando caucho reciclado.

Asociado a los 4 grupos de problemas, se rescatan 3 características que se consideran importantes en los productos, según los encuestados.

En primer lugar, la resistencia se ha posicionado como un atributo de gran relevancia para los consumidores. Los encuestados han expresado la necesidad de adquirir productos que puedan soportar un uso constante y que sean capaces de resistir situaciones como caídas, accidentes o golpes. Una alta resistencia en los productos es sinónimo de confiabilidad y calidad, lo que se traduce en una experiencia de usuario más satisfactoria y en una mayor vida útil del producto.

En segundo lugar, y directamente relacionado al punto anterior, se menciona a la durabilidad como otra característica crucial. Los encuestados buscan productos que puedan perdurar en el tiempo sin mostrar desgaste o deterioro. La durabilidad es especialmente relevante en productos de uso cotidiano o en elementos que estén expuestos a condiciones ambientales exigentes. El poder elaborar un producto duradero no solo significaría una mejora importante para los consumidores, sino que también contribuye significativamente a reducir el impacto ambiental al disminuir la necesidad de reemplazos reiterados.

Por último, pero no menos importante, la sostenibilidad ha emergido como una característica cada vez más valorada por los encuestados. Las nuevas generaciones en general muestran una creciente conciencia ambiental y buscan productos que sean fabricados de manera ecológica y/o que sean reciclables o biodegradables al final de su vida útil. La sostenibilidad se ha convertido en un factor decisivo para muchos consumidores a la hora de tomar decisiones de compra, lo que a su vez afecta directamente tanto en la manufactura

como en la materialidad los productos que ofrecen las empresas.

Cabe destacar, que además se menciona como característica general a la apariencia superficial de los productos. Para los usuarios es muy relevante que las terminaciones no sean deficientes. Esto es algo que uno podría suponer, pero al ser una información que llega directamente desde los usuarios, tiene un valor mucho mayor que permite enriquecer los resultados de este proyecto

Los residuos de caucho han demostrado ser una materia prima versátil y con un potencial significativo en diversas áreas de uso. La encuesta apoya esta idea al mostrar cuales son las mejores áreas para la aplicación de este material según los participantes. Entre las principales áreas destacadas se encuentran la construcción, el mobiliario y la decoración.

En el ámbito de la construcción, su baja densidad, la flexibilidad y resistencia del material lo podrían convertir en una opción ideal para pavimentos, adoquines, tejas, bloques u otros elementos del área.

En el sector del mobiliario, el caucho reutilizado ofrece nuevas posibilidades, pudiendo ser utilizado en la fabricación de sillas, mesas y otros muebles tanto para espacios interiores como exteriores.

Por último, en el campo de la decoración, su versatilidad en términos de colores y texturas es una opción para la creación de elementos decorativos como esculturas, pisos, floreros o revestimientos de paredes.

Todas estas aplicaciones representan la visión de los encuestados, y logra abarcar una gran gama de posibilidades, que a su vez va de la mano con la creciente conciencia ambiental, promoviendo la economía circular y reduciendo el impacto negativo en el medio ambiente, lo que hace del caucho reutilizado una opción atractiva y prometedora en estos tres sectores.

Los resultados de la encuesta también han arrojado datos alentadores en cuanto a la actitud que tienen hacia la compra y uso de productos sustentables. Como se vio en el capítulo anterior una gran mayoría de los participantes ha expresado su disposición a adquirir y utilizar productos que sean amigables con el medio

ambiente y tengan un menor impacto en la naturaleza. Esta actitud refleja un cambio positivo en la mentalidad del consumidor, demostrando una creciente conciencia y preocupación por el cuidado del planeta. Bajo esta misma línea, la encuesta también ha revelado que una mayoría, aunque más pequeña en comparación con los dispuestos a comprar productos sostenibles, ya ha incorporado productos de este tipo en su vida cotidiana. Esto es un indicio claro de que la sostenibilidad está ganando terreno en el mercado y que cada vez más consumidores están tomando decisiones de compra que van de la mano con sus valores ecológicos.

Esta tendencia hacia la adopción de productos sustentables puede estar impulsada por diversos factores. Por un lado, la creciente preocupación por el cambio climático y los problemas ambientales ha llevado a que los consumidores busquen alternativas más responsables. Por otro lado, las empresas y marcas están respondiendo a esta demanda y ofreciendo cada vez más opciones sostenibles y amigables con el entorno, además de estar cada vez más restringidas por las exigencias y legislaciones que surgen.

Además, la disposición de información sobre el impacto ambiental que tienen los productos se ha visto reflejada cada vez más en los mismos empaques y etiquetas, mostrando sellos ecológicos o de biodegradabilidad que respalden esa conciencia de los productores. Esto ha facilitado que los consumidores tomen decisiones informadas y elijan productos que cumplan con sus estándares de sostenibilidad.

Es importante destacar que esta tendencia va más allá de ser solo eso, parece estar ligada a un completo cambio de mentalidad, que busca priorizar la responsabilidad hacia el planeta y las generaciones futuras.

A modo de conclusión, para este capítulo se logró analizar, estructurar y organizar la información obtenida en el primer capítulo. Gracias a este trabajo se completa el segundo objetivo específico de esta memoria. En un comienzo se pudo identificar potenciales usuarios en conjunto de las principales problemáticas que sufren y soluciones que esperan. Todo esto en el contexto de materialidad de productos del hogar. Finalmente se descubrieron posibles usos y áreas para un

nuevo material en base a caucho. Ya finalizado este proceso y con la información obtenida se puede dar paso a la fase de ideación y generación de ideas.



CAPÍTULO 3

IDEACIÓN

64

CAPÍTULO 3 - IDEACIÓN

En el presente capítulo se expondrá todo el proceso de “Idear”, correspondiente a la tercera etapa de la metodología Design Thinking. Aquí se hablará de como en base al capítulo anterior se escoge una metodología de ideación, como se trabaja en esta y que problemáticas generales se eligen. Para luego pasar a la definición y descarte de potenciales ideas, determinado por factores como materiales, tiempo, equipo y finalmente un análisis de mercado que definirá cuales son los conceptos más aptos para seguir trabajando.

3.1 ANÁLISIS PROBLEMÁTICAS

Gracias al trabajo realizado durante el capítulo 1 y 2, se logró desarrollar una encuesta que permitió conocer a los potenciales usuarios de esta memoria, y con esto saber sobre los dolores más relevantes con los que conviven, específicamente problemáticas enfocadas a la materialidad de los productos que componen su hogar, esta información se tradujo en 4 principales problemáticas:

- Fragilidad y baja durabilidad de los materiales.
- Dificultad para encontrar puntos de reciclaje y reciclar ciertos materiales.
- Problemas en la limpieza y poca resistencia ante líquidos.
- Problemas con materiales específicos.

Una vez obtenida esta información, es necesario tomar ciertas decisiones respecto a cuál o cuáles de las problemáticas serán abordadas en el marco de la ideación, aun cuando todas están enfocadas en un área similar.

Si bien la idea de atacar las 4 problemáticas con un solo producto es muy sugerente, hay que tener en mente que la precisión en la resolución de problemas es un factor clave. Enfocarse en muchas cosas a la vez puede llevar a una dispersión innecesaria de recursos, tiempo y trabajo, lo cual a futuro será contraproducente e ineficiente. Ya que cada problema requiere de un enfoque y trabajo específico. El centrarse en una problemática específica permite generar un valor real para el usuario.

Para tomar esta decisión es necesario considerar y recordar el enfoque de la presente memoria en conjunto con sus objetivos, buscar usos a los desechos del recauchaje por medio de la creación de materiales innovadores. Teniendo esto en mente es posible tomar muy en consideración la primera problemática, *“Fragilidad y baja durabilidad de los materiales.”*

La fragilidad en los materiales es sin duda algo muy recurrente con diferentes objetos del hogar, por lo general el usuario intenta manejar con mucha precaución elementos como: cristalería, loza, esculturas, cerámicos, productos hechos de madera, por mencionar algunos.

Aquí es donde los residuos del recauchaje toman un papel crucial en este contexto, y es que el caucho como tal presenta grandes propiedades, como lo es su capacidad para absorber impactos, su flexibilidad y elasticidad, lo que lo convierte en un material completamente versátil, además de ser un gran aislante, tanto de temperatura como de líquidos y electricidad. Un claro ejemplo de esto es como se aplica en el mundo moderno, en donde se ha visto una innovadora aplicación en las calles. “Las mezclas de asfalto ejecutadas con caucho molido de neumáticos, presentan sus mejores propiedades, aumentando la flexibilidad de los pavimentos y, por consiguiente, retardando la aparición de fisuras” (Oda & Fernandes Jr, 2021).

Teniendo en cuenta estas capacidades del caucho, el aporte que este lograría como complemento de materiales ya existentes es sin duda considerable, siendo un valor agregado tanto a la calidad como a las propiedades del material. Claramente su aporte varía según su adaptación y el uso que se le busque dar, pero esto es un indicio que nos guía en el proceso de ideación y posteriormente en el prototipado. Lo importante es comprender como aprovechar al

máximo sus propiedades y así obtener los mejores resultados.

Pasando al siguiente punto y en concordancia con la premisa de buscar problemáticas acorde al enfoque de la tesis, es considerable descartar la problemática “*Dificultad para encontrar puntos de reciclaje y reciclar ciertos materiales*”, ya que no es un área que se busque abarcar con el enfoque de esta memoria, si bien el darles una nueva vida a los desperdicios neumáticos es un aporte en términos de reciclaje, no se va a atacar al problema de forma directa, por lo que es innecesario apuntar en esta dirección. Esto nos permitirá tener un enfoque más claro y preciso.

En cuanto a la problemática “*Problemas en la limpieza y poca resistencia ante líquidos*”, pasa algo similar al punto anterior, si bien la limpieza y mantención de los materiales es una característica para considerar al momento de manufacturar un producto, es crucial mantenerse dentro de los objetivos de la memoria, y este concepto se desvía en cierta medida del foco principal. A pesar de que el proyecto no basara su enfoque en esta problemática, no se descartara su relevancia. El trabajo realizado en

el capítulo 1 (Empatizar y definir), fue esencial para conocer las expectativas de los usuarios, por lo que este dolor será tomado en cuenta como un factor secundario capaz de influir en cierta medida en el diseño y desarrollo, mas no será la base del proyecto.

Para el último punto, “Problemas con materiales específicos”, debemos entender primero, cuáles son los materiales más relevantes mencionados en la encuesta y sus respectivos problemas, siendo estos:

1. Vidrio
 - a. Aislamiento térmico
 - b. Fracturas por temperatura
 - c. Fragilidad
2. Poca flexibilidad en adhesivo cerámico o de porcelanato

Sabiendo cuales son los principales problemas específicos de ciertos materiales se procede a hacer un análisis de cada punto para evaluar su viabilidad y posibilidad de ser tomado en cuenta para este trabajo.

El vidrio es un material muy versátil, tomando en cuenta que sus propiedades mecánicas varían

mucho según su temperatura. Sus usos en la vida cotidiana se dan a una temperatura ambiente, en donde se comporta como un material frágil ante esfuerzos de torsión, flexión o a impactos en general. Es importante para este punto dejar de lado el hecho de que existen vidrios muy resistentes, con usos industriales, donde requieren un rendimiento mayor, y hay que tomar en cuenta el contexto de esta memoria, por eso es necesario visualizar estas problemáticas en torno al vidrio enfocados en objetos del hogar. Sabiendo esto, claramente esa fragilidad representa un problema común dentro de los usuarios.

Por otro lado, es importante destacar que para trabajar este material hace falta llegar a temperaturas que lo hagan maleable, como lo es su temperatura de transición vítrea (T_g). Esta varía según el tipo de vidrio, debido a las

diferentes composiciones químicas que presentan en (Tabla 8).

Glass	T_g , K	T_m , K
SiO ₂	1381	1996
Na ₂ Si ₃ O ₇	790	1073
Na ₂ Si ₂ O ₅	725	1147
K ₂ Si ₄ O ₉	775	1043
K ₂ Si ₃ O ₇	820	1198
K ₂ Si ₂ O ₅	763	1318
CaMgSi ₂ O ₆	1026	1665
NaAlSi ₃ O ₈	1088	1391
	1028	1391
	1036	1391
KAlSi ₃ O ₈	1178	1806
CaAl ₂ Si ₂ O ₈	1086	1826
	1153	1826

Tabla 8 (H.W. S. DE JONG et al., 2011)

El más común que podemos encontrar aquí y el que suele ser de uso doméstico es el vidrio de sílice, por su composición (SiO₂), el cual tiene una T_g que ronda los 1381 K, o aproximadamente 1107°C, este indicador es sumamente importante, ya que nos hace descartar la idea de trabajar con vidrio. Esto se debe a la incompatibilidad que hay con las altas temperaturas con las que se trabaja y las capacidades y herramientas que hay al alcance de esta memoria en particular.

Pasando al siguiente problema específico, “*Poca flexibilidad en adhesivo cerámico*”, es necesario analizar como se suele trabajar este material y además comprender las implicancias de su falta de flexibilidad. El adhesivo de porcelanato es una mezcla que se usa principalmente en la instalación de baldosas y cerámicas, este permite su unión con la superficie. Por lo general este material se comercializa en 2 formas, la primera es en polvo, en donde es necesario preparar la mezcla para poder utilizarlo, esto se logra juntando el polvo del adhesivo con agua u otros aditivos que pueda sugerir el fabricante en las instrucciones. El otro formato es en pasta, la cual viene lista para usar, lo que agiliza el proceso de instalación.

Ambas formas de adhesivo tienen sus ventajas y desventajas en cuanto a su uso, pero independientemente de su presentación, es común ver que los adhesivos cerámicos estándar presenten ciertas limitaciones en términos de flexibilidad al momento de secarse. Esto puede ser problemático, especialmente en situaciones donde la superficie de instalación está expuesta a movimientos, vibraciones o cambios de temperatura muy abruptos, lo que puede generar

tensiones y esfuerzos en el adhesivo. Esto a su vez puede provocar grietas, desprendimientos o incluso la rotura de las mismas cerámicas. Un adhesivo rígido no puede adaptarse adecuadamente a estos cambios, lo que compromete la durabilidad y estabilidad de la instalación. Esto nos abre un abanico de posibilidades para elaborar soluciones con los residuos del recauchaje, que sin duda podrían suplir esa falta de flexibilidad con las características que puede aportar el material.

Ya habiendo definido claramente cuáles son las problemáticas de interés para esta memoria, basándose en su viabilidad y aporte a los objetivos de esta, es posible pasar a la selección de la metodología de ideación. No sin antes dejar en evidencia cuáles serán las problemáticas para tratar:

- Fragilidad y baja durabilidad de los materiales.
- Problemas con materiales específicos.
(El adhesivo de porcelanato es un material con potencial en esta memoria)

Es importante recalcar que los problemas en la limpieza y poca resistencia ante líquidos. Serán tomados en consideración como una característica, pero no será determinante en el desarrollo, ni formará parte del siguiente proceso de ideación.

3.2 MAPA MENTAL

Como metodología de ideación se ha elegido el mapa mental, esta metodología la entendemos como una representación gráfica del “pensamiento Irradiante”. El cual a su vez se define como el proceso mediante el cual el cerebro humano piensa y genera ideas. El Mapa Mental capta y representa este Pensamiento Irradiante y se comporta como un reflejo de lo que está sucediendo dentro de nuestro cerebro. “El mapa mental es un instrumento grafico de pensamiento holístico que se puede aplicar a todas las funciones cognitivas, especialmente, la memoria, la creatividad, el aprendizaje y todas las formas de pensamiento”. (Buzan & Buzan, 2017)

Esta metodología fue elegida debido a su capacidad para abarcar diferentes problemáticas que se unen por una idea central, de esta forma es posible tomar en cuenta a todos los dolores considerados aptos para el desarrollo de esta memoria.

El trabajo de elaborar el mapa mental constó de 3 etapas, la primera de estas fue definir una frase

central, que mencione una problemática general, y que logre ser un punto de partida estable para las posibles soluciones. En este caso “Problemas con materialidad de objetos y residuos del recauchaje”. Posterior a eso, comienza la ramificación de problemáticas más específicas, ligadas al cuadro central, como se muestra el (Fig. 26) se puede apreciar en letras purpura que se ha bifurcado en 2 conceptos: “Materiales específicos a mejorar” y “Materiales frágiles (Baja durabilidad)”, a cada uno de estos le corresponde ir acompañado de una solución general, siendo estas “Agregar caucho a materiales específicos” y “Mejorar resistencia de los materiales agregando caucho” respectivamente. A su vez, es necesario que estas soluciones generales se vuelvan a ramificar, permitiendo que se generen soluciones cada vez más específicas. Para este caso las divisiones se realizan según el tipo de material a tratar. Para el lado izquierdo del diagrama enfocado en materiales específicos se encuentran 2 materiales a tratar como posibles aplicaciones, el adhesivo de porcelanato y la resina epoxi, de ellos nacen soluciones específicas ligadas al material y la solución general, teniendo así:

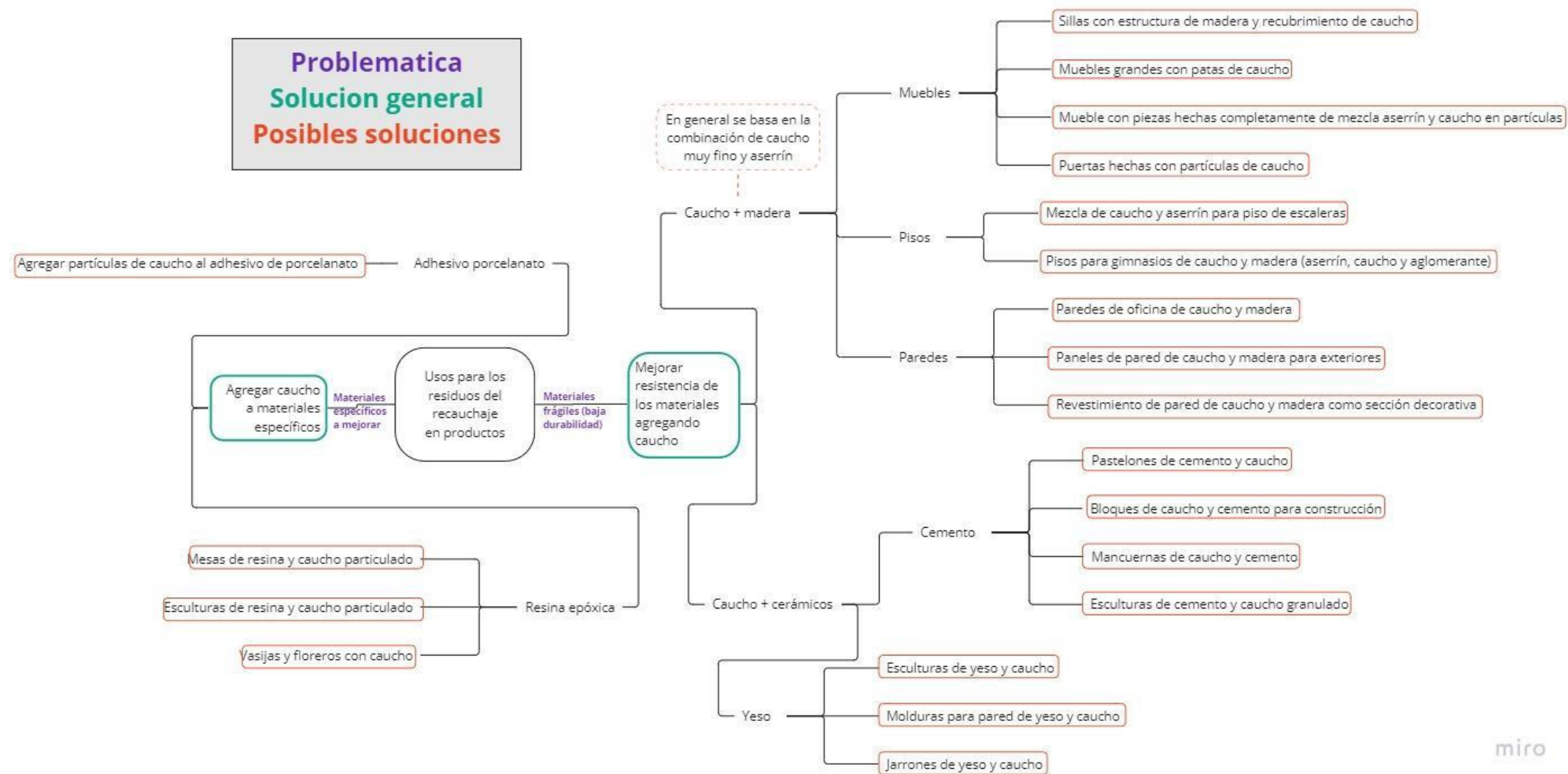


Fig. 26 - Mapa mental

3.2.1 Adhesivo cerámico

- “Agregar partículas de caucho al adhesivo de porcelanato”: Esto se lograría mediante la creación de una mezcla entre partículas de caucho y el adhesivo, que sea capaz de

mejorar tanto su flexibilidad como su duración en el tiempo.

3.2.2 Resina epoxi

- “Mesas de resina y caucho particulado”: Cada solución sobre resina y caucho está

pensada en la mezcla de caucho particulado y resina como matriz. Esta solución está pensada como la elaboración de la parte principal de la mesa, sin considerar las patas.

- “Esculturas de resina y caucho particulado”: Aquí lo que se busca es aprovechar la transparencia que hay en la resina y el aporte estético que pueden dar las partículas negras en su interior.
- “Vasijas y floreros con caucho”: Mismo concepto del punto anterior pero aplicado a un producto con algo más que solo decorar, sino que debe ser capaz de mantener elementos en su interior.

Para el lado derecho se ha segregado en 2 materiales para su mezcla con caucho, teniendo por una parte la madera, y por otro cerámicos. Estos se subdividen en categorías más específicas, que a su vez se ramifican en las

posibles soluciones ligadas a cada material. Esto quedaría de la siguiente manera:

3.2.3 Madera

3.2.3.1 Muebles

- “Sillas con estructuras de madera y recubrimiento de caucho”: Este concepto se lograría elaborando un esqueleto de madera de la silla que luego sería recubierto con láminas hechas a partir de una mezcla de caucho con aglomerante para caucho.
- “Muebles con patas de caucho”: Un concepto similar al punto anterior, caucho y aglutinante en moldes de patas para muebles, para evitar el rayado de pisos.
- “Mueble con piezas hechas completamente de mezcla de aserrín y caucho en partículas”: Esto se lograría buscando una mezcla con aglutinante y/o cola fría, y teniendo los moldes de cada parte.

- “Puertas hechas con partículas de caucho”: Este concepto se lograría buscando crear un material compuesto con láminas de caucho y aglutinante que permitan reforzar la puerta.

3.2.3.2 Pisos

- “Mezcla de caucho y aserrín para piso de escaleras”: Con esto se buscaría aumentar la fricción en lugares donde suelen ocurrir accidentes como las escaleras.
- “Pisos para gimnasios de caucho y madera”: Con el mismo concepto de mezcla entre aserrín y caucho.

3.2.3.3 Paredes

- “Paredes de oficina de caucho y madera”: Se buscaría un material sólido, pero de poca densidad, este se lograría mediante el mismo concepto de material compuesto laminar de

las puertas, pero en un menor grado.

- “Paneles de pared de caucho y madera para exteriores”: Para esta idea se utilizaría la mezcla de aserrín y caucho, pensado en un ambiente más complejo para los materiales, como es el exterior.
- “Revestimiento de pared de caucho y madera para decoración de interior”: La misma dinámica del concepto anterior, pero aplicado a interiores y con un enfoque más decorativo.

3.2.4 Cerámicos

3.2.4.1 Cemento

- “Pastelones de cemento u caucho”: Mezcla de cemento y partículas de caucho que logren dar tanto una mayor resistencia a los pastelones como un aspecto diferenciador.

- “Bloques de caucho y cemento para construcción”: Se usaría el mismo concepto que los pastelones, pero enfocado en darle una fortaleza aun mayor a un elemento base de la construcción.
- “Mancuernas de caucho y cemento”: Esto se lograría determinando la densidad de una mezcla definida entre caucho y cemento, y luego se pueden generar mancuernas de diferentes pesos solo variando el volumen.
- “Esculturas de cemento y caucho granulado”: Se buscaría una mezcla que aporte una diferenciación estética en cuanto a lo superficial y con esto hacer esculturas en moldes.

3.2.4.2 Yeso

- “Escultura yeso y caucho”: Para esta idea se planea usar el mismo método que con

esculturas de cemento, pero con yeso.

- “Molduras para pared de yeso y caucho”: Esto permitiría una mayor durabilidad y menor fragilidad. Este se elaboraría usando al yeso como matriz y al caucho como material para reforzar, elaborando prismas rectangulares largos y luego un proceso de mecanizado para dar diseño.
- “Jarrones de yeso y caucho”: Se utiliza un proceso muy similar a la solución de vasijas y floreros de resina. Teniendo una mezcla base y aplicándose en moldes.

3.3 SELECCIÓN DE IDEAS

Una vez definidas de manera específica cada idea, es necesario evaluar de manera meticulosa cada una de ellas. Este paso es importante, ya que realizar todas las ideas mencionadas requeriría de una gran cantidad de tiempo y recursos a los cuales no hay acceso en el presente contexto. Para evaluar las 20 propuestas conceptuales, basta con establecer ciertos parámetros que nos permitan determinar cuáles de estas son aptas para pasar a la siguiente etapa y cuales son aquellas que deban descartarse de manera inmediata. Esto se puede definir otorgándole un puntaje a las ideas, en función de cada criterio. Para esto se eligieron 4 parámetros diferentes, cada uno acompañado de un valor que se ha asignado según su relevancia para un posible desarrollo. En conjunto todos suman un 100%, lo que se traduce en un puntaje final que nos dice la viabilidad de probar la idea en cuestión.

Para la selección de parámetros clave se ha determinado que contar con las herramientas adecuadas para llevar a cabo el trabajo y tener

un bajo costo para la producción de un MPV, son elementos determinantes en esta etapa. Como se puede ver en la (Tabla 9) estos parámetros definen más del 50% de la viabilidad de elaboración de cada idea.

Parámetro	Valor
Capacidad productiva	20%
Herramientas disponibles	30%
Bajo costo estimado de MVP	30%
Tiempo acotado de producción	20%

Tabla 9 (Parámetros y valores)

Por otro lado, con un menor valor, pero aun así con relevancia. Es importante evaluar la capacidad productiva de cada idea. Es decir, que esta sea algo logable según los conocimientos existentes y con la disponibilidad de 1 a 2 personas para su desarrollo. En paralelo y con el mismo valor, se considera que es necesario mantener el desarrollo del proyecto en un tiempo acotado (Menor a un mes). Esto debido a los requerimientos y fechas de que se deben cumplir en la presente memoria.

Teniendo esto definido, se puede analizar cada propuesta de manera apartada. Este paso consiste en asignar un puntaje de 0 a 100 en cada parámetro, y con eso obtener un puntaje

final, por ejemplo, si se considera que la capacidad productiva es óptima según los conocimientos necesarios y es altamente factible en la mano de obra, se puede otorgar un puntaje 100, lo que se traduciría en 20 puntos de la nota final. Esto queda mejor expuesto en la (Tabla 10), donde se muestra cada idea con su puntaje respectivo.

Idea	Capacidad productiva (20%)	Herramientas disponibles (30%)	Bajo costo estimado de MVP (30%)	Tiempo acotado de producción (20%)	TOTAL
Agregar partículas de caucho al adhesivo de cerámico	90	100	90	95	94
Pastelones de cemento y caucho	80	85	85	70	81
Escultura yeso y caucho	80	75	85	80	80
Esculturas de cemento y caucho granulado	85	75	80	70	77.5
Jarrones de yeso y caucho	85	70	70	80	75
Esculturas de resina y caucho particulado	80	75	70	75	74.5
Molduras para pared de yeso y caucho	80	70	70	80	74
Pisos para gimnasios de caucho y madera	70	80	70	65	72
Revestimiento de pared de caucho y madera para decoración de interior	75	75	65	60	69
Mezcla de caucho y aserrín para piso de escaleras	65	60	80	60	67
Paneles de pared de caucho y madera para exteriores	65	80	60	60	67
Vasijas y floreros con caucho y resina	70	60	65	60	63.5
Bloques de caucho y cemento para construcción	50	60	60	50	56
Mancuernas de caucho y cemento	50	50	65	55	55.5
Paredes de oficina de caucho y madera	40	70	50	50	54
Mesas de resina y caucho particulado	50	60	40	50	50
Mueble con piezas hechas completamente de mezcla de aserrín y caucho en partículas	70	40	50	40	49
Muebles con patas de caucho	60	40	40	50	46
Sillas con estructuras de madera y recubrimiento de caucho	50	40	30	50	41
Puertas hechas con partículas de caucho	30	30	35	30	31.5

Tabla 10 (Evaluación de ideas)

Cada puntaje fue asignado siguiendo las necesidades de los parámetros mencionados anteriormente, y poniendo las ideas en contexto. Por ejemplo, la idea de pastelones de cemento y caucho se evaluó de la siguiente forma:

- Capacidad productiva: Aquí se toma en cuenta que hay conocimiento y capacidades suficientes en esa área para llegar a un buen desarrollo, si bien no a un nivel profesional, se determina un puntaje de 80.
- Herramientas disponibles: Se considera las herramientas necesarias para realizar testeos con cemento. Elementos para mezclar, espacio de trabajo, y moldes o materiales y herramientas para elaborarlos. Se estima que sí hay herramientas suficientes, y hay más de una forma de llegar al objetivo, por lo que se otorga un 85.
- En cuanto al costo, los materiales en general no son costosos, considerando que 1 [Kg] de cemento gris ronda los 800 pesos chilenos. El bastidor o molde para el pastelón, se puede hacer con retazos

de madera, o en su defecto comprar uno. Al ser materiales de fácil acceso se asigna un puntaje de 85.

- Finalmente, el tiempo de producción debe ser prudente, considerando que el cemento tarda como mínimo un día en secar completamente, es algo que podría jugar en contra para elaborar MVP's rápidos, aun así, un 70 ya que es un tiempo prudente.

Habiendo entendido esta etapa, se puede dar paso a la elección de las 5 mejores ideas. Quedando de la siguiente forma

1. Agregar partículas de caucho al adhesivo cerámico
2. Pastelones de cemento y caucho
3. Escultura yeso y caucho
4. Esculturas de cemento y caucho granulado
5. Jarrones de yeso y caucho

3.4 ANÁLISIS DE MERCADO

Con la finalidad de simplificar el proceso, y recordando la terminología de esta metodología es necesario converger desde la ideación hacia el prototipado. Para esto, se ha considerado un segundo filtro de selección entre las 5 ideas. Este tiene un enfoque más hacia el futuro, y busca conocer cómo podría impactar la idea en cuestión.

El filtro en este caso consta de un análisis de mercado, donde cada idea será sometida a un estudio preliminar que permita conocer los aspectos positivos y negativos, las oportunidades y debilidades, la competencia o la existencia de algún nicho y las necesidades del mercado que la rodea.

3.4.1 Agregar partículas de caucho al adhesivo cerámico:

El primer paso para este análisis de mercado consiste en evaluar su tamaño. En este caso, la idea de trabajar con adhesivo de porcelanato implica que el mercado está completamente ligado a las industrias de la construcción, remodelación y diseño. Específicamente el

mundo de los cerámicos y su fijación a los muros o pisos. Teniendo esto en mente, el mercado objetivo para esta idea podría segmentarse en 2 áreas, residencial y el comercial. En el área residencial el mercado objetivo serían propietarios de viviendas que valoran la durabilidad, la resistencia y la estética de los pisos y paredes de cerámica en sus hogares, pero también desean mejorar aún más su rendimiento. Por otro lado, en el sector comercial, los segmentos objetivo pueden incluir empresas, tiendas, restaurantes y hoteles que requieren pisos que soporten un alto tráfico y el desgaste diario, a su vez esto implica que las constructoras y empresas de remodelación también son parte de este segmento.

Las demandas del mercado en este contexto se centran en la búsqueda de soluciones de pisos que ofrezcan alta resistencia a impactos y vibraciones. Con el objetivo de minimizar el riesgo de roturas o fisuras, tanto las visibles (Juntas) como la no visibles (Debajo de las cerámicas). Esto cobra un gran sentido al ser enfocado en un país sísmico como lo es Chile.

Es importante conocer cuál es la competencia a la que se enfrenta esta propuesta. En este caso el principal competidor corresponde a los adhesivos cerámicos que se buscan dar más flexibilidad una vez secados, como lo son las de las series Steel o DA de la marca Bekron, además de las otras marcas presentes en el mercado (Topex, Weber, Cadina). Teniendo esto en cuenta sería más viable un modelo B2B para comercializar este producto, ya que la competencia está fuertemente establecida en el mercado.

Según un informe de la Cámara Chilena de la Construcción se reconoce que actualmente existen al menos 134 mil viviendas en construcción y 56 mil esperando a ser iniciadas. Estos números representan un crecimiento con respecto a períodos anteriores, por lo que en un corto y mediano plazo se debería observar un número mayor de viviendas sociales terminadas y entregadas. (Nicolás León, 2023)

Este crecimiento implica una demanda de materiales de construcción, incluyendo cerámicas y en consecuencia adhesivos de porcelanato.

En cuanto a los posibles aspectos positivos y negativos de la presente idea tenemos que:

- Aspectos positivos:
 - Mejora la resistencia y durabilidad de la unión en cerámicos.
 - Mayor capacidad de absorción de impactos y vibraciones.
 - Reduce el riesgo de roturas y fisuras en el piso.
 - Se le da una utilidad al caucho reciclado, lo que contribuye al medio ambiente.
- Aspectos negativos:
 - Posible aumento en el costo de la nueva versión de adhesivo cerámico.
 - Podría requerir con el cumplimiento de normas asociadas a la construcción.
 - Puede requerir testeos de laboratorio para probar su flexibilidad con la mezcla final.

3.4.2 Pastelones de cemento y caucho:

Los pastelones de cemento tienen como objetivo ser un objeto útil y a la vez decorativo en exteriores de hogares, usualmente se usa en estas áreas, es menos visto en sectores urbanos o zonas públicas. Este producto podría ser atractivo para propietarios de viviendas, arquitectos, decoradores y empresas que comercialicen artículos de construcción u hogar.

Estos pastelones podrían satisfacer las necesidades de un mercado que busca opciones más livianas y resistencias similares, para superficies exteriores, al mismo tiempo que ofrece propiedades de absorción de impactos como los pastelones normales y la posibilidad de un diseño innovador que pueden otorgar los residuos neumáticos. Además, el uso de caucho triturado en los pastelones proporcionaría un enfoque ambientalmente amigable, algo deseable por parte del mercado objetivo.

Es bueno denotar que las experimentaciones con pastelones y búsqueda de materiales es algo que ya se viene haciendo en Chile desde hace años, un claro ejemplo de esto es el de la Universidad de Atacama, donde el 2012 elaboraron muestras

de elementos prefabricados de baldosa, pastelones y adocretos conteniendo 100% de escoria como reemplazo de la gravilla común. Llegando a resultados satisfactorios como una alta resistencia a la compresión, del orden de 60 [Mpa]. (Amin Nazer Varela & Osvaldo Pavez Miqueles, 2012)

Los principales competidores a los que se enfrentaría este concepto son empresas fabricantes como Casa Pastelón, Pastelones Canales, La casa del pastelón, o empresas de retail como lo son Easy o Homecenter.

Aspectos positivos:

- Se esperaría un costo menor gracias a la reducción de material necesario y el bajo costo del caucho, esto lo haría una opción más barata que las alternativas convencionales.
- Menor peso y propiedades mecánicas similares, debido a la inclusión de caucho triturado.
- Contribución al reciclaje y sostenibilidad ambiental al darle vida a residuos del recauchaje.

Aspectos negativos:

- Posible resistencia inicial por parte de los consumidores hacia un producto nuevo y menos conocido.
- Costos de producción y adquisición de caucho triturado podrían ser más altos que los materiales tradicionales.
- Necesidad de educar al mercado sobre los beneficios y características del producto.

3.4.3 Escultura yeso y caucho:

El mercado objetivo para las esculturas de yeso y caucho se encuentra en el sector de las artes visuales y la decoración. El enfoque estaría principalmente en los dueños de casa, empresas dedicadas al diseño de interiores, tiendas de decoración y multitiendas.

Las necesidades que puede cubrir este concepto varían según el segmento del mercado objetivo. Un dueño de casa buscara tener piezas de arte únicas para decorar sus hogares y dar un toque distintivo a los espacios interiores y exteriores,

mientras que las empresas de decoración y las multitiendas, buscan tener una mayor variedad de productos constantemente. Estos a su vez pueden ser canales importantes para abarcar a un público mayor, por lo que esta idea podría funcionar bien bajo el modelo B2B o el B2C.

Los mayores competidores de esta idea corresponden a empresas dedicadas a la venta de esculturas y artículos decorativos, aquí podemos encontrar webs como mercado libre y AliExpress en donde abundan productos así o tiendas nacionales como Todoyeso o Amoblé. Además, aunque parezca contradictorio las multitiendas también lo son, si bien son un mercado objetivo, hay competencia dentro de la misma tienda debido a la variedad de productos que comercializan. Y un último competidor son artistas y escultores que trabajen con materiales como yeso, cerámica, metal, madera, entre otros, ofreciendo piezas únicas y personalizadas.

Un dato relevante que se puede rescatar gracias a encuestas realizadas por la Cámara de Comercio de Santiago es la intención de compra que existe sobre ciertos productos, aquí se resalta la propensión a consumir artículos para el hogar y decoración. También experimentó un

aumento en comparación al 2020, llegando a un 16% en marzo del 2022. Sin embargo, es importante mencionar que si se pone en perspectiva con los otros productos visibles en la (Fig. 27), este no es una compra regular, lo que hace sentido con la duración de estos, pero bien

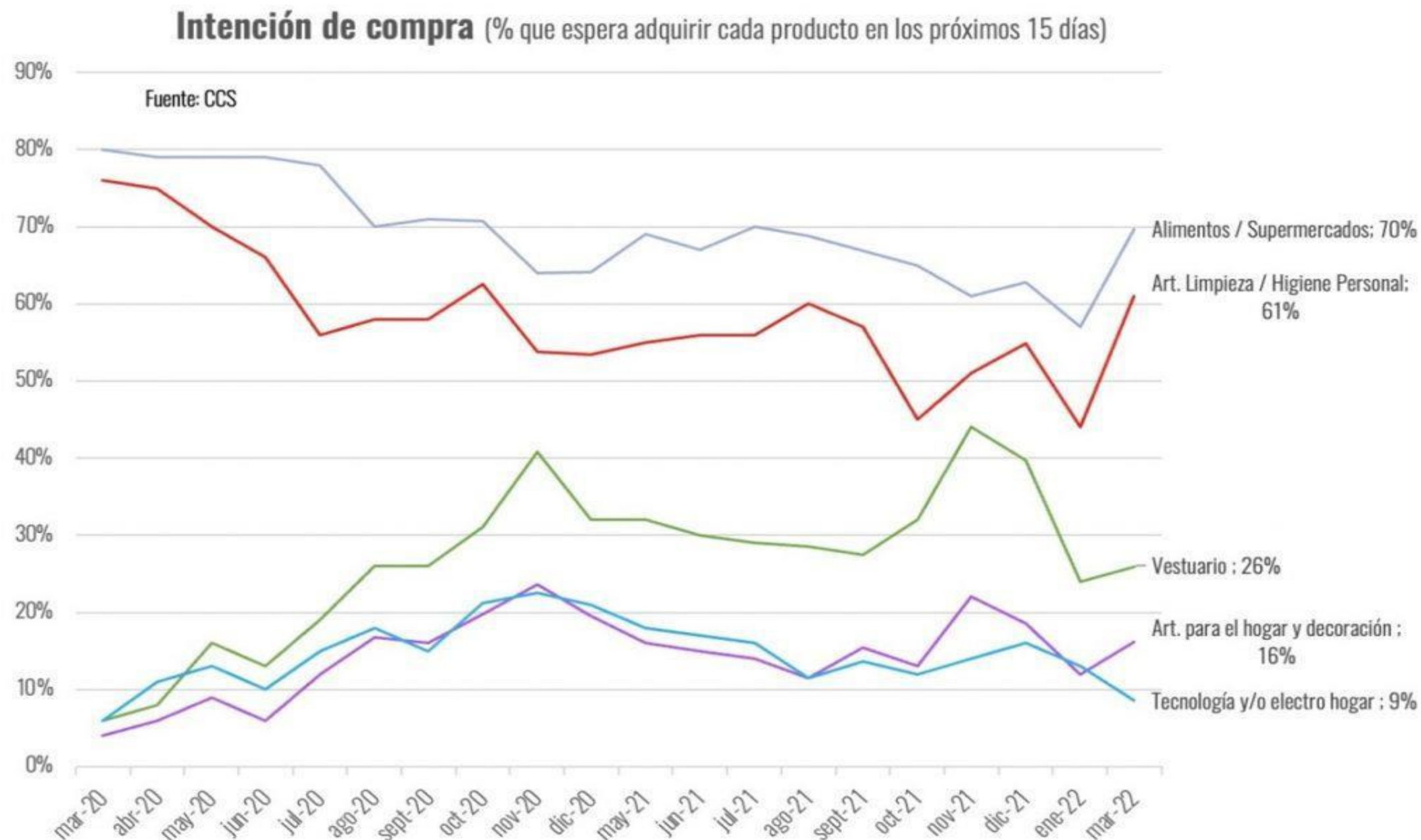


Fig. 27 - (Cámara de Comercio de Santiago, 2022)

implica que no es un producto prioritario. (Cámara de Comercio de Santiago, 2022).

Aspectos positivos:

- Combinación de materiales que permite mayor creatividad y texturas en las esculturas.
- Durabilidad y resistencia del yeso junto con la flexibilidad del caucho.
- Estética diferenciadora y única.
- Posibilidad de personalización según los gustos y necesidades del cliente.
- Uso de residuos del recauchaje en un producto que puede durar muchos años.

Aspectos negativos:

- Para esculturas complejas requiere conocimientos técnicos y habilidades en la manipulación y combinación de los materiales.
- Posible restricción en el tamaño y peso de las esculturas debido a las características de los materiales.
- Limitación en cuanto a la disponibilidad de variedad de diseños en moldes o la generación de estos.

3.4.4 Esculturas de cemento y caucho granulado:

El mercado para este concepto va por el mismo camino que las esculturas de yeso, el público objetivo podría encontrarse en dueños de casa, empresas dedicadas al diseño de interiores, tiendas de decoración y tiendas del retail que buscan obras de arte únicas y duraderas tanto para el exterior como interior.

Debido a que son ideas similares, donde la diferencia radica en el material, los principales competidores corresponderían a los mismos del punto anterior.

En cuanto a las demandas que podrían satisfacer suplir estas esculturas también son diferentes según el área que se cubra. Los dueños y dueñas de casa lograrían embellecer sus hogares y añadir un elemento diferenciador tanto a los espacios interiores como exteriores. Por otro lado, las empresas de decoración y las multitiendas buscan constantemente ampliar su variedad de productos para satisfacer la demanda de un público más amplio. Además, ofrecerían una opción de arte resistente a la intemperie y adecuada para uso en exteriores.

Aspectos positivos:

- Lograría ser una obra de arte original y novedosa capaz de atraer a un público interesado en la sostenibilidad y el arte ecológico y minimalista.
- Elementos decorativos con un peso más reducido.
- Posible durabilidad y resistencia a la intemperie gracias al uso de cemento y caucho triturado.
- Potencial para colaboraciones con artistas locales o internacionales.

Aspectos negativos:

- Tamaño limitado del mercado para esculturas de cemento con caucho triturado en comparación con otros segmentos del arte.
- Dificultad para establecer un precio adecuado para las esculturas, ya que el valor del arte es subjetivo y puede variar según el público objetivo.

- No es un producto que se compre con frecuencia.

3.4.5 Jarrones de yeso y caucho:

Los jarrones de yeso y caucho triturado podrían atraer a consumidores interesados en la decoración de interiores, diseñadores de interiores y empresas de decoración que buscan elementos decorativos modernos y sostenibles. Este mercado objetivo se ajustaría a los conceptos que abarca la idea presentada.

En cuanto a las necesidades cubiertas, estos jarrones podrían satisfacer la demanda de elementos decorativos para el hogar originales y que hagan un aporte ecológico. Además, el uso de caucho triturado podría proporcionar una textura y aspecto visual novedoso.

Aspectos positivos:

- Diseños modernos y exclusivos que se adaptan a estilos de decoración contemporáneos.
- Uso de materiales reciclados que pueden atraer a consumidores preocupados por la sostenibilidad.

- Materiales relativamente baratos y facilidad para proponer diseños diferentes.

Aspectos negativos:

- Necesidad de educar al mercado sobre la calidad y durabilidad de los jarrones de yeso y caucho triturado, ya que algunos consumidores pueden llegar a ser escépticos sobre el uso de materiales así.
- Competencia en un mercado saturado de opciones de decoración, lo que puede dificultar la diferenciación y la captación de clientes.
- Posible restricción en la diversidad de formas y tamaños debido a las limitaciones de los materiales utilizados.

Los principales competidores en Chile corresponderían a empresas y marcas de decoración y diseño de interiores que ofrecen jarrones de diversos materiales tanto nacionales como internacionales como Bazar ED, Tienda Himalaya, empresas como Casaideas, Homecenter, Easy, Ripley, entre otros.

3.4.6 Conceptos seleccionados

Tras haber realizado este análisis de mercado para proyectar y dimensionar las capacidades y potencialidades que tiene cada idea, se ha determinado que las 3 ideas seleccionadas corresponden a:

- Agregar partículas de caucho al adhesivo cerámico
- Pastelones de cemento y caucho
- Esculturas cemento y caucho

Principalmente se descartan las ideas relacionadas al yeso ya que es un material que, si bien se puede tener una producción más eficiente, este tiende a ser un material más frágil que el cemento, mas susceptible a daños por impacto o humedad, lo que podría dificultar tanto la convivencia en torno al producto como la limpieza de este.

CAPÍTULO 4

PROTOTIPADO

CAPITULO 4 - PROTOTIPADO

A continuación, en este capítulo se da el paso a la penúltima etapa del Design Thinking, donde se procederá a explicar el proceso de prototipado y materialización de las ideas seleccionadas en el Capítulo 2. Aquí se mostrará de manera detallada como se llevaron a cabo los primeros MVP o Minimum Viable Product.

Esta es una etapa crucial en el desarrollo de cualquier proyecto, ya que permite visualizar y evaluar de manera concreta las soluciones propuestas. En este sentido, se describirá a lo largo del capítulo cómo se elaborarán los prototipos y cómo se llevará a cabo su construcción y se detallarán los pasos necesarios para la creación de estos MVP.

Para las mezclas se dejarán expuestas las proporciones, los ingredientes y la forma en que estos son manejados. Además, se abordará la selección de los instrumentos necesarios para llevar a cabo el prototipado de manera eficiente y precisa dentro de los marcos de un mínimo viable.

Por otro lado, las condiciones de cada prototipado también serán consideradas, ya que desempeñan un papel esencial en el desarrollo

exitoso de los MVP. Se analizarán las condiciones ambientales, los recursos disponibles y cualquier otro factor relevante que pueda influir en la calidad de los prototipos.

Finalmente, se presentarán los resultados obtenidos de los prototipos realizados. Se evaluarán conceptualmente los logros alcanzados, así como las limitaciones y áreas de mejora identificadas durante el proceso. Estos resultados servirán como base para pasar a la siguiente etapa de testeo, en la que uno de los conceptos será seleccionado para seguir mejorándolo y llegar a un producto final en esta investigación.

El primer paso para comenzar con el prototipado es tener claros cuales son los conceptos por trabajar, y gracias al desarrollo del capítulo anterior, se ha determinado que estos serán 3. Esto se debe a que, al estar trabajando bajo la incertidumbre de materiales nuevos, quedarse con una sola idea puede ser riesgoso para tener resultados positivos que vayan más allá de refutar una hipótesis. Dos de estos conceptos están centrados en mezclas de cemento y residuos de caucho y el otro se basa en la mejora

del adhesivo cerámico con la adición de caucho. Por lo que en una etapa inicial se trabajara con el/los mismo/s MVP para ambas propuestas basadas en mezclas de cemento.

La elección de estas ideas fue justificada previamente mediante una evaluación por criterios clave, y una posterior elaboración de un análisis de mercado que permite dar una aproximación del futuro de las propuestas.

Es importante establecer también ciertos objetivos para cada idea en un principio, para así poder tener márgenes claros sobre los que trabajar.

4.1 OBJETIVOS DE CADA PROTOTIPO

4.1.1 Agregar partículas de caucho al adhesivo cerámico:

- Desarrollar un adhesivo cerámico mejorado mediante la incorporación de partículas de caucho que logre aumentar la resistencia a impactos y vibraciones.
- Lograr una adherencia sólida entre el cerámico y las superficies de instalación, brindando una mayor durabilidad y reduciendo el riesgo de roturas o fisuras.

- Reducir el peso total del adhesivo instalado al utilizar un adhesivo más liviano sin comprometer la resistencia y estabilidad del revestimiento.

4.1.2 Pastelones de cemento y caucho:

- Diseñar pastelones que combinen cemento y caucho granulado en su composición para lograr un producto resistente y apto para exteriores.
- Desarrollar una mezcla entre el cemento y el caucho optima, garantizando la durabilidad y estabilidad de los pastelones.
- Crear pastelones de menor peso en comparación con opciones tradicionales.

4.1.3 Esculturas de cemento y caucho granulado:

- Diseñar esculturas utilizando una combinación de cemento y caucho granulado en diferentes tamaños y proporciones.

- Probar mezclas en moldes que ayuden a mostrar la unión de los materiales y su terminación.
- Lograr una escultura con menor probabilidad de fracturarse que una de 100% cemento.

4.2 METODOLOGÍA DE PROTOTIPADO

Luego de haber identificado objetivos, requisitos, y bases de lo que debe ser el MVP, la siguiente tarea en esta fase es elaborar un diseño conceptual, en este punto se debería obtener bosquejos, conceptos plasmados y explicaciones más graficas de lo que se busca hacer.

Posteriormente se pasa a organizar y producir del prototipo inicial, aquí lo que se busca es llegar a un resultado que represente de la forma más básica el concepto expuesto, y con esto validarlo y probarlo con early adopters y/o expertos del tema, con el objetivo de obtener feedback y comentarios que permitan trabajar en una mejora. Una vez obtenida la retroalimentación de los usuarios, se realiza una evaluación detallada del prototipo. Se analizan los resultados, se recopila información relevante y se realizan ajustes o modificaciones necesarios para mejorar

el diseño y la funcionalidad del prototipo. Este proceso de iteración ayuda a perfeccionar el prototipo y llevarlo más cerca de la solución final.

4.3 ELABORACION DE LOS MVP

4.3.1 Agregar partículas de caucho al adhesivo cerámico:

El siguiente proceso se enfocará en el desarrollo de este MVP. Esta innovadora propuesta busca aumentar la adherencia, durabilidad y resistencia del revestimiento cerámico, abriendo paso a una solución más eficiente y sostenible en la industria de la construcción. A continuación, se detallarán el diseño, los materiales y los procesos necesarios para su desarrollo.

4.3.1.1 Diseño del MVP:

Para este concepto, más que dibujos y sketches es necesario realizar estimaciones de las posibles mezclas a elaborar. En cuanto a la ejecución, este debería realizarse bajo ciertos criterios, primero se debe pesar cada material que se agregue a la mezcla, se seguirán las recomendaciones del fabricante de adhesivo cerámico para la elaboración de la mezcla y la proporción de caucho corresponderá a un aproximadamente un 7% del peso total de

adhesivo en polvo. Se revolverá la mezcla de forma manual buscando una velocidad constante hasta llegar a la homogeneidad, para luego dejar reposar la mezcla 5 minutos. Las herramientas mínimas necesarias para elaborar este MVP son: Recipientes para elaborar la mezcla, cerámicas, pesa digital capaz de medir en gramos, colador, llana dentada y una espátula plana. Algunas de estas son visibles en la (Fig. 28).



Fig. 28 - Preparación de materiales

Con estas herramientas se esparcirá la pasta de manera uniforme en una superficie irregular de madera buscando un espesor no mayor a 10 mm, la superficie debe ser limpiada previamente libre de polvo, yeso, pinturas u otros materiales que la contaminen. La aplicación debe ser deslizando la llana dentada con una inclinación de 60° formando estrías en una sola dirección, ya que estas deberán permitir la salida del aire una vez asentada la cerámica. Además, previo a la unión de la cerámica se moja la base de esta con la finalidad de evitar levantamientos o acabados deficientes.

4.3.1.2 Materiales utilizados y sus proporciones

A continuación, se presenta la (Tabla 11), donde se ven los materiales y proporciones para cada mezcla correspondiente.

Si bien el fabricante sugiere una proporción de agua/adhesivo de 0.2 se agrega un poco más debido a que la adición de caucho provoca que esta requiera una hidratación mayor para llegar a una pasta trabajable, con una cantidad de agua común se tiene una mezcla que no es homogénea del todo.

Tipo de mezcla	Adhesivo cerámico normal en polvo normal "Topex" [g]	Agua [ml]	Caucho [g]
Caucho triturado y en polvo	280	78	20
Caucho en polvo	280	85	20

Tabla 11 - Materiales y proporciones MVP adhesivo cerámico

4.3.1.3 Proceso de construcción del prototipo

Establecido el proceso se procedio a juntar los componentes de la mezcla con las cantidaes especificadas. En primera instancia y como se ve en la (Fig. 29) se elabora la mezcla de adhesivo con caucho trituado y polvo, el cual se revolvió de manera constante hasta obtener una consistencia que permita su optima manipulacion, que no sea una mezcla liquida o una masa no homogenizada.



Fig. 29 Mezcla adhesivo, caucho triturado y polvo

Esta luego seria aplicada en una plancha de terciado bajo las condiciones mencionadas previamente, la mezcla esparcida se puede ver en la (Fig. 30). Ademas se aprecian ceramicos ya pegados con la misma mezcla.



Fig. 30 - Cerámicas sobre adhesivo con fibras y polvo de caucho

Pasando a la siguiente mezcla, el primer paso fue limpiar los implementos utilizados para no alterar los adhesivos. Se tamizo el caucho para obtener solo las partículas pequeñas que este ofrece. En principio, como se ve en la (Fig. 31) la mezcla luce más aglomerada y pareciera que el caucho lo hace menos propenso a separarse estando fresco.



Fig. 31 - Mezcla adhesivo y polvo de caucho

En cuanto al espesor del adhesivo modificado, este fue de aproximadamente 5 mm, la (Fig.32) refleja de buena forma la terminación de la unión.



Fig. 32 - Espesor adhesivo con fibras y polvo

Terminando este proceso se dejaron 3 cerámicas con la mezcla de fibras y polvo y 2 de solo polvo, se puede ver en la (Fig. 33) a la izquierda y derecha respectivamente.



Fig. 33 - Instalación cerámicos

Estos primeros MVP se dejaron secar a la intemperie en un lugar techado, con la finalidad de probar un fraguado en exterior, donde el ambiente puede ser mas abrasivo.

A continuacion se muestra en la (Fig. 34) y (Fig. 35) como queda la mezcla secada por mas de 48 horas. A primera vista se aprecia un buen secado, no obstante se pueden ver pequeñas grietas, estas se especula que se deben a las condiciones de secado y el hecho de que esa parte del adhesivo quedo hacia el exterior sin una terminacion profesional.



Fig. 34 - - MVP fibras y polvo secado



Fig. 35 - MVP secado

Cabe destacar que estos prototipos serán analizados posteriormente por un experto en el área para poder mejorarlos o descartarlos.

4.3.2 Pastelones de cemento y caucho:

Para el desarrollo de MVP de pastelones con caucho, se busca un producto resistente y apto para exteriores, que garantice la durabilidad y estabilidad de los pastelones y una reducción de peso relevante en comparación a otros pastelones convencionales. En los siguientes puntos, se detallarán el diseño, los materiales y los procesos necesarios para el desarrollo de este primer prototipo.

4.3.2.1 Diseño del MVP

Para este concepto de pastelones exteriores con agregado de caucho al igual que con el anterior se trabaja directamente probando mezclas más que con dibujos y bocetos ya que no se busca un diseño estético aún.

El proceso de creación comienza con la definición y medición de cada material que se añadirá a la mezcla. En este caso se buscará llegar a una mezcla espesa pero homogeneizada, capaz de verterse en el molde y llenar recovecos. Durante esta mezcla manual, también se buscará mantener una velocidad constante mientras se agita enérgicamente hasta

lograr una homogeneidad completa. Y finalmente un reposo de 5 minutos permitirá que los componentes se asienten y se liberen los excesos de aire interno.

Las herramientas esenciales para llevar a cabo este MVP incluyen, una superficie para trabajar, recipientes plástico o metálicos de aproximadamente 3 litros (Para producir la mezcla), una balanza digital capaz de pesar en gramos y un molde.

4.3.2.2 Materiales utilizados

Los materiales utilizados para este prototipo solo fueron 3, agua, caucho triturado y mezcla de mortero estándar comercializada en “Ferretería Comercial Francisco Toso Ltda.”. En la (Tabla 12) se puede apreciar las distribuciones de materiales en la mezcla para este prototipo.

Tipo de mezcla	Mortero estándar [g]	Agua [ml]	Caucho [g]
Caucho triturado y en polvo	675	153	75

Tabla 12 - Materiales y proporciones MVP pastelones con caucho.

4.3.2.3 Proceso de construcción del prototipo

Una vez establecido las proporciones de los materiales, se procede a juntar los elementos secos al bowl, siendo estos el mortero y el caucho, luego se agrega el agua y homogeneiza todo revolviendo hasta obtener una consistencia como la de la (Fig. 36).



Fig. 36 – Apariencia mezcla MVP pastelones con fibras

De la misma forma esto se aprecia con la mezcla completa en la (Fig. 37), a primera vista parece haber quedado más espesa de lo normal, y se especula que la cantidad de caucho fue más de la necesaria. De todas formas, la finalidad es conocer su comportamiento y rendimiento.



Fig. 37 – Mezcla MVP pastelones con fibras

Finalmente se puede ver en la (Fig. 38) como la mezcla queda dentro del molde de silicona listo para el proceso de secado. Cabe destacar que se utilizaron ladrillos para corregir las desviaciones generadas por el mismo molde.

Luego de más de 3 días secando se llega a un modelo estable y sin desprendimientos a la hora de desmoldar, y como se ve en la (Fig.39) las terminaciones y detalles del molde se formaron correctamente.



Fig. 38 – Mezcla en molde para MVP pastelones con fibras



Fig. 39 – MVP pastelón secado

Se puede notar como el ambiente y condiciones de secado afectan a las terminaciones, ya que este modelo fue secado en una habitación en la que es común la humedad. Esto es visible en la (Fig.40) específicamente en el centro, donde se nota que ha faltado una zona por secar.



Fig. 40 - MVP pastelón secado

Finalmente, en la parte posterior (la primera capa en secar) se aprecia en la (Fig.41) como la humedad hizo efecto al dejar una capa escamosa que se removía con facilidad, dejando una mala terminación.



Fig. 41 - Base pastelón

4.3.3 Esculturas de cemento y caucho granulado

En este concepto se trabajará probando diferentes mezclas de cemento con caucho reciclado y poniendo las mezclas en moldes con figuras con formas poco convencionales, esto para ver el comportamiento de la mezcla ante figuras con ángulos más complejos, y posteriormente su terminación una vez secado.

4.3.3.1 Diseño del MVP

En este MVP, al igual que en los otros, se pasa directamente a probar directamente diferentes mezclas para conocer su rendimiento.

Se dispondrá de recipientes cóncavos para verter los materiales, utensilios como cucharillas, molde de silicona que permita un desmolde eficiente, colador de cocina, pesa digital, y una mesa de trabajo.

Los materiales se juntarán en diferentes proporciones en un recipiente y se revolverá para obtener una pasta homogénea, estas a su vez se irán vertiendo en los moldes en la medida que se hace la mezcla. Al igual que los MVP pasados, ya que se trabaja con materiales basados en cemento las mezclas tendrán un reposo de 5 minutos previos a pasar al molde. Posteriormente se dejarán secar por mínimo 48 horas. Luego serán desmoldados y se evaluara su estado y apariencia.

4.3.3.2 Materiales utilizados y sus proporciones

Para estos modelos se realizaron 3 mezclas diferentes y se probaron todas con la misma figura. Estas se basan en juntar agua, caucho en

diferentes formatos y cemento gris estándar comercializado por “Ferretería Comercial Francisco Toso Ltda.”. A continuación, en la (Tabla 13) se presentan las proporciones de cada modelo. Donde hubo 2 mezclas con fibras de caucho y una con el polvillo.

Tipo de mezcla	Cemento gris estándar [g]	Agua [ml]	Caucho [g]
Caucho triturado y en polvo (1)	298	104	12
Caucho triturado y en polvo (2)	300	110	12
Caucho en polvo	50	23	10

Tabla 13 - Proporciones MVP escultura

4.3.3.3 Proceso de construcción del prototipo

Teniendo claras las medidas de cada mezcla se pasa a la producción de esta. En la (Fig. 42) se muestra la preparación de la primera mezcla y las herramientas presentes como el molde y el recipiente metálico. También se aprecia el caucho y el cemento en las bolsas marrón y transparente respectivamente.



Fig. 42 – Preparación MVP Esculturas

En la (Fig. 43) se parecía de mejor manera la terminación de la mezcla y la consistencia de esta, esta corresponde a la mezcla **Caucho triturado y en polvo (1)**, y se puede ver que tiene un espesor considerable, producto de esto en la mezcla **Caucho triturado y en polvo (2)** se busca agregar un poco más de agua, con la finalidad de obtener una mezcla un poco más maleable que la anterior.



Fig. 43 - Mezcla Caucho triturado y en polvo (1)

Ya obtenidas las 2 primeras mezclas y habiéndolas dejado reposar se procede a verter en el molde de a poco, cuidando que no queden espacios sin rellenar y golpeando suavemente la base para que baje todo correctamente. Esto se representa mejor en la (Fig. 44).



Fig. 44 - Mezclas 1 y 2 en los moldes

Para la tercera mezcla se opta por usar polvillo de caucho para probar diferentes resultados, sumado a esto la proporción agua/cemento esta vez fue cercana a 1:2, más agua que las anteriores que rondaban la proporción 1:3, por lo mismo en la (Fig. 45) se nota que la mezcla quedo mucho más líquida, pero aun así manipulable y con mayor facilidad para ser vertida en los moldes, considerando que estos tienen un tamaño de aproximadamente 3 x 4 [cm].



Fig. 45 - Mezcla con polvillo y cemento esculturas

Luego de mas de 3 dias secando se obtienen los primeros resultados, la apariencia de las figuras queda expuesta en los moldes de la (Fig. 46), aquí se nota una mala terminacion superficial debido a que no se alisó la superficie del todo y se especula que se deba al proceso de secado.



Fig. 46 - Figuras secadas

En la figura también es importante destacar cual pieza corresponde a cada mezcla, en este caso la esquina superior izquierda es “Caucho triturado y en polvo (1)”, la pieza en la parte inferior izquierda es la mezcla con caucho en polvo, y finalmente las 2 del lado derecho corresponden a “Caucho triturado y en polvo (2)”.

A continuación, en la (Fig. 47) se muestra la terminación de cada una de las piezas elaboradas. Ordenadas de izquierda a derecha como mezcla (1), mezcla (2) y mezcla con caucho en polvo. De la misma forma es importante apreciar la versión posterior de las figuras, esto se ve claramente en la (Fig. 48).

Al ver cada una de las piezas nos podemos percatar que existen diferencias visuales claras entre las primeras 2 mezclas y la de solo polvo. Se nota una terminación mucho más fina y brillante en la última, esto se sospecha que es debido a que fue una mezcla más líquida que las otras. Por otro lado, se destaca la aparición de varios poros, sobre todo en la primera mezcla.

En cuanto a la fragilidad de estas, se probó quebrando de forma manual figuras que se hicieron con los excedentes de estas mismas

mezclas. En todos los casos no se aprecia una resistencia relevante de estas.



Fig. 47 - Piezas decorativas secas



Fig. 48 - Piezas decorativas parte trasera

4.4 EVALUACION DE RESULTADOS

4.4.1 Evaluación de los MVP desarrollados

Para el desarrollo y validación de esta memoria se ha optado por contactar a “Construcción Remodelación y Mantenimiento FLX SPA” Esta empresa se ajusta correctamente a los productos que se están desarrollando en esta etapa, específicamente para los MVP del adhesivo cerámico y el de los pastelones. Esta empresa cuenta con trabajadores experimentados en las obras de remodelación y construcción en las diferentes áreas del hogar, tanto interior como exterior. Dirigidos por un ingeniero en diseño y fabricación industrial con más de 3 años de experiencia en el rubro. Los conocimientos y manejo de cerámicos y cementos de los empleados se justifican con las labores que hacen día a día, obteniendo resultados satisfactorios para sus clientes.

En cuanto a su aporte y visión respecto a este proyecto, hubo un primer acercamiento con esta empresa en el que se han presentado los MVP del adhesivo cerámico y el pastelón. Para cada idea se obtuvo un feedback que nos será de

suma utilidad en la toma de decisiones finales, ya sea para descartar la idea como para mejorarla.

4.4.1.1 Adhesivo cerámico con caucho:

Este MVP fue analizado por parte de FLX de manera conceptual, viendo el producto, manipulándolo y probando su resistencia a diferentes esfuerzos manuales. Cabe destacar que este análisis fue hecho con el material ya secado en un exterior techado. Este análisis por parte de FLX nos servirá para determinar los factores clave del MVP, de la visión de alguien con mayores conocimientos y experiencia sobre el material.

En un primer acercamiento se comenta que la flexibilidad es una propiedad muy relevante para superficies y estructuras flexibles como lo puede ser las que están hechas de madera. Además, puede ser útil tanto para pisos como paredes, debido a que Chile es un país sísmico. Por lo que un producto con esta característica es algo bastante comerciable.

Uno de los primeros puntos que se destacan sobre este prototipo es la gran ayuda que dan las fibras de caucho a la mezcla, este aporta en gran manera a que se reduzcan grietas, y mantiene

una unión firme al estar seco, aun así, se plantea que esta fibra en un tamaño menor y con mayor cantidad podría funcionar mejor. A diferencia de las fibras, la mezcla que solo usa polvo del caucho no demuestra a primera vista una mejora en las propiedades.

Como experiencia personal de esta empresa, se menciona que, en búsquedas por mejorar la flexibilidad en adhesivos cerámicos, se ha utilizado aditivo mejorador de adherencia y cola fría en las mezclas. Resultado de esas mezclas se encontró que el aditivo no genera mayores cambios. Por otro lado, la cola funciona mucho mejor, pero el punto negativo de esta es el precio, es un producto caro al llevarlo a escalas mayores y usarlo para mejorar mezclas. Por lo mismo, se recalca mucho lo económico que es utilizar el caucho, ya que se les menciona que este cuesta 60 CLP por kilogramo de caucho triturado (precio de venta INSAMAR).

Finalmente, una característica que se aprecia de la mezcla es la buena homogenización que esta tuvo, debido a que no se aprecian grumos y el caucho no se repele con el adhesivo.

4.4.1.2 Pastelones:

Este prototipo de pastelón construido con caucho también ha sido sometido a un análisis exhaustivo por parte del equipo de FLX. Al igual que con el MVP anterior, este se evaluó mediante su manipulación y pruebas de resistencia con diversas cargas manuales, con esto se ha podido testear la durabilidad del producto y su rendimiento.

Uno de los hallazgos iniciales se centra en un uso sobrepasado de caucho en el MVP, con una cantidad de 75 gramos, a primera vista parece ser demasiado para la mezcla. Por otro lado, la presencia de fibras de caucho en la mezcla también ha demostrado ser beneficiosa al contribuir en la reducción de grietas y en el establecimiento de una unión sólida una vez seco. Además de esto, se destaca una buena terminación del modelo, aunque se recalca que genera polvillo al ser frotado. Por lo mismo, la mezcla pareciera no soportar rayones o fuerzas con objetos puntiagudos. Al hacer pruebas teóricas de fuerza manual con el pastelón, como pararse y pisar encima del modelo e intentar doblarlo por los extremos con las manos, se descubre que este no tiene una gran resistencia

ante estos esfuerzos, se generan grietas rápidamente, y se especula que se debe al exceso de caucho. Por otro lado, se aprecia que el peso de este es aparentemente menor a un pastelón convencional, tomando como punto de comparación a un pastelón de la marca Grau con medidas 50x50x5 [cm] pesa 23.56 [Kg]. Para ponerlo en contraste con este primer MVP de medidas 14.5x14.5x3 [cm] y un peso de 0.92 [Kg], buscaremos la densidad aparente (ρ) del pastelón Grau y luego se calculará el peso que este tendría con las dimensiones del MVP presentado, esto para conocer si hubo una reducción de peso es significativa.

Para calcular la (ρ) del pastelón convencional es necesario usar la formula " $\rho = m/v$ ", donde:

ρ = densidad, la cual se mide en kg/m³.

m = masa, en kg.

v = volumen, en m³.

Unidades de medida según el Sistema Internacional de Unidades SI (Pérez D'Gregorio, 2002)

Con esto tenemos que la densidad del pastelón convencional corresponde a:

$$\rho = 23.56 / (0.5 \times 0.5 \times 0.05)$$

$$\rho = 23.56 / 0.0125$$

$$\rho = 1884.8 \text{ kg/m}^3$$

Luego, al conocer esto, se reorganiza la fórmula para conocer el peso de un pastelón con las medidas deseadas. Quedando de la siguiente manera:

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

$$m = v \times \rho$$

$$m = (0.145 \times 0.145 \times 0.03) \times 1884.8$$

$$m = 1.1888 \text{ [Kg]}$$

Con este cálculo sencillo nos hemos dado cuenta de que la reducción de peso que se da al pastelón con la adición de caucho realmente no es significativa, si bien la reducción de peso es aproximadamente un 22%, esto no compensa la perdida de otras propiedades mecánicas.

Pasando a otra arista de los pastelones, es importante considerar que factores externos al

caucho pueden tener un impacto en la producción de estos pastelones, ya que las condiciones de mezcla y secado son un factor determinante para los resultados finales. En este sentido, la mezcla de mortero usada ha buscado a mantener la coherencia con las mezclas que se hacen comúnmente en la industria, siendo generalmente hechas en base a cemento, arena y gravilla.

Finalmente, se plantea la posibilidad de que la inclusión del caucho permita una mayor dilatación térmica del material, lo que podría ser una característica favorable en entornos sujetos a cambios de temperatura.

4.4.1.3 Esculturas:

Si bien FLX es una empresa que se dedica remodelación, fabricación y construcción, no está tan alejado de lo que compone el desarrollo de este prototipo, por lo que el feedback que se puede recibir por parte de ellos, será abordado por el área de la materialidad, más que de lo estético. En esta situación lo ideal sería que un experto en esculturas analizara esto, aun así, se considera suficiente la experiencia de esta

empresa para poder hablar de la estructura de las mezclas y cómo se comportan.

Teniendo esto en cuenta, uno de los primeros comentarios que se reciben, son respecto a la apariencia, donde se recalca la buena terminación del cemento con polvillo. A su vez se nota la preocupación por los poros generados en las mezclas más espesas. Ante esto se sugiere agregar menos caucho, ya que este parece interferir cuando está en exceso.

Por otro lado, al hacer pruebas manuales de esfuerzo con las piezas no se aprecia un aporte por parte del caucho en polvo. En las piezas con fibras, existe una sensación de mayor agarre, pero no hay mayor diferencia con la de polvillo. Por lo que siguen manteniéndose como figuras frágiles.

Otro punto que se destaca es la posibilidad de pintar las piezas, y que queda como una buena opción para mejorar más aun la propuesta.

En gran medida, se cree que esta propuesta no genera mayores cambios con el caucho, siendo este un aporte con poco significado. Ya que las figuras decorativas en general no están hechas

para resistir grandes esfuerzos. Por lo que esta no está dejando de ser la excepción.

4.4.2 MVP elegido

Después de haber hecho un análisis de cada prototipo y evaluarlo con alguien capacitado y suficiente experiencia en el rubro, es necesario descartar ideas para poder continuar con la que tenga más potencial para generar mejoras y aportar a la investigación de nuevos materiales. Acompañado de esto, y al ser el desarrollo de un producto es importante buscar la idea que sea más viable entre las 3, tanto para su producción como su posible comercialización.

Un factor más importante para el éxito de cualquier nuevo producto es la capacidad de ofrecer ventajas claras y tangibles sobre las alternativas existentes en el mercado. En el caso de los pastelones con incorporación de caucho existe una falta de ventajas claras, las propiedades adicionales que el caucho aporta al prototipo no son lo suficientemente notables o beneficiosas en comparación con los pastelones tradicionales (que utilizan cemento, arena y gravilla). Asimismo, si los pastelones convencionales ya son ampliamente aceptados y

cumplen con los requisitos de los proyectos de construcción, podría ser difícil persuadir a los consumidores y profesionales del sector de que adopten una alternativa que no aporte mejoras claras. Por otro lado, como se mencionó en el análisis de estos pastelones, pueden existir variados problemas de fabricación. La viabilidad de la fabricación y producción en masa es un factor crítico para cualquier producto. En este caso la incorporación de caucho en los pastelones podría traducirse en complicaciones en el proceso de fabricación, como dificultades en obtener una mezcla homogénea de los materiales o cambios en la viscosidad de la mezcla que dificulten la aplicación. Aunque estos son solo hipótesis basadas en el ojo crítico de un experto.

Si la incorporación del caucho implica complicaciones para la estandarización del proceso, o la escalabilidad y hasta la capacidad de mantener una calidad de producto aceptable, podría ser una razón para descartar la viabilidad del MVP.

En cuanto a las esculturas, si se pone en contraste con el prototipo de los pastelones, se

generan más dudas sobre el potencial de esta idea. Uno de los factores clave que determinan esto es que el caucho reciclado no aporta significativamente a las propiedades o aspecto de las esculturas. Si el caucho no mejora de manera sustancial la durabilidad, textura, apariencia u otras características importantes de las esculturas, podría no justificar su uso.

Gracias al análisis anterior, se pudo notar en las pruebas iniciales que no se han demostrado los resultados deseados en términos de durabilidad, resistencia de las esculturas, por lo que no se considera suficiente como para realizar pruebas más técnicas. Así mismo, el uso de mucho caucho o poco, no produce cambios relevantes en la apariencia superficial de estos, como podrían ser, pintas negras, o una superficie donde resalte el caucho.

Por otro lado, esta propuesta se aleja del ámbito de la ingeniería en diseño de productos. Si bien la ingeniería abarca un enfoque técnico y funcional en la creación de soluciones prácticas y eficientes, la creación artística y estética de esculturas posee un carácter más subjetivo y expresivo. La combinación de cemento y caucho

reciclado podría tener una relación más directa con los principios de diseño ingenieril y, en cambio, se estaría centrando en cuestiones artísticas y creativas. Al carecer de la experiencia necesaria en el campo de la escultura y el arte, la propuesta pierde mucho valor.

En cuanto al adhesivo cerámico modificado, se tiene una mejor consideración de esta propuesta, las posibilidades que se ven en los primeros prototipos reflejan un gran potencial para desarrollar más aun el producto. Esto se ve gracias al rendimiento que tuvo el caucho dentro del adhesivo y el buen recibimiento por parte del experto en estos materiales.

Se pudo notar una mejora en su rendimiento con este primer MVP, lo que implica que seguir probando mezclas y realizar pruebas técnicas eventualmente llevara a un adhesivo mejorado.

El agregar caucho en la proporción correcta, no solo podría mejorar la flexibilidad, resistencia, sino que también se estará reduciendo en gran medida el costo total de en comparación a adhesivos especiales, como se mencionó en otro momento con la línea “Bekron steel”. Esta reducción de costo se especula que podría llegar

a ser hasta en un 80%, debido a lo económico que es el caucho y que se usaría como base un adhesivo estándar. Por lo que se estará llegando a un producto de muy alta calidad a un bajo precio, lo que claramente lo hace muy competitivo en el creciente mercado de la construcción y remodelación. Este bajo costo del caucho se debe a que para las recauchadoras este es un desecho que ellos están generando, y buscan deshacerse de él sin eliminarlo directamente al medio ambiente.

Tomando el punto anterior, se destaca además lo beneficioso que es este producto para colaborar con la economía circular y evitar el desperdicio de estos elementos.

Finalmente, si se llegase a una mezcla que no reduzca las propiedades del adhesivo y mejore su rendimiento, puede que sea mucho más apto a condiciones climáticas extremas, como variaciones de temperatura, humedad y ciclos de congelación y descongelación.

Por todo lo anterior, es que las propuestas del pastelón y las esculturas quedan descartadas para las siguientes etapas de la investigación. A partir de este punto se trabajará en mejorar de

manera práctica y efectiva los adhesivos cerámicos existentes, beneficiando tanto a los profesionales del sector como a los usuarios finales. Esta decisión se fundamenta en la viabilidad técnica demostrada en tests preliminares y en la identificación de oportunidades para introducir innovaciones en la industria.

4.5 IDEF0

Para esta etapa y ya habiendo definido que la propuesta del adhesivo cerámico mejorado pasa al siguiente nivel, por lo que su elaboración y estudio ahora tendrá un enfoque aun mayor, se trabajará en obtener un producto con la mejor proporción caucho/adhesivo para obtener las propiedades de flexibilidad buscadas. Pero antes de lograr eso es necesario entender cómo se llega a este producto, para esto la herramienta idef0 será de gran ayuda para representar de forma clara y técnica el proceso que requiere este producto. A continuación, en la (Fig. 49) se puede ver en términos generales el diagrama explicativo del proceso que implica este desarrollo. Luego, en la (Fig. 50) se muestra más detalladamente cada etapa que se debe pasar para llegar a la mezcla final.

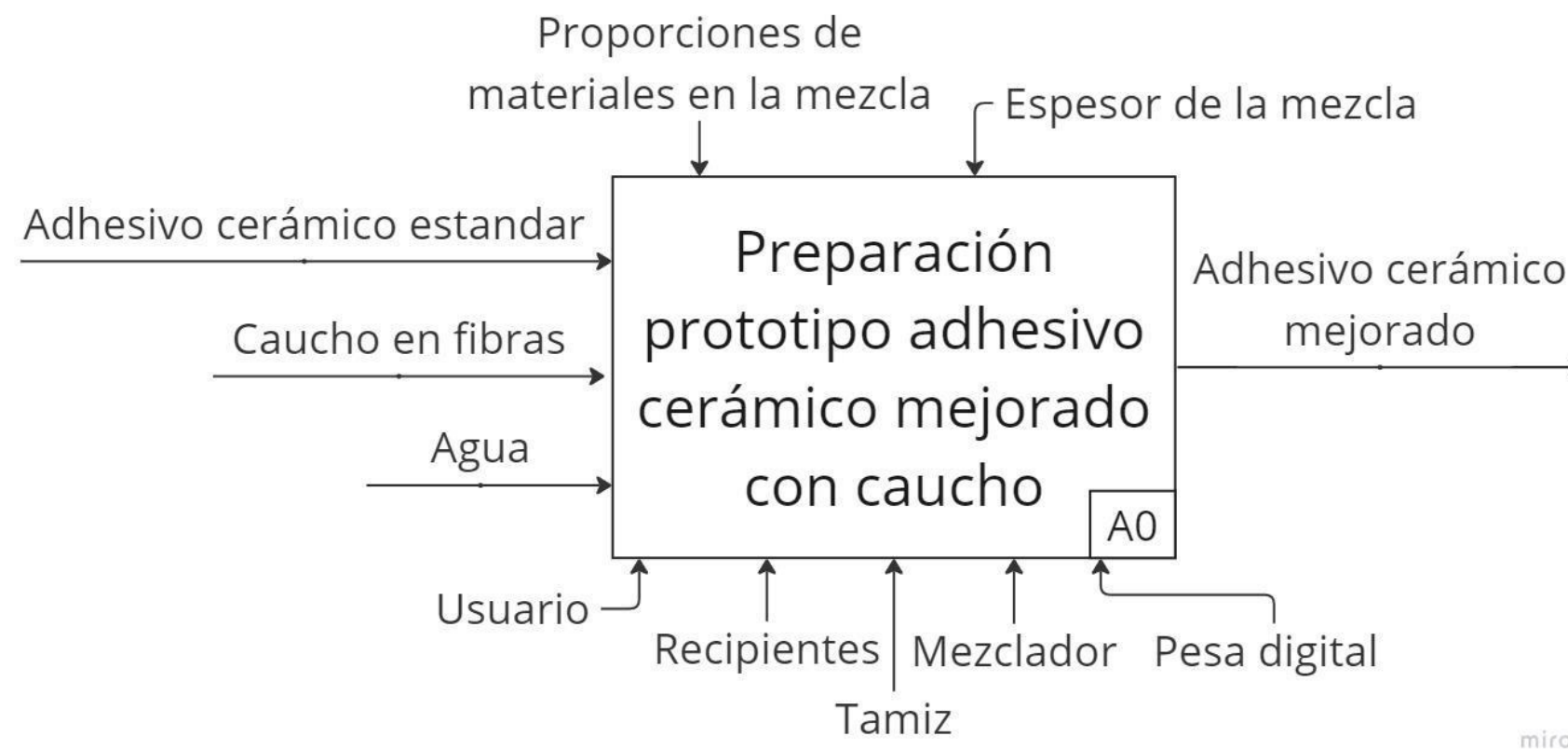


Fig. 49 - IDEF0 Adhesivo mejorado

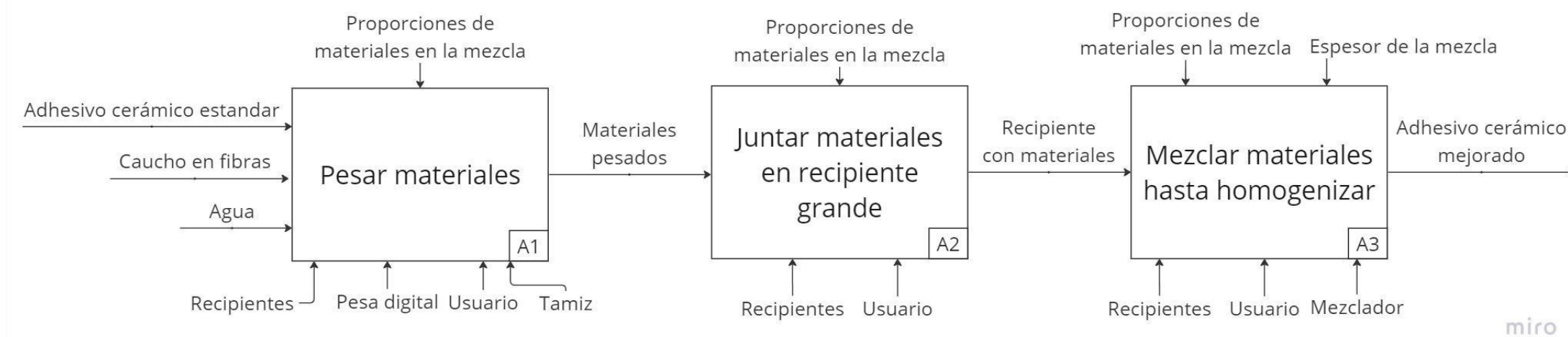


Fig. 50 - IDEF0 Adhesivo mejorado detallado



CAPÍTULO 5

TESTEO Y MEJORAS

112

CAPÍTULO 5 – TESTEO Y MEJORAS

En el presente capítulo se abordará la última etapa del Design Thinking, completando este proceso se podrá dar por culminado el desarrollo de un material de bajo impacto ambiental, como propone el título, mejorando las propiedades de un derivado del cemento. El objetivo para este nivel es retomar el modelo del capítulo previo, estudiarlo con el experto, y generar mejoras en este. En adición a eso, será necesario realizar pruebas mecánicas en laboratorio que avalen las propiedades que se espera que tenga este producto, específicamente su flexibilidad. Estas pruebas nos permitirán ajustar y afinar las características del producto en función de los resultados obtenidos, y lo más importante, poder validar o refutar el aporte que hace el caucho al adhesivo.

5.1 SEGUNDO PROTOTIPO

Como punto de partida, se establece que la mezcla de caucho con adhesivo cerámico estándar si produce una mejora a primera vista, como se mencionó previamente ante el juicio del experto la idea tiene potencial, y hace falta perfeccionarla para llegar a una mezcla ideal. Para esto se estuvo trabajando en conjunto con

FLX para crear 3 nuevas mezclas y evaluarlas de manera conceptual, y luego ser llevadas a un laboratorio que rectifique las propiedades de este nuevo material.

Cada mezcla será usada para unir cerámicos comunes a una plancha de internit de fibrocemento ranurado antihumedad, con esto se asegurará una buena adherencia y se podrá ver el comportamiento de las diferentes mezclas tanto en su estado fresco como ya secas.

A continuación, en la (Tabla 14) se muestra las proporciones de cada mezcla realizada en este segundo proceso de prototipado. Se puede notar que la única diferencia que hay en cada mezcla es la proporción de caucho que lleva cada una, además, hay que resaltar que solo se usan fibras.

Tipo de mezcla	Adhesivo cerámico normal en polvo normal "Topex" [g]	Agua [ml]	Caucho [g]
Caucho triturado (1)	487	155	30
Caucho triturado (2)	487	155	20
Caucho triturado (3)	487	155	10

Tabla 14 - Proporciones segundo prototipo

En la (Fig. 51) se muestra la preparación de los materiales necesarios para elaborar estas mezclas, se ve también la separación de los 2 tamaños de caucho, para así poder utilizar solo las fibras.



Fig. 51 - Preparación materiales segundo prototipo

Luego en la (Fig. 52) se muestra la consistencia de la primera mezcla “**caucho triturado (1)**”, este es el adhesivo que más caucho contiene, por lo que se aprecia un espesor considerable. El experto que colaboro por su parte comenta que, al manipular la mezcla en sí, esta no se siente con mucha diferencia respecto a una mezcla normal, pero se destaca que al momento de

aplicarla con la llana dentada se sentía el caucho como un pequeño obstáculo.



Fig. 52 - Mezcla caucho triturado (1)

Esta aplicación del adhesivo se puede ver claramente en la (Fig. 53) donde se nota un espesor apropiado y correcto uso de la llana. Además, como recomendación, se sugiere humectar ambas superficies antes de aplicar el adhesivo, tanto del cerámico como del internit, y así mismo se recomienda aplicar la mezcla en ambas superficies, para así asegurar una mejor adherencia.



Fig. 53 - Aplicación mezcla (1)

Como se muestra en la (Fig. 54) las cerámicas se han instalado de a 2 para así poder evaluar la unión y como se comporta una vez secado, además se han puesto espaciadores para asegurar una unión simétrica.

Como otro punto importante, también se menciona que un exceso de caucho podría llevar a problemas con la nivelación de los cerámicos, esto debido a la resistencia que ejerce el caucho ante fuerzas de compresión.



Fig. 54 - Cerámicas con mezcla (1)

Pasando a la mezcla “**caucho triturado (2)**” presente en la (Fig. 55) podemos notar como la reducción de caucho afecta notablemente al espesor de esta, con una apariencia mucho más pastosa y húmeda.

Al momento de aplicar la mezcla se comenta que esta tiene una mayor facilidad para ser aplicada en comparación a la anterior, en este caso el caucho ya no se comporta como un obstáculo al momento de esparcir la mezcla, sino como un facilitador. Se espera que esta mezcla tenga mejores resultados que la (1) para cuando estas se sequen.



Fig. 55 - Mezcla (2)

Ya analizando la última mezcla “**caucho triturado (3)**”, se puede apreciar en al (Fig. 56) una mezcla aún más líquida que la anterior, producto de la reducción en la cantidad de caucho. A pesar de su apariencia, esta no se comporta como líquido, sigue teniendo una textura pastosa y se ve una correcta homogenización por parte de los materiales. En cuanto a su aplicación, el experto menciona que no hay mayores diferencias respecto a la mezcla (2), el caucho se comporta bien y su aplicación en la plancha de internit no presenta complicaciones. Se menciona que hace falta

evaluarlo en seco para poder notar diferencias claras en este caso.

A continuación, en la (Fig. 57) se muestra la distribución de las cerámicas con cada mezcla diferente. Cada dupla de cerámicas con sus respectivos espaciadores.



Fig. 56 - Mezcla (3)

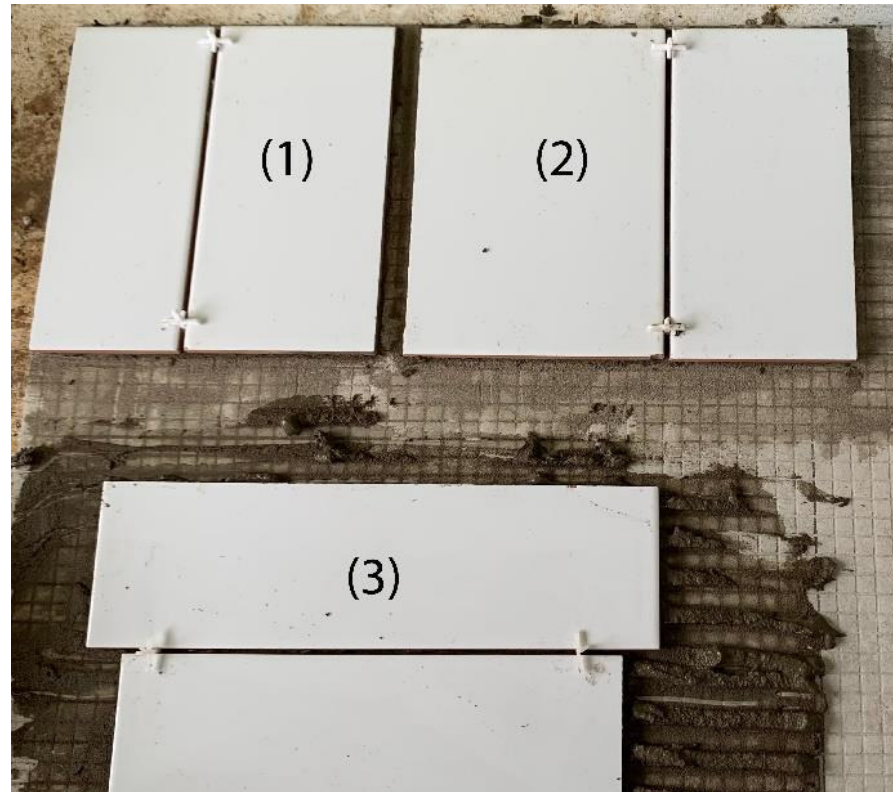


Fig. 57 - Cerámicas fijadas

Luego de 2 días secando, se puede ver en la (Fig. 58) como quedan las piezas de la mezcla (2). También, en la (Fig. 59) se muestran las 3 mezclas secadas.



Fig. 58 - Cerámico de mezcla (2)



Fig. 59 - Adhesivos segundo prototipo secados

5.2 ENSAYOS MECÁNICOS

Como método para asegurar la eficiencia, y corroborar definitivamente las propiedades que se proponen del adhesivo cerámico modificado, es necesario realizar pruebas mecánicas con herramientas de medición precisas.

Es importante antes, aclarar que en Chile no existe normativa para los Adhesivos de cerámica, por tanto, se utilizan las normas internacionales de adhesivos, UNE-EN 12004, UNE-EN 1348, ISO13007 y normativa extranjera IRAM 45062. (Corporación de Desarrollo Tecnológico, 2018). Para los adhesivos específicamente, existe una clasificación según norma UNE 12004, esta se puede ver mejor en el (Anexo 9). Por ejemplo, los adhesivos a los que se apunta competir (Bekron Steel) cuentan con una clasificación “C2” y “S2”, lo que significa que es un “adhesivo cementoso mejorado” y un “adhesivo de alta deformabilidad respectivamente”. Por otro lado, la línea “Bekron standard” cuenta con una clasificación “C1”, que corresponde a un “adhesivo cementoso normal”. Con este proyecto se espera lograr una clasificación de “C1” y “S1” como requisito mínimo para considerarlo como exitoso, donde se espera que “C1” se obtenga por defecto al

usar como base un adhesivo estándar. Para los adhesivos cementosos, la normativa determina si es “S1” o “S2” según su deformación transversal, si esta es igual o superior a 2,5 mm e inferior a 5 mm corresponde a “S1”, si esta es igual o superior a 5 mm pasa a ser “S2”.

Ya secadas las mezclas, se llevan con FLX para ser estudiadas nuevamente, en esta reunión se determina que la mezcla (2) corresponde a una proporción adecuada para trabajar, ya que se posiciona como un punto medio entre las 3 mezclas. La mezcla (1) fue compleja para esparcir y trabajar, quedaba muy seca. Y la (3) fue una mezcla que en sí se parecía a la (2) pero su consistencia fue más líquida de la esperada. Por otro lado, la adhesión que se observó en la segunda muestra se vio de manera muy positiva por parte del experto. Teniendo esto en mente, a continuación, se llevarán 2 mezclas con cerámicos al laboratorio para testear su flexibilidad con el PILOT PRO, Automatic Compression-Flexural Cement Testers, una probeta con las proporciones de la mezcla (2) y otra con mezcla sin caucho, con la finalidad de comparar el rendimiento de ambas y tener un punto claro para analizarlas. Estas probetas

están preparadas esparciendo con una llana dentada la mezcla sobre un internit de fibrocemento sobre el cual se pegan 2 cerámicos del mismo tamaño. La probeta es situada en los 2 puntos de apoyo de la máquina y se les ejerce una fuerza perpendicular a lo largo de la unión, entre los cerámicos, esto se puede apreciar mejor en la Fig. 60.

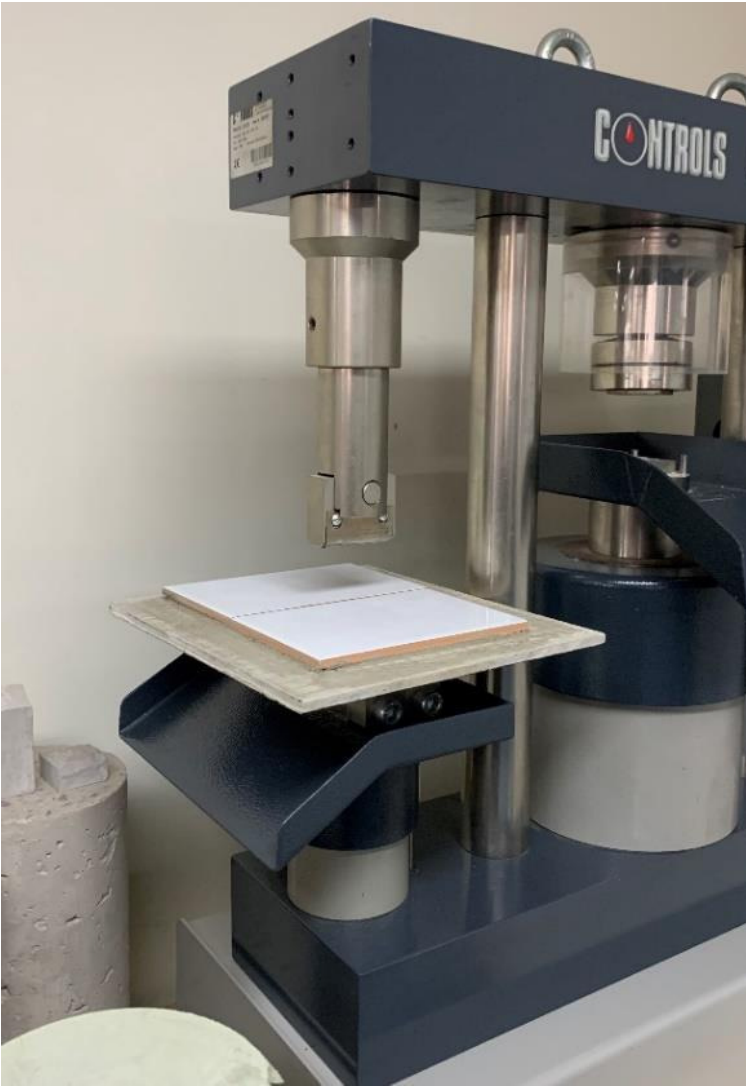


Fig. 60 Pilot pro con probeta cerámica

A continuación en la tabla se presentan los resultados obtenidos:

Prototipo	Adhesivo +Caucho triturado	Adhesivo sin agregado
Adhesivo cerámico estándar “Topex” [g]	487	487
Agua [ml]	155	155
Caucho [g]	20	0
Carga soportada [Ton]	0,11	0,073
Resistencia a la flexión [Kg/cm²]	19,66	15,08

Tabla 15 Resultados test flexibilidad

A continuación, se muestran en las Fig. 61 y 62 los gráficos y datos recogidos por la Pilot pro de la mezcla con y sin caucho respectivamente.

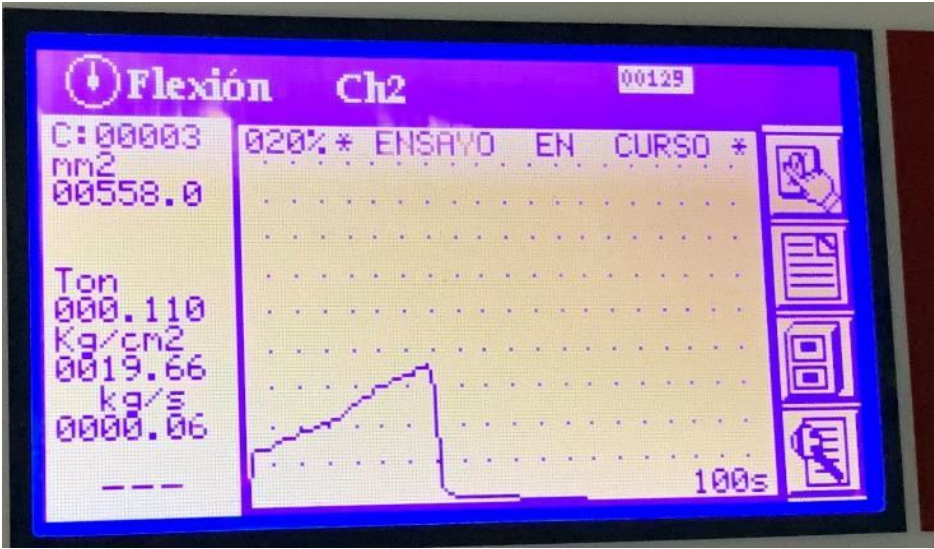


Fig. 61 Datos probeta con caucho

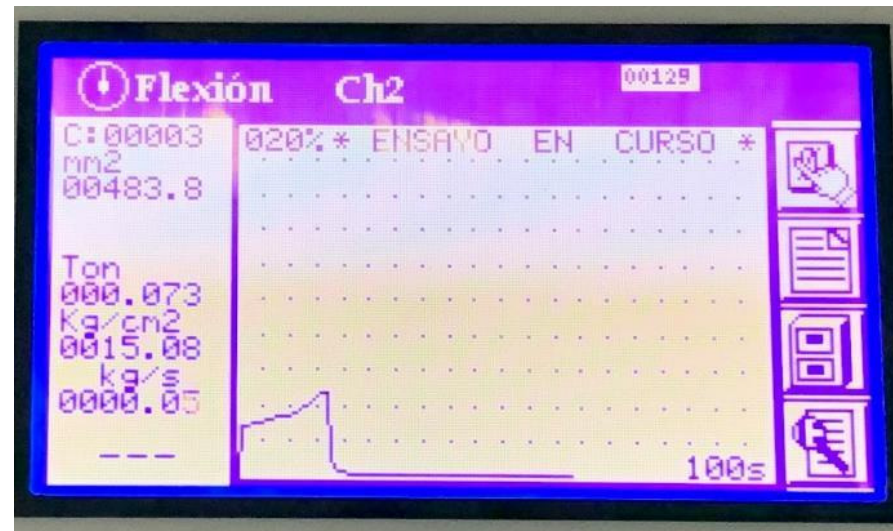


Fig. 62 Datos probeta sin caucho

Habiendo obtenido estos datos se puede destacar que claramente existe una diferencia en cuanto a la flexibilidad que otorga el caucho en los adhesivos cerámicos, obteniendo un 30% extra de flexibilidad en comparación a la mezcla de adhesivo estándar y soportando un 50% mas de carga central.

MODELO DE NEGOCIOS |

En la (Fig. 61), se puede ver en detalles el modelo de negocio, hecho a través del "Canvas", una herramienta que permite visualizar y analizar cada componente esencial la propuesta en un posible escenario donde este producto se lanza al mercado. Este modelo de negocio es una expresión tangible de la visión de un futuro donde

la innovación es capaz de aportar en la economía circular, colaborar con la ley REP y poner en el mercado un producto competitivo.

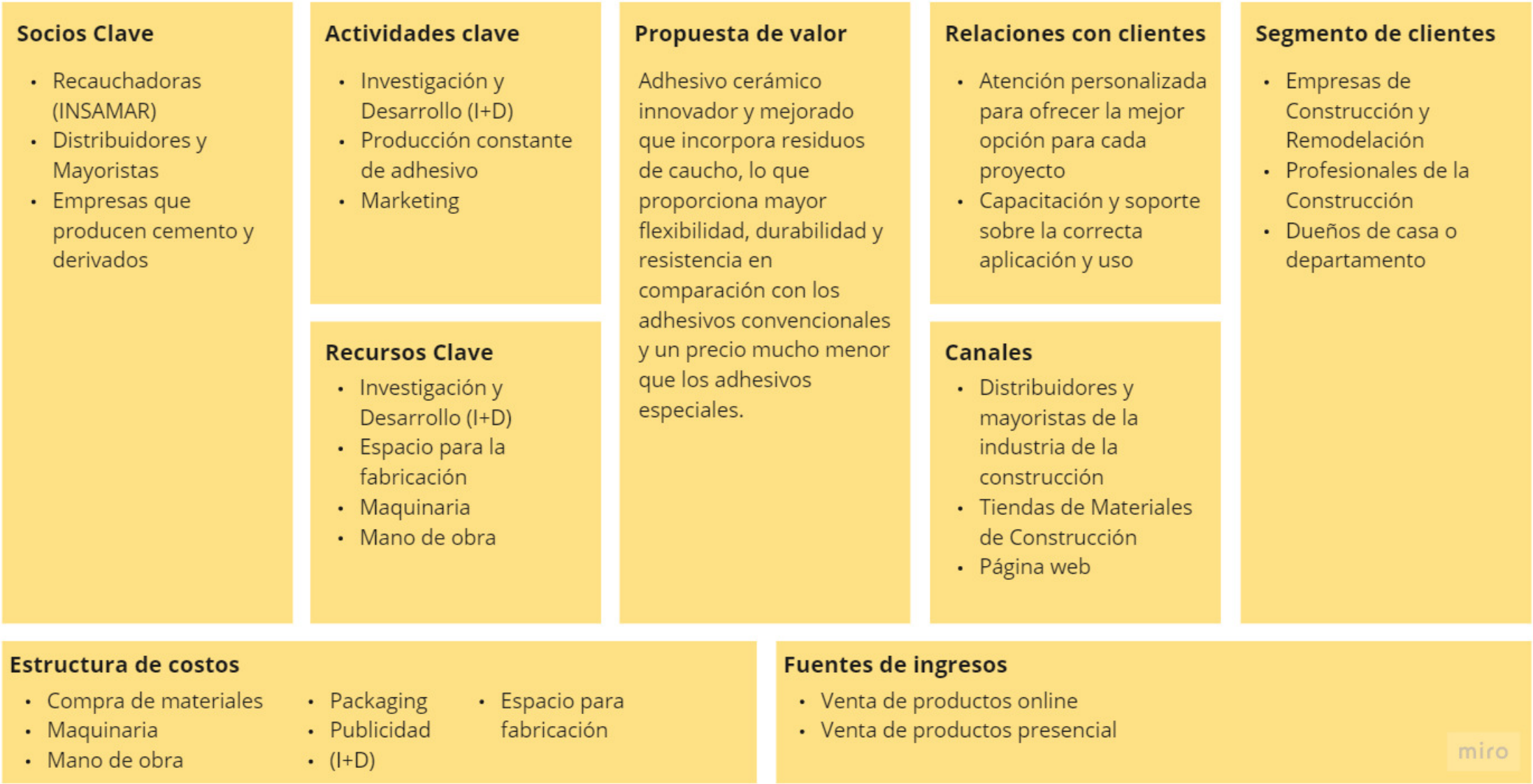


Fig. 63 - Modelo de negocios

CONCLUSIONES |

A lo largo del trabajo se ha seguido una metodología que nos ha guiado por un gran camino que ha funcionado poco a poco como un embudo, en el que primero se buscaron usuarios y problemáticas, luego se generaron variedad de ideas para suplir esas necesidades, y cada etapa que se iba cruzando, era como un embudo para llegar a la mejor opción posible. Pero toda esa labor, no habría podido ser dirigida correctamente sin objetivos claros. Por lo que es importante una vez culminado el proceso, evaluar cómo se cumplieron estos objetivos.

Como objetivo general se buscaba desarrollar un material innovador, basado en el uso de residuos del recauchaje y materiales cementicios. Esto con el fin de mejorar sus propiedades físicas o funcionales de algún producto en particular. Pero para cumplirlo es necesario completar los objetivos específicos.

En un inicio se ha logrado estudiar sobre los residuos generados en el recauchaje y con eso conocer las diferentes investigaciones que existen relacionado a su reutilización, cumpliendo así el primer objetivo específico.

Luego, al entrar al proceso de empatía y definición, se logró identificar potenciales usuarios, en conjunto con sus problemáticas y los posibles áreas y usos que ven para un nuevo material basado en la reutilización de caucho, completando así el segundo objetivo específico.

Con esto se buscaría desarrollar un material nuevo agregando caucho en la medida correcta, y que cumpla con los requerimientos mecánicos de la aplicación seleccionada. Pasando por diferentes etapas de ideación y aplicando criterios se determina que la propuesta a seguir es un adhesivo cerámico modificado con caucho que logre mejorar su flexibilidad. Habiendo llegado a una mezcla aceptable y validado como prototipo se logra completar el tercer objetivo específico.

Luego, al ser analizado comercialmente, se determina que es un producto con potencial en un mercado con grandes competidores en el área, ya que este es económicamente viable por el costo de la materia prima que este supone, considerando el costo de un adhesivo cerámico estándar y el bajo costo del caucho como agregado. Esto lo convierte en un producto con

un nicho claro, un área de aplicación específico y elementos diferenciadores que se ponen a la altura de la competencia. Con esto se logra el cuarto objetivo específico.

Finalmente se logró evaluar satisfactoriamente su aplicación y se validó su funcionamiento con una empresa de remodelación ya establecida con vasta experiencia en el área. Sumado a eso, se probó a nivel de laboratorio una mejora en la flexibilidad de adhesivos cerámicos con caucho, obteniendo un 30% de flexibilidad extra en comparación al adhesivo estándar. Cumpliendo así con el quinto objetivo específico y con la hipótesis propuesta.

Por otra parte, el impacto que puede tener este proyecto a nivel de residuos es significativo. Si se considera que para unir 2 cerámicas de 20x20 [cm] se usaron 20 gramos de caucho, y que un neumático recauchado genera aproximadamente 6 [Kg] de desecho, solo haría falta usar el adhesivo en una superficie de 24 [m²] para valorizar la pureta.

Con esta investigación se ha aportado en gran medida a las áreas de diseño, construcción y remodelación de hogares. Se ha resuelto un problema relevante, al mejorar el rendimiento de los adhesivos convencionales a un bajo costo, reutilizando un desecho y sin necesidad de procesos complejos. Con esto además se ha ampliado el conocimiento existente respecto al uso que se le puede dar al caucho en el ámbito de la construcción y a como se le han podido seguir encontrando aplicaciones novedosas y así evitar que siga siendo un desecho.

Que estas conclusiones sirvan como un puente hacia un futuro en el que la creatividad y la sostenibilidad converjan para construir un mundo mejor. En esta investigación no solo se ha mejorado un adhesivo, sino que se ha contribuido a la construcción de un futuro más sólido y sostenible para todos.

TRABAJO FUTURO |

En cuanto a los trabajos futuros de esta investigación, hay varios aspectos clave que merecen un enfoque más detenido. Un punto importante es la consideración sobre protección de la propiedad intelectual, tanto del material desarrollado como de los procesos de producción. Es un factor clave que las innovaciones y avances logrados estén aseguradas adecuadamente para un futuro.

Un trabajo relevante para el futuro también es la activación de este mismo concepto, implementando el modelo de negocios y conectar con las empresas correctas como Insamar o Llach, además de las empresas fabricantes de cementos y derivados, para así obtener la materia prima de manera directa. Esto debe estar acompañado de un financiamiento inicial, ya sea buscando inversionistas o postulando a fondos concursables.

Asimismo, esta investigación ofrece una base sólida para explorar nuevas aplicaciones de este material. Dada la versatilidad y el potencial del adhesivo cerámico, surge la oportunidad de investigar cómo este material puede encontrar su lugar en otros sectores.

También, a pesar de haber sido descartada en una etapa anterior, la idea de los pastelones con caucho sigue siendo un territorio para explorar. El potencial hallado en este concepto nos demuestra que no hay que cerrarle las puertas por completo. La innovación de productos muchas veces nace de la reconsideración de ideas previamente descartadas, por lo que una exploración más profunda puede llegar a resultados que antes no se habían considerado.

REFERENCIAS |

AATH. (2022, septiembre 8). *¿Qué es la trabajabilidad y por qué no se la puede medir?* – AATH. <https://www.aath.org.ar/?p=4507>

Amin Nazer Varela & Osvaldo Pavez Miqueles. (2012). *Uso de las escorias de cobre de depósitos abandonados, como un nuevo material de construcción*. Universidad de Atacama. https://goreatacama.gob.cl/wp-content/uploads/2019_03_12_Informe_Final_Cierre.pdf

Angeles Briones, Ismael Oliva B., & Karla Ramírez Hernández. (2020). *INDUSTRIA DEL CEMENTO EN CHILE: CBB Y SU MIRADA AL FUTURO*. *Estudios de Administración*, 27 (2), 64-95. <https://doi.org/10.5354/0719-0816.2020.58179>

Buzan, T., & Buzan, B. (2017). *The Mind Map Book – Unlock your creativity, boost your memory, change your life* (J. Harrison, Ed.).

https://www.academia.edu/40621183/El_libro_de_los_mapas_mentales_Tony_Buzan_pdf

Cámara de Comercio de Santiago. (2022, marzo). *Aumenta intención de compra de alimentos, limpieza y medicamentos, disminuye la de tecnología* – Cámara de Comercio de Santiago – CCS. <https://www.ccs.cl/2022/04/04/aumenta-intencion-de-compra-de-alimentos-limpieza-y-medicamentos-disminuye-la-de-tecnologia/>

Centro de innovación UC. (2023). *Jump Chile*. Jump Chile. <https://jumpchile.com>

CINC – Cámara de la Industria del Neumático de Chile A.G. (2019). *Metas REP para neumáticos fuera de uso (NFU)*. <https://cinc.cl/wp-content/uploads/2023/03/230328-Metas-REP-NFU.pdf>

CINC - Cámara de la Industria del Neumático de Chile A.G. (2020). *Generación de Neumaticos Fuera de USO*. <https://cinc.cl/wp-content/uploads/2020/07/200727-Estad%C3%ADsticas-NFU.pdf>

Corporación de Desarrollo Tecnológico. (2018). *REVESTIMIENTOS CERÁMICOS*.
<https://catalogo.extension.cchc.cl/documentos/documentos/42701-2.pdf>

Cura, S., López Zaldívar, O., Díez, R. V., Lobo, P., & Olivares, F. (2019). Análisis experimental de la incorporación de diferentes fibras en el comportamiento mecánico de compuestos de escayola-caucho NFU = Experimental analysis of the incorporation of different fibers in the mechanical behaviour of plaster and ELT rubber composites. *Anales de Edificación*, 5, 1.
<https://doi.org/10.20868/ade.2019.4060>

Fitzpatrick, J. (2013). 12—Powder properties in food production systems. En B. Bhandari, N. Bansal, M. Zhang, & P. Schuck (Eds.), *Handbook of Food Powders* (pp. 285–308). Woodhead Publishing.

<https://doi.org/10.1533/9780857098672.2.285>

Gutiérrez Campos, Y. (2022). *Análisis de la evolución del mercado automotriz en Chile*.

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.
https://www.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/33510/1/Impacto_economico_en_el_crecimiento_automotriz_en_Chile_VFINAL.pdf

Hasso Plattner Institute of Design. (2010). *An Introduction to Design Thinking PROCESS GUIDE*.
<https://web.stanford.edu/~mshanks/MichaelShanks/files/509554.pdf>

H.W. S. DE JONG, B., RUUD G. C. BEERKENS, PETER A. VAN NIJNATTEN, & ERIC LE BOURHIS. (2011). *Encyclopedia of Industrial Chemistry // Glass, 1. Fundamentals*.
<https://dokumen.tips/documents/ullmanns-encyclopedia-of-industrial-chemistry-glass-1-fundamentals.html>

IDEO Design Thinking. (2019). IDEO | Design Thinking. <https://designthinking.ideo.com/>

Idrovo, B., & Contreras-Reyes, J. (2019). Backcasting cement production and characterizing cement's economic cycles for

Chile 1991-2015. *Empirical Economics*, 57.
<https://doi.org/10.1007/s00181-018-1506-8>

Insamar S.A. (2023). Recauchaje. *Recauchaje, Logística y Estación de Servicios*.
<https://insamar.cl/insamar/insamar-recauchaje/>

Kajon, S., Hancharoen, K., Kamhangrittirong, P., & Suwanna, P. (2023). Incorporation of Rubber Waste to Fiber Cement Composite: Comparative Study of Rubber Tire Waste and Rubber Band Waste. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1280(1), 012022.
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/1280/1/012022>

LEY 20920, (2016). <https://www.bcn.cl/leychile>

Mohamed, G., & Djamila, B. (2018). Physical, mechanical and thermal properties of Crushed Sand Concrete containing Rubber Waste. *MATEC Web of Conferences*, 149, 01076.
<https://doi.org/10.1051/matecconf/201814901076>

Moustafa, A., & ElGawady, M. A. (2015). Mechanical properties of high strength concrete with scrap tire rubber. *Construction and Building Materials*, 93, 249–256.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.05.115>

Nicolás León. (2023). *INFORME DE MACROECONOMÍA Y CONSTRUCCIÓN (Mayo 2023)*.
https://cchc.cl/uploads/archivos/archivos/Informe_MACH64.pdf

Oda, S., & Fernandes Jr, J. (2021). *Resultados del Análisis de la Viabilidad Técnica de Usar el Asfalto-Caucho como Material de Pavimentación Asfáltica*.

Okolnikova, G., Saad, L., Mukhriddin, M., Al-shaibani, F., Chiadighikaobi, P. C., & Aderomose, S. (2023). Compressive Strength of Chipped Rubber Aggregate Concrete: A Review. *The Open Civil Engineering Journal*, 17.

<https://doi.org/10.2174/18741495-v17-e230111-2022-59>

Pérez D'Gregorio, R. (2002). Sistema Internacional de Unidades SI. *Revista de Obstetricia y Ginecología de Venezuela*, 62(1), 47–68.

Pinto, N., Fioriti, C., Akasaki, J., Acunha, T., Okimoto, F., Pinto, N., Fioriti, C., Akasaki, J., Acunha, T., & Okimoto, F. (2020). Rendimiento de compuestos de yeso que incorporan partículas de neumáticos de goma. *Revista ingeniería de construcción*, 35(2), 216–232. <https://doi.org/10.4067/S0718-50732020000200216>

Putra, E., Priyosulistyo, H., & Darmayadi, D. (2021). Mechanical and damping properties of composite rubber with waste crumb rubber tire and silica sand. *Journal of Physics: Conference Series*, 1858, 012071. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1858/1/012071>

Royce, D. W. W. (1970). *MANAGING THE DEVELOPMENT OF LARGE SOFTWARE SYSTEMS*.

Santos, R., Ferreira, F., Panzera, T., Ribeiro Borges, P., & Scarpa, F. (2015). Cementitious Composites with Rubber Particles from Recycled Tyres: Physical and Mechanical Properties. *Journal of Sustainable Development*, 8. <https://doi.org/10.5539/jsd.v8n6p1>

Takeuchi, H., & Nonaka, I. (1986, enero 1). The New New Product Development Game. *Harvard Business Review*. <https://hbr.org/1986/01/the-new-new-product-development-game>

Tirtoputro, S., Priyosulistyo, H., & Faizah, R. (2021). Mechanical and dynamic properties of composite rubber (RSS and SBR) with waste rubber crumb and copper fiber. *Journal of Physics: Conference Series*, 1858, 012072. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1858/1/012072>

Tzinis, I. (2015, mayo 6). *Technology Readiness Level*. NASA; Brian Dunbar.

http://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/engineering/technology/technology_readiness_level

Wu, C. F. J., & Hamada, M. (2000). Review of Experiments: Planning, Analysis, and Parameter Design Optimization [Review of *Review of Experiments: Planning, Analysis, and Parameter Design Optimization*, por K. Ye]. *Interfaces*, 33(5), 96–98.

ANEXOS |

		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2108	2019
		Generación de neumáticos usados (NU)								
Reemplazo	AGRICOLA FORESTAL E INDUSTRIAL	6.135	6.756	5.705	5.568	6.088	6.819	6.732	6.864	6.533
	AUTO Y CAMIONETA	24.705	25.248	29.329	30.350	33.160	35.752	37.949	33.992	31.752
	CAMION Y BUS	47.780	54.075	52.995	47.373	55.946	54.966	50.461	51.580	50.092
	MINERIA Y CONSTRUCCION	34.591	37.746	47.696	36.897	33.308	25.081	35.184	38.098	46.271
	OTROS	1.266	1.807	1.558	1.683	1.734	1.663	1.840	1.548	1.410
	Total NU por reemplazo	114.477	125.632	137.283	121.872	130.238	124.281	132.166	132.082	136.059
Vehículos fuera de uso	AGRICOLA FORESTAL E INDUSTRIAL									
	AUTO Y CAMIONETA	1.852	2.251	3.740	5.152	7.834	5.036	6.897	7.553	9.160
	CAMION Y BUS	430	4.000	5.903	3.207	6.263	3.166	4.103	3.746	6.264
	MINERIA Y CONSTRUCCION									
	OTROS									
	Total NU por vehículos fuera de uso	2.282	6.251	9.643	8.359	14.097	8.202	11.000	11.299	15.423
Total Generación de neumáticos usados	AGRICOLA FORESTAL E INDUSTRIAL	6.135	6.756	5.705	5.568	6.088	6.819	6.732	6.864	6.533
	AUTO Y CAMIONETA	26.557	27.499	33.069	35.502	40.994	40.788	44.846	41.545	40.912
	CAMION Y BUS	48.210	58.075	58.898	50.580	62.209	58.132	54.564	55.326	56.356
	MINERIA Y CONSTRUCCION	34.591	37.746	47.696	36.897	33.308	25.081	35.184	38.098	46.271
	OTROS	1.266	1.807	1.558	1.683	1.734	1.663	1.840	1.548	1.410
	Total generación de NU	116.759	131.883	146.926	130.231	144.335	132.483	143.166	143.381	151.482
		Recauchaje								
Recauchaje	CAMION Y BUS	14.183	15.152	13.147	11.523	10.860	9.726	8.306	8.252	6.462
		Generación de Neumáticos Fuera de Uso (NFU)								
Total Generación NFU	AGRICOLA FORESTAL E INDUSTRIAL	6.135	6.756	5.705	5.568	6.088	6.819	6.732	6.864	6.533
	AUTO Y CAMIONETA	26.557	27.499	33.069	35.502	40.994	40.788	44.846	41.545	40.912
	CAMION Y BUS	34.027	42.923	45.751	39.057	51.350	48.406	46.257	47.074	49.894
	MINERIA Y CONSTRUCCION	34.591	37.746	47.696	36.897	33.308	25.081	35.184	38.098	46.271
	OTROS	1.266	1.807	1.558	1.683	1.734	1.663	1.840	1.548	1.410
	Total generación de NFU	102.576	116.732	133.779	118.707	133.475	122.757	134.860	135.129	145.020

Anexo 1 - (CINC - Cámara de la Industria del
Neumático de Chile A.G., 2020)

Metas REP para neumáticos fuera de uso (NFU)								
Decreto Supremo N° 8, 2019								
Toneladas a recolectar	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Cat. A	64.900	72.500	74.300	121.900	124.900	128.100	131.300	151.400
Cat. B	9.300	10.300	10.600	10.900	33.400	34.300	35.100	48.000
Total	74.200	82.800	84.900	132.800	158.300	162.400	166.400	199.400
Toneladas a valorizar	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Cat. A	32.400	43.500	52.000	91.400	93.700	128.100	147.700	151.400
Cat. B	9.300	10.300	10.600	10.900	33.400	34.300	35.100	48.000
Total	41.700	53.800	62.600	102.300	127.100	162.400	182.800	199.400
Elaboración propia, con base en las importaciones de neumáticos, vehículos y maquinaria en 2022 y crecimiento anual de 2,5% para los mercados de neumáticos, vehículos y maquinaria.								

Anexo 2 - (CINC – Cámara de la Industria del
Neumático de Chile A.G., 2019)

Encuesta sobre productos y materiales sostenibles (Buscando usos a los residuos de recauchaje).

La siguiente encuesta toma como principal objetivo recopilar información que sea útil para darle una nueva vida a los residuos del recauchaje, desarrollando nuevos materiales y con sus posibles aplicaciones. Con esta encuesta se busca conocer más acerca de tus necesidades y expectativas en cuanto a productos que hay en el hogar, sobre los productos que utilizas con frecuencia, las características que son importantes para ti al momento de elegir un producto, y tu disposición a utilizar productos más amigables con el medio ambiente. Tus respuestas ayudarán a identificar oportunidades para el desarrollo de una memoria, por lo que tu colaboración es esencial. No te tomará más de 5 minutos. ¡Muchas gracias!

* Indica que la pregunta es obligatoria

1. ¿Cuál es tu edad? *

<https://docs.google.com/forms/d/1ZSaYsvg3TSyGjdwiHknHge59YGVa2glx4CgOCPGd0LA/edit>

2. ¿En qué zona de Chile vives? *

Marca solo un óvalo.

- ☐ Norte grande (Dede la región de Arica y Parinacota hasta la de Antofagasta)
- ☐ Norte chico (Dede la región de Atacama hasta la de Coquimbo)
- ☐ Centro (Dede la región de Valparaíso hasta la de Ñuble)
- ☐ Sur (Dede la región del BíoBío hasta la de Los Lagos)
- ☐ Austral (Dede la región de Aysén hasta la region de Magallanes)
- ☐ No vivo en Chile

3. ¿En qué situaciones cotidianas has enfrentado algún problema o dificultad relacionada con los materiales de los productos que utilizas? (Selecciona al menos 1) *

Selecciona todos los que correspondan.

- ☐ Problemas de fragilidad con algun objeto decorativo o de uso diario.
- ☐ Problemas con la resistencia al desgaste de los muebles o pisos de tu hogar.
- ☐ Dificultad para reciclar algunos materiales en tu hogar.
- ☐ Problemas con la resistencia de algunos productos (Agua, golpes, calor, etc)
- ☐ Falta de flexibilidad de algunos materiales.
- ☐ Otra.

<https://docs.google.com/forms/d/1ZSaYsvg3TSyGjdwiHknHge59YGVa2glx4CgOCPGd0LA/edit>

Anexo 4

4. Que problema específico tuviste relacionado a la pregunta anterior. *

5. En base a la pregunta anterior ¿Qué características crees que serían importantes considerar para solucionar estos problemas en cuanto a la materialidad del producto? *

Selecciona todos los que correspondan.

- ☐ Resistencia
- ☐ Flexibilidad
- ☐ Sostenibilidad
- ☐ Durabilidad en el tiempo
- ☐ Menor peso
- ☐ Estética
- ☐ Propiedades termicas
- ☐ Otro:

6. ¿En qué áreas crees que un nuevo material hecho en base a residuos de caucho podría tener una aplicación útil? *

Selecciona todos los que correspondan.

- ☐ Construcción
- ☐ Empaques
- ☐ Textiles
- ☐ Electrónica
- ☐ Mobiliario
- ☐ Decoración
- ☐ Otro: _____

7. ¿Posees productos hecho con materiales reciclados? *

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí
- ☐ No

8. ¿Crees que es importante que los productos y ma

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí
- ☐ No
- ☐ No estoy interesado/a

9. ¿Preferirías productos hechos con residuos de ca

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí
- ☐ No

<https://docs.google.com/forms/d/1ZSaYsvg3TSyGjdwiHknHge59YGVa2glx4CgOCPGd0LA/ed>

Anexo 7

10. ¿Que tan importante es para ti la apariencia superficial en un producto hecho de materiales reciclados? *

Marca solo un óvalo.

Poca importancia

1 ☐

2 ☐

3 ☐

4 ☐

5 ☐

Mucha importancia

11. ¿Qué tipo de productos innovadores y sostenibles han llamado tu atención este último tiempo? *

Clasificación de adhesivos según norma UNE 12004

