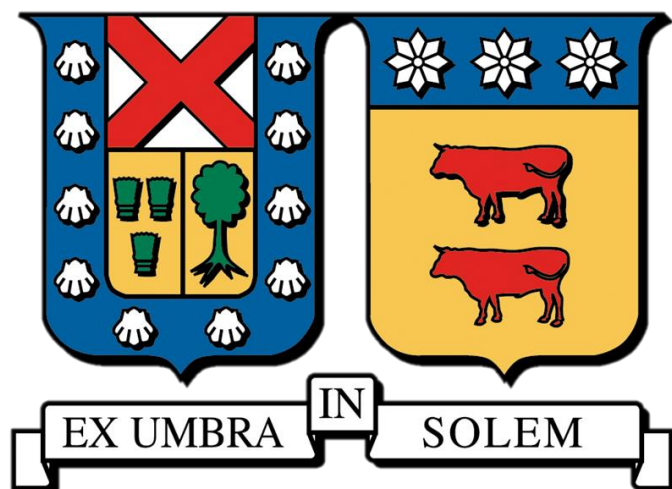


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA QUÍMICA Y AMBIENTAL



ANÁLISIS Y DISEÑO DE PROPUESTA PARA LA PRODUCCIÓN DE BLOQUES UTILIZANDO RESIDUOS TEXTILES ENFOCANDO SU APLICACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE EN CHILE

Javier Ignacio Valdés Opazo

Proyecto Final para optar al título de:

Ingeniero Civil Ambiental

Profesor guía:

Daniel Ramírez Livingston

Profesor correferente:

Henrik Hansen Kirstein

Abril, 2024



RESUMEN

El consumo de ropa es claramente insostenible, la industria textil representa muchos desafíos ambientales a lo largo de todo el ciclo productivo, en Chile particularmente presenta un problema debido a la generación de residuos textiles debido al gran consumo local y a la importación de ropa usada, estimando un total cercano a las 650.000 toneladas de residuos por año. Como estrategia de gestión, la empresa Recicla2 plantea el uso de estos residuos para ser incorporados en la producción de bloques a base de cemento, buscando su inclusión en el sector de la construcción. En este trabajo se incluye el análisis del estado del mercado que se puede satisfacer con el producto, el estado de la competencia, consideraciones para lograr la inclusión del bloque en el mercado, y consideraciones técnicas para su desarrollo. A partir de este estudio, se logra concluir que la iniciativa se establece como una gran oportunidad, vinculando dos necesidades en sectores distintos, por un lado, la futura necesidad de gestión de residuos textiles debido a su próxima incorporación en la Ley REP, y proveer un producto potencialmente sustentable para la construcción sostenible, sector que manifiesta una gran necesidad por este tipo de materiales con el fin de reducir el impacto ambiental de la industria. Respecto a los criterios técnicos para el producto, estudios previos indican una calidad prometedora, resaltando además de un producto de base circular, en potenciales propiedades de aislación térmica y acústica. Los próximos pasos para este proyecto radican en el ensayo de material y la búsqueda de la mezcla óptima que permita establecer su proceso productivo.

Palabras clave: Construcción Sostenible, Residuos Textiles, Fast Fashion, Economía Circular.



TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	2
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE TABLAS	8
1. INTRODUCCIÓN	9
1.1 Problemática	9
1.2 Propuesta	11
1.3 Antecedentes.....	12
1.4 Objetivo	12
1.5 Objetivos específicos.....	12
1.6 Metodología.....	13
1.6.1 Estudio de mercado	13
1.6.2 Estudio técnico	13
2. ESTUDIO DE MERCADO	14
2.1 Definición del producto	14
2.2 Tecnología de producción.....	15
2.3 Análisis de los residuos textiles.....	15
2.3.1 Principales fibras producidas a nivel global	15
2.3.1.1 Algodón	17
2.3.1.2 Poliéster	17
2.3.2 Principales fuentes de generación.....	18
2.3.2.1 Residuos Generados por consumo.....	18
2.3.2.2 Residuos Generados por la importación de ropa usada.....	19
2.3.3 Generación total estimada de residuos textiles.....	20
2.4 Mercado objetivo.....	20
2.5 Mercado de Construcción Sostenible	20
2.5.1 Principales certificaciones en la construcción nacional	21
2.5.1.1 Certificación internacional LEED	21
2.5.1.2 Certificación nacional CES	22
2.5.1.3 Certificación nacional Vivienda Sustentable	23



2.6	Mercado de ladrillos	23
2.6.1	Definición	23
2.6.2	Tendencia Global	23
2.6.3	Exportaciones e Importaciones	24
2.6.4	Uso Local	24
2.6.5	Demanda Local	26
2.7	Análisis de la Competencia	26
2.7.1	Rembre, Chile	26
2.7.2	Procitex, Chile	27
2.7.3	Ecocitex, Chile	28
2.7.4	Fabbrick, Francia	28
2.7.5	ByFusion, Estados Unidos	30
2.7.6	Benchmarking	32
2.8	Sistema de abastecimiento	33
2.8.1	Recolección	33
2.8.2	Canal de recolección	34
2.9	Certificaciones	34
2.9.1	ISO 9001:2015	34
2.9.2	ISO 14001:2015	35
2.9.3	ISO 14025:2006	35
2.9.4	Empresa B	35
2.9.5	Pasaporte de Materiales P+	35
2.10	Análisis Estratégico	36
2.10.1	Cinco Fuerzas de Porter	36
2.10.2	FODA	36
3.	ESTUDIO TÉCNICO	39
3.1	Calidad de la Producción	39
3.1.1	Requisitos para ladrillos cerámicos	40
3.1.2	Otras propiedades de interés	41
3.1.2.1	Aislación Térmica	42



3.1.2.2	Aislación Acústica	42
3.1.2.3	Resistencia al fuego	42
3.1.2.4	Reacción al fuego	43
3.2	Materias Primas	43
3.2.1	Cemento.....	43
3.2.2	Cal.....	43
3.2.3	Textil.....	44
3.3	Estudios previos.....	44
3.4	Factores para el diseño del proceso	48
3.4.1	Relación cemento/cal.....	48
3.4.2	Relación de Agua.....	49
3.4.2.1	Efecto sobre el cemento.....	49
3.4.2.2	Efecto sobre la cal.....	50
3.4.2.3	Efecto sobre el textil	50
3.4.3	Edad de la Mezcla.....	51
3.4.4	Tipo de Textil.....	51
3.5	Diseño del proceso	52
3.5.1	Etapas de producción.....	52
3.5.1.1	Preparación del textil	52
3.5.1.2	Formación de vellón textil.....	52
3.5.1.3	Preparación de mezcla base.....	53
3.5.1.4	Incorporación de vellón	53
3.5.1.5	Moldeado y prensado	53
3.5.1.6	Curado	53
3.5.2	Esquema de producción.....	53
3.5.3	Cantidad de producción.....	54
3.5.4	Equipos principales	54
3.5.4.1	Mezclador	54
3.5.4.2	Desfibradora	55
3.5.4.3	Moldeador y prensa	55



UNIVERSIDAD TÉCNICA
FEDERICO SANTA MARÍA



4. CONCLUSIONES	56
5. RECOMENDACIONES	57
6. REFERENCIAS	58



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Eco Bloque textil RECICLA2.....	14
Figura 2. Principales fibras textiles producidas en el año 2021 (Textile Exchange, 2022)..	16
Figura 3. Historial y proyección de producción de fibras textiles en millones de toneladas (Textile Exchange, 2022).....	16
Figura 4. Producción de algodón convencional y preferido 2011-2021 en miles de toneladas (Textile Exchange, 2022).....	17
Figura 5. Historial y proyección de producción de poliéster 2016-2025 en millones de toneladas (Textile Exchange, 2022).....	18
Figura 6. Importaciones de ropa usada en Chile por trimestre 2019-2022 (Statista, 2023) .	19
Figura 7. Certificación LEED a nivel Latinoamericano (Chile GBC, 2024)	22
Figura 8. Evolución semestral Certificación Edificio Sustentable (CES) 2019-2023 (Chile GBC, 2024).....	22
Figura 9. Evolución semestral Certificación Vivienda Sustentable (Chile GBC, 2023).....	23
Figura 10. Principales exportadores de ladrillos cerámicos a Chile, 2022 (OEC World, 2024)	24
Figura 11. Superficie autorizada en Chile por tipo de materialidad de edificación, 2002-2019 (Méndez, 2021).....	25
Figura 12. Superficie autorizada por Región y materialidad de edificación, 2019 (Méndez, 2021).....	25
Figura 13. Panel elaborado de residuo textil Procitex (González, 2023)	27
Figura 14. Diversidad de colores para el bloque fabbrick (Fabbrick, 2024).....	29
Figura 15. Productos elaborados con bloques Fabbrick (Fabbrick, 2024)	29
Figura 16. ByBlock (ByFusion, 2024)	30
Figura 17. Otros productos ByFusion (ByFusion, 2024)	32
Figura 18. Bloques fabricados con distintos porcentajes de textil (Briga-Sá, y otros, 2022)	44
Figura 19. Desplazamiento por acción de la carga para bloque c) (Magalhaes, Conde, Mesquita, Briga-Sá, & Macanjo Ferreira, 2024).....	45
Figura 20. Panel formado con fibras provenientes de blue-jeans (Bermejo, 2020)	46
Figura 21. Evaluación del comportamiento acústico de panel formado con fibras provenientes de blue-jeans (Bermejo, 2020).....	46
Figura 22. Elaboración de placa formada de residuo textil como alternativa a baldosas tradicionales (Ventura, y otros, 2022).....	47
Figura 23. Mezclas de residuos textiles con diferentes tipos de almidones (Chahuan, Thennarasu, Dubey, Pandey, & Naresh, 2023).....	48
Figura 24. Variación de resistencias típicas para relaciones (Elizondo, 2013).....	49
Figura 25. Resistencia a la compresión de cemento sin aditivos (Montoya, Cadavid, & Gómez, 2009)	51
Figura 26. Esquema de producción de Eco Bloques, elaboración propia	53



Figura 27. Betonera eléctrica referencial (Easy, 2024)	54
Figura 28. Molino triturador de cuchillos (Máquinas Agrícolas, 2024)	55
Figura 29. Máquina automática para fabricar ladrillos (Alibaba, 2024)	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especificación y propiedades técnicas de bloques Fabbrick, elaboración propia (Fabbrick, 2024)	29
Tabla 2. Especificación técnica de ByBlock, elaboración propia (ByFusion, 2024)	31
Tabla 3. Clasificación LEED de ByBlock, elaboración propia (ByFusion, 2024)	31
Tabla 4. Matriz Estratégica FODA	38
Tabla 5. Laboratorios de Control Técnico Inscritos y vigentes, elaboración propia	39
Tabla 6. Requisitos por grado y clasificación de ladrillos cerámicos hechos a máquina NCh169 Of.2001 (INN, 2001)	40
Tabla 7. Requisitos de forma y terminación para ladrillos hechos a máquina NCh169 Of.2001 (INN, 2001).	41
Tabla 8. Normas de verificación de características para ladrillos cerámicos, elaboración propia	41
Tabla 9. Clasificación de resistencia al fuego de elementos de construcción NCh935/1Of.97, elaboración propia	42
Tabla 10. Propiedades térmicas de bloque según contenido de textil, elaboración propia...	45



1. INTRODUCCIÓN

1.1 Problemática

La industria textil se ha encontrado fuertemente criticada por sus efectos negativos en el medio ambiente. A nivel global, se considera que esta industria genera el 10% de las emisiones de CO₂ equivalente, y el 20% de las aguas residuales (United Nations Climate Change, 2018). El uso intensivo de agua es otro factor importante, puesto que, para el caso del algodón, para producir 1 tonelada de este textil, se requieren de 200 toneladas de agua, esto principalmente a la exigencia del cultivo como también por la aplicación de tintes (Niinimäki, y otros, 2020).

En las últimas dos décadas, ha habido un significativo aumento en la producción de fibra textil, aumentando de 58 millones de toneladas en el año 2000 a alcanzar los 109 millones de toneladas en el año 2020 (Textile Exchange, 2021), cuyo aumento se debe principalmente al fenómeno de fast fashion o moda rápida, que posee el atributo de una producción rápida y económica, pero de rápido desperdicio (Niinimäki, y otros, 2020). Esta tendencia ha traído una nueva cultura en la moda, donde la ropa es desechada luego de 7 a 10 usos en promedio, donde el 85% de estos residuos terminan en vertederos o incinerados, el 13 % es reciclado de alguna forma, y sólo el 1% se recicla para la confección de nuevas prendas, lo que representa 100 mil millones de dólares de pérdidas en materiales (Ellen Macarthur Foundation, 2017).

Dentro de la industria de la moda, sólo la moda rápida provoca la mitad de las emisiones de carbono de la industria, gran parte se debe a que la cadena de suministro se encuentra bastante fragmentada, aprovechando la escasa regulación medioambiental de otros países (Wren, 2022), lo que conlleva además en deficientes condiciones laborales para las personas (UNEP, 2023). El fenómeno de la moda rápida también provoca el envío de prendas de vestir en poco tiempo, para esto se utilizan cargas aéreas en vez de cargas marítimas, implicando un impacto mucho mayor, puesto que la contaminación sólo por transportar el 1% por carga aérea de lo que se transporta marítimamente incrementa las emisiones de carbono en un 35% (Niinimäki, y otros, 2020).

La moda rápida se basa principalmente en el trabajo con fibras sintéticas, que han sido predominantes desde mediados de los 90s, momento en que sobrepasaron la producción de algodón, y para el 2020 ya representaban cerca del 62% de las fibras totales producidas, donde el poliéster es predominante absoluto de esta categoría (Textile Exchange, 2021).

El empleo de fibras sintéticas ha generado a su vez una nueva preocupación medioambiental por la generación de microplástico, fragmentos plásticos con un tamaño inferior a 5 mm, este tipo de prendas presentan desprendimiento de microplásticos a lo largo de todo su ciclo de vida (A Plastic Planet, 2023). El principal ecosistema afectado es el océano, cuya contaminación por microplástico es distinguida por su origen, de esta forma se tiene a los microplásticos primarios que son aquellos que son directamente vertidos en el



medioambiente producto de alguna actividad, y a los secundarios que resultan principalmente de la desintegración de fragmentos grandes de plásticos que ya se encuentran en el medio marino; se ha estimado que el lavado de las prendas fabricadas con fibras textiles es la principal fuente de microplásticos primarios con un 35% (Boucher & Friot, 2017). Estudios más recientes estiman que la industria textil es la fuente del 9% total de microplásticos presente en los océanos (UNEP, 2023).

La presencia de los plásticos en los océanos se ha presentado como un tópico con gran relevancia, no sólo por los impactos que generan sobre los ecosistemas marinos, puesto que se considera tóxico para especies marinas (Gola, y otros, 2021), sino también por su posible efecto sobre la salud humana. Se ha detectado su presencia en especies marinas para consumo, en agua potable ya sea de red o incluso embotellada, llegando así a órganos humanos (UNEP, 2021). Respecto a la presencia de microplásticos en agua potable, la Organización Mundial de la Salud (OMS) se ha hecho presente indicando que, pese a las reclamaciones de las amenazas sobre la salud humana, no existe evidencia fiable que asegure efectos adversos, catalogando al problema de baja preocupación para la salud (OMS, 2019), otros estudios también sostienen esta postura, mencionando que la toxicidad de los microplásticos aún no es concluyente para atribuir amenazas para la salud humana, puesto a que aún no hay información suficiente (Zhao, y otros, 2024).

Hoy en día existe una gran preocupación por dar una adecuada gestión a los residuos textiles. La Unión Europea (UE) ya cuenta con la diferenciación de los residuos textiles de otro tipo de residuos, con el fin de armonizar su reutilización y reciclaje (Calvo & Williams, 2019). Países como Alemania poseen grandes porcentajes de recolección (75%), gran parte de esta ropa es enviada a países en vías de desarrollo, sin embargo, pese a los esfuerzos de aumentar la utilización de estas prendas, la ropa termina depositada en vertederos (Ellen Macarthur Foundation, 2017). En 2022, la UE estableció objetivos más ambiciosos desde el punto de vista medioambiental, presentando la Estrategia para Textiles Sostenibles y Circulares, buscando mejorar calidad y reciclaje con innovación, diseño y un pasaporte digital para responsabilidad extendida de los productores (Parlamento Europeo, 2023).

Chile, si bien no se caracteriza por ser un productor de textiles, no es nada ajeno a la problemática. Se ha convertido en uno de los países que más ropa consume por persona, pasando de 13 prendas en 2015 a 50 prendas promedio en 2020; para el año 2018, se estimó que un 7% de los residuos domésticos correspondían a textiles, significando un total anual de 570 mil toneladas (MMA, 2023).

Adicionalmente, el hecho de que Chile forme parte de los pocos países que permiten el ingreso de ropa usada en el continente (Alvarado, 2021), se ha expresado en las importaciones de ropa usada, siendo el mayor importador en la región sudamericana, cuya cantidad ha presentado una tendencia creciente los últimos años, y correspondiendo al país con mayor crecimiento en importaciones a nivel mundial (OEC, 2021), registrando una



cantidad de ropa usada importada cercana a las 131.000 toneladas para el año 2022 (Statista, 2023). Gran parte de la ropa usada que recibe Chile no es vendida y termina como residuo textil, para el año 2020 de las 59.000 toneladas que recibió ZOFRI (Zona Franca de Iquique), el 66% terminaron directamente como residuos textiles (Alvarado, 2021).

La falta de regulación y gestión de estos residuos provoca que se generen grandes vertederos de ropa, para el caso de ropa usada su principal destino es el Desierto de Atacama (Alvarado, 2021), se estima que este tipo de desechos abarca una superficie de 300 ha del Desierto de Atacama (Paúl, 2022). Las disposiciones de este tipo tienen un impacto ambiental por la ocupación de un hábitat natural, generando peligros para la salud humana y ambiental (DeVoy, Congiusta, Dielle, Sarah, & Sunand, 2021), además de las eventuales emisiones y lixiviados que se producen por la descomposición de estos residuos, principalmente por la presencia de metales pesados y compuestos orgánicos presentes en los tintes (Yousef, Tatarants, Tichonovas, & Sarwar, 2019).

Dentro de las acciones que ha tomado Chile, se encuentra la Estrategia de Economía Circular para Textiles, actualmente en proceso de elaboración. Además, se encuentran los Acuerdos de Producción Limpia (APL), proyecto que apunta a prendas de vestir de primera mano, ya iniciado en noviembre del 2023 cuyo principal objetivo es la posterior incorporación a la Ley de Responsabilidad Extendida de Productor (Ley REP) (MMA, 2023).

1.2 Propuesta

Estudios recientes han concluido que la incorporación de residuos textiles en materiales de construcción, en diferentes formatos, como bloques hechos a partir de una mezcla con cemento, como también paneles o materiales livianos, han demostrado ofrecer propiedades prometedoras para edificaciones sostenibles; destacan un buen desempeño técnico, aislación térmica y acústica, y así como propiedades de amortiguación similares a materiales convencionales (Rubino, Liuzzi, Stefanizzi, & Martellotta, 2023). Esta práctica no solo se presenta como una opción económica y factible para la creación de edificaciones (Chahuan, Thennarasu, Dubey, Pandey, & Naresh, 2023), sino que también contribuye a una significativa reducción del impacto ambiental (Ventura, y otros, 2022), sugiriendo la posibilidad de mejorar aún más el perfil medioambiental al reducir el uso de cemento o reemplazarlo por componentes de menor impacto.

Existe una necesidad de gestión por el creciente aumento de residuos textiles en Chile, esto ha motivado al país a tomar acciones para crear una responsabilidad extendida para evitar su generación.

Adicionalmente, el sector de la construcción nacional se encuentra impulsado por una serie de iniciativas y proyectos que buscan incorporar ideas innovadoras que apunten a la sostenibilidad de la industria, donde uno de los principales indicadores para lograr este objetivo es mediante el uso de nuevos materiales que tengan una huella de carbono reducida y que contribuyan a la eficiencia energética (Construye2025, 2023). Esto debido a que el



sector en Chile es responsable del 22% de las emisiones de CO₂, y debido al alto consumo de energía, que, durante el uso de edificaciones se estima que consume el 22% de la energía total del país (Ministerio de Energía, 2024).

Estos antecedentes motivan a la propuesta para la producción de un producto a base de residuos textiles, presentado estudios de prefactibilidad, que permitan entregar información base al proyecto Eco Bloques de Recicla2.

1.3 Antecedentes

RECICLA2, corresponde a una empresa que se dedica a la gestión de residuos textiles mediante la elaboración de bloques, llamados Eco bloques. Actualmente, son utilizados con fines decorativos, y reconocidos por fortalecer la economía circular. Respecto a esto, la empresa se encuentra en la búsqueda de la incorporación de este producto en el sector de la construcción, para ser directamente utilizado con fines estructurales.

1.4 Objetivo

El objetivo principal de este trabajo es entregar un soporte a la empresa RECICLA2 como gestora de residuos textiles, en el reciclado de estos mediante la elaboración de bloques (Eco Bloques) de forma artesanal. El trabajo pretende realizar un estudio de mercado para este nuevo producto, como también evaluar y presentar un diseño para el proceso productivo que permita alcanzar los requerimientos técnicos del mercado.

1.5 Objetivos específicos

- Estudiar el principal mercado que se pretende satisfacer con el producto, para lograr la inclusión de este nuevo producto.
- Analizar las principales iniciativas actuales en el mercado que resulten similares al producto.
- Evaluar desde el punto de vista técnico la producción de los bloques para ser incluidos en el sector de la construcción.
- Diseñar las principales consideraciones técnicas para su escalamiento, es decir, cantidad a producir, materias primas y principales equipos requeridos.



1.6 Metodología

Con el fin de dar cuenta de principales lineamientos para la producción de un nuevo material de construcción basado en residuos textiles, la metodología se basa en la evaluación de una propuesta mediante estudios de prefactibilidad, cuyos alcances se reconocen a continuación:

1.6.1 Estudio de mercado

Dado que se trata de nuevo material para la construcción, es necesario reconocer el mercado en el que se encontrará inmerso, así como las principales aplicaciones y necesidades que existen tanto en el sector de la construcción y como en la gestión de residuos textiles. Además, permitirá identificar y analizar principales competencias en el mercado, para tener en consideración las prácticas que se llevan a cabo. También se pretende analizar al residuo textil, dado que corresponde a la principal materia prima para el material. Finalmente, bajo la información anterior se espera determinar la cantidad a producir de Eco Bloques.

1.6.2 Estudio técnico

Mediante el estudio técnico, se podrá diseñar el método de producción del nuevo material. De esta forma, se identifican principales materias primas y equipos a utilizar. Para esto se tomará en cuenta el actual procedimiento artesanal, como procesos utilizados por la competencia, y documentos científicos que avalen un proceso óptimo. Esto ayudará a identificar materias primas requeridas, composición de la mezcla y las principales propiedades técnicas que tendrá el material.

2. ESTUDIO DE MERCADO

2.1 Definición del producto

El Eco Bloque textil de RECICLA2 corresponde a un bloque macizo formado a partir de una mezcla de fibra textil, agua y cemento (figura 1). Sus aplicaciones actuales son mayoritariamente para decoración, y elaboración de artefactos mobiliarios.



Figura 1. Eco Bloque textil RECICLA2

Si bien las propiedades del Eco Bloque aún no han sido evaluadas, en base a los estudios analizados, el uso de residuos textiles entrega ciertas características al producto, en las que se encuentran propiedades de amortiguación, aislación térmica, acústica (Rubino, Liuzzi, Stefanizzi, & Martellotta, 2023), y resistencia al fuego (Magalhaes, Conde, Mesquita, Brigasá, & Macanjo Ferreira, 2024). Además, su significativa reducción en impacto ambiental (Ventura, y otros, 2022), presentándose como un producto que promueve la economía circular, y la sostenibilidad en la construcción.

Adicionalmente, la intención de este trabajo se basa en el estudio de la capacidad del producto para ser utilizado con fines estructurales, como alternativa al ladrillo o bloque convencional, en muros de construcción.

Frente a esto, dadas las atribuibles características de resistencia al fuego, y aislación térmica y acústica, el producto podría contar con estas características como valor agregado en comparación con las alternativas convencionales.

Dado que, el proyecto involucra la robustez en la elaboración de estos ladrillos, con el fin de alcanzar las especificaciones necesarias para ser utilizados en construcción, podrían ser perfectamente utilizados en otras actividades que no requieren de especificaciones exigentes como:

- **Para elaboración de muebles u otros objetos**

Los bloques pueden ser apilados de distintas maneras con el fin de generar una infraestructura que logre dar soporte, también se puede hacer uso de materiales extras para complementar esta elaboración como madera, acolchado, entre otros.



- **Diseño de interiores**

Representa una alternativa bastante atractiva, puesto que se puede entregar un toque estético sin necesidad de requerir pinturas, puesto que el bloque en sí puede tener un color de acuerdo con las prendas que fueron utilizadas para su elaboración.

En resumen, el eco bloque textil representa un nuevo material para ser utilizado en la construcción específicamente para actividades de construcción de muros. Adicionalmente, cuenta con la ventaja competitiva ser un material potencialmente sustentable, además de propiedades adicionales atribuibles, y no de requerir de pinturas u otra decoración adicional, lo cual puede significar de amplio valor para la industria de la construcción.

2.2 Tecnología de producción

Actualmente la producción artesanal que lleva a cabo RECICLA2 posee 4 etapas principales, las cuales son el tratamiento previo de los residuos textiles, desarrollo de mezcla, prensado, y secado.

En el tratamiento previo, las prendas se seleccionan y son sanitizadas, y en caso de ser necesario se remueven sus partes duras como botones y cierres. Una vez seleccionadas, son cortadas en fragmentos más pequeños para comenzar el desfibrado, que consta en la reducción en pequeños fragmentos de la prenda, llamado vellón.

La mezcla radica en el vellón, cemento, y agua. Y en este trabajo se propone la incorporación de cal a esta mezcla con el fin de lograr una mejor resistencia para el bloque.

En el prensado, la mezcla realizada se introduce en el molde para el bloque, y es compactado de tal forma de formar un bloque macizo.

Finalmente, en el secado se llevan las mezclas prensadas para que los componentes maduren y terminen formando un bloque sólido y macizo.

Cabe destacar que este es el proceso base para la formación del producto. La propuesta considera robustecer el método a partir de información de investigaciones, como también información disponible de las principales referencias en el mercado.

2.3 Análisis de los residuos textiles

La principal materia prima y que resulta crítica de analizar para este proyecto radica en los residuos textiles. En esta sección se analiza las principales tendencias que sigue el mercado de la moda, y las principales fuentes de generación de residuos textiles.

2.3.1 Principales fibras producidas a nivel global

En cuanto a la producción textil global, para el año 2021 se alcanzó una cifra récord de 113 millones de toneladas. Donde las principales fibras que son producidas corresponden al poliéster y al algodón, como se puede observar en la figura 2 (Textile Exchange, 2022).

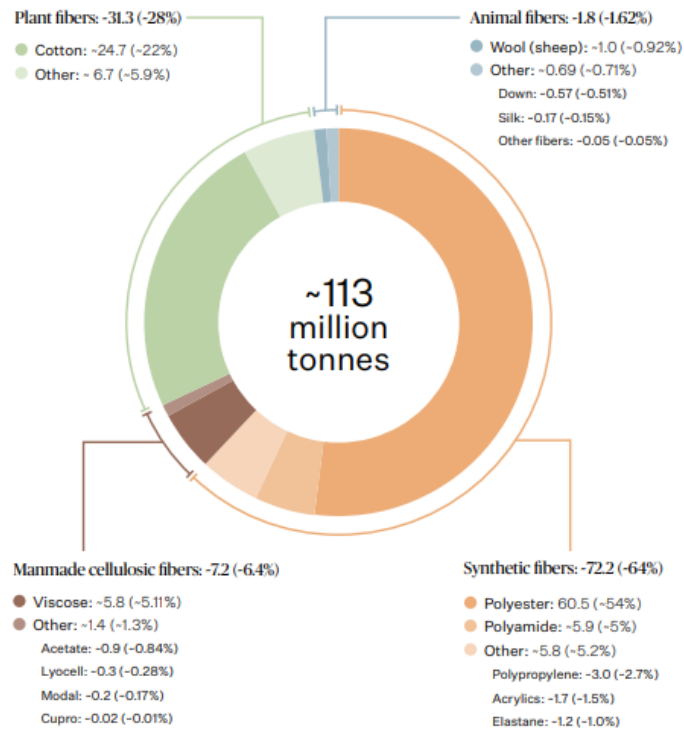


Figura 2. Principales fibras textiles producidas en el año 2021 (Textile Exchange, 2022)

Con respecto a la proyección en su producción se espera que para el año 2030 se llegue a una cifra total producida de 149 millones de toneladas de fibras, donde las fibras de poliéster y algodón siguen siendo predominantes (figura 3).

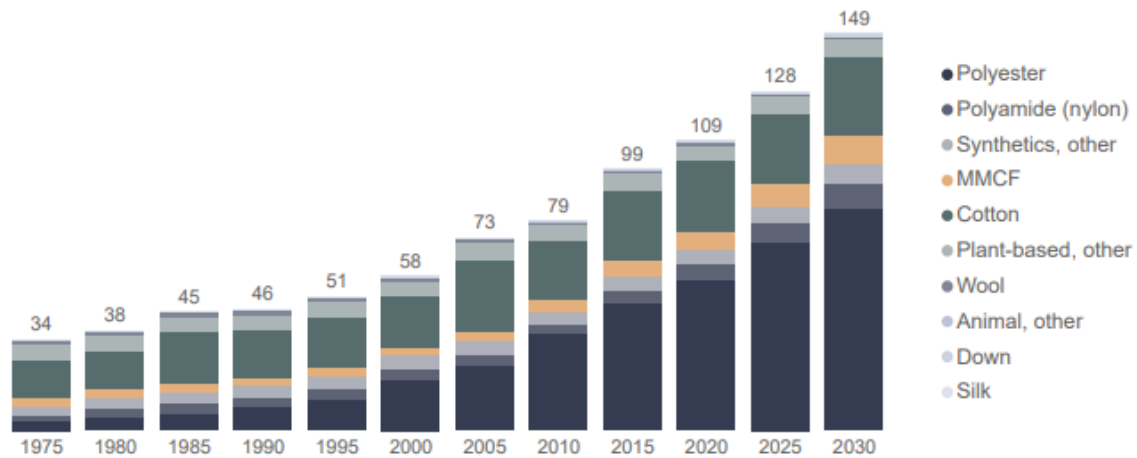


Figura 3. Historial y proyección de producción de fibras textiles en millones de toneladas (Textile Exchange, 2022)



2.3.1.1 Algodón

El algodón corresponde a una fibra de origen natural proveniente de una planta (Coats, 2024), dentro de las tendencias de la producción de esta fibra, se encuentra al algodón preferido (por traducción a cotton preferred), el cual presenta una forma más sostenible de cultivar el algodón, dentro de esta clasificación es también es posible encontrar el algodón orgánico (Sustainfashion, 2021).

Respecto a su producción en la última década, como se puede observar en la figura 4, se observa una leve reducción en la producción, siendo de 24,4 millones de toneladas para el año 2021. Además, existe una baja respecto a la producción de algodón preferido, terminando con la tendencia creciente que se había experimentado los años anteriores.

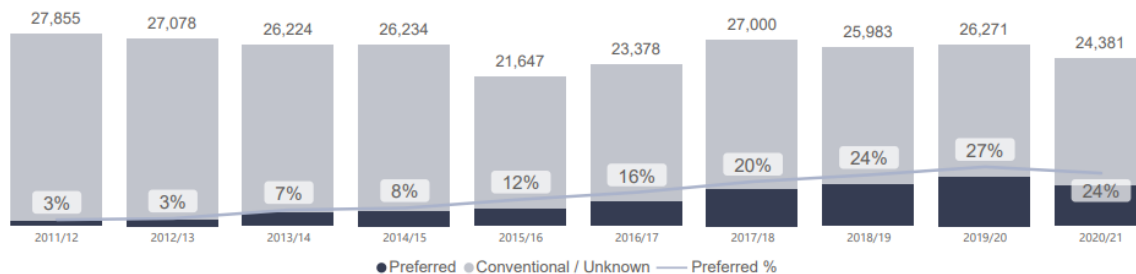


Figura 4. Producción de algodón convencional y preferido 2011-2021 en miles de toneladas (Textile Exchange, 2022)

2.3.1.2 Poliéster

Es una fibra sintética, producida a base de al menos un 85% en peso de un éster de un ácido carboxílico aromático sustituido, donde se polimerizan elementos básicos de carbono, oxígeno e hidrógeno para formar la fibra (Coats, 2024). Dentro de las tendencias en su producción, se encuentra el poliéster reciclado, el cual resulta del reciclaje de telas PET y poliéster, como una forma de reducir la huella de carbono en su producción, estimando que la reducción implicaría un 75% menos de emisiones (Techs, 2024).

Con respecto a su producción en los últimos años, se ha visto un incremento en ambas producciones, y como se observa en la figura 5, esta tendencia indica que en los próximos seguirá aumentando su producción, donde el poliéster proveniente de producciones convencionales (other polyester) resulta ser el con mayor crecimiento.

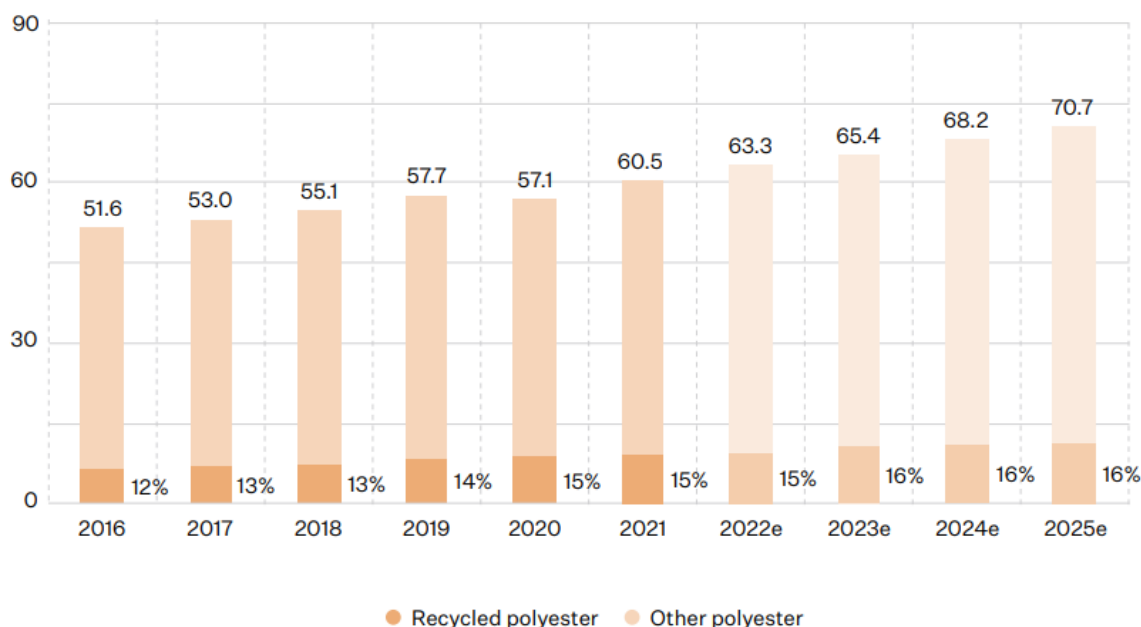


Figura 5. Historial y proyección de producción de poliéster 2016-2025 en millones de toneladas (Textile Exchange, 2022)

A nivel local en Chile, parte de las telas que se producen corresponden a fibras de algodón, lana, seda y poliéster (EMR, 2023), sin embargo, las importaciones de textiles superan ampliamente a las exportaciones (Fashion United, 2017), implicando la dependencia de la producción exterior, por lo tanto, lo más posible es esperar que la mayor parte de los residuos textiles sean de las telas anteriormente descritas.

2.3.2 Principales fuentes de generación

Se reconocen dos principales fuentes de residuos textiles en Chile, por un lado, la actual conducta en el país de generar rápidamente desechos producto del gran consumo y la poca vida útil que se les da, y por otro lado, las importaciones de ropa usada también resultan ser una fuente muy importante para la generación directa de residuos textiles, por lo tanto, también es incorporada en este análisis.

2.3.2.1 Residuos Generados por consumo

Dada a que la gestión de residuos textiles en Chile se encuentra en un proceso inicial, existe poca información sobre la cantidad de estos residuos que son producidos. Sin embargo, en el año 2020 el Ministerio del Medio Ambiente, realizó una estimación con respecto a la actual conducta de los chilenos en la generación de residuos textiles, estimando que se produce un total anual de 572.118,9 toneladas (MMA, 2023).

2.3.2.2 Residuos Generados por la importación de ropa usada

La importación de ropa usada ha generado una preocupación, dado a que se reconoce que gran parte de esta termina en vertederos ilegales, sobre todo en la zona norte del país, estimando que un 66% de la ropa que llega, es directamente vertida en este tipo de vertederos (Alvarado, 2021).

En Chile las importaciones de ropa usada superan con creces a las exportaciones, es el mayor importador de ropa usada en la región sudamericana. Además, entre los años 2020 y 2021, fue el país con mayor crecimiento en importaciones a nivel mundial, cuyo valor de importaciones para este último año fue de 156 millones de dólares. La ropa importada proviene principalmente desde Estados Unidos y China (OEC World, 2023).

En la figura 6, es posible apreciar el aumento en las importaciones de ropa usada en Chile entre los años 2019 y 2022, por trimestre (T), llegando a 131.358 toneladas para el año 2022.

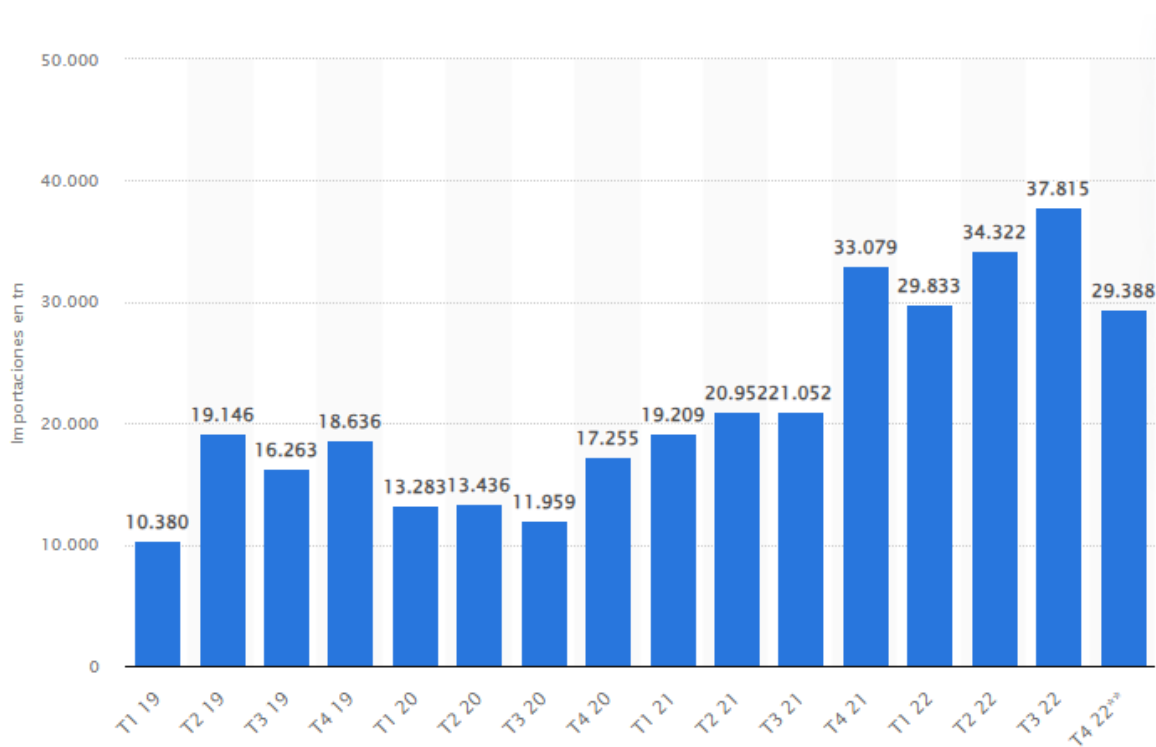


Figura 6. Importaciones de ropa usada en Chile por trimestre 2019-2022 (Statista, 2023)

Basado en lo anterior, se estimará la cantidad de residuos textiles para el último año reportado, por lo que asumiendo una generación directa de 66% respecto a esta cantidad, los residuos textiles producidos desde las importaciones de ropa usada para el año 2022 fueron de 86.696,3 toneladas.



2.3.3 Generación total estimada de residuos textiles

Sumando las cantidades anteriores descritas, se tiene un total de 658.815,2 toneladas de residuos totales generados por año. Es importante destacar que la cifra es posible que suba, siguiendo la tendencia conductual de la población, el auge en las importaciones de ropa usada, y la creciente producción de fibras. Además, dado que Chile no presenta una importante producción de textiles, los residuos textiles directos provenientes de estas industrias no son considerados en esta estimación.

2.4 Mercado objetivo

El producto involucrado en el proyecto resulta ser una atractiva alternativa para todas aquellas empresas o personas naturales que pretendan incorporar un producto basado en economía circular, un material sustentable cuyo principal mercado que pretende satisfacer es el sector de la construcción sostenible.

2.5 Mercado de Construcción Sustentable

Actualmente, el mercado global de la construcción se espera que crezca un 42% para 2030, sin embargo, se estima que la industria de la construcción ya es responsable del 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, el 69% de estas emisiones provienen de la operación y uso de edificios existentes (HILTI, 2024). Estos antecedentes motivan al sector a buscar por alternativas sustentables que contrarresten sus impactos.

Frente a esto, Chile en el año 2013 elaboró la primera versión de la estrategia nacional de construcción sustentable, cubriendo 5 ejes: Mejorar el consumo energético, disminuir el consumo de agua y contaminación de esta, gestionar residuos, promover entornos saludables y seguros, y facilitar operación eficiente de las construcciones. (Construcción Sustentable, 2024).

Actualmente, se está trabajando en la actualización de la Estrategia Nacional de Construcción Sustentable con el objetivo principal de reducir el aún más el impacto ambiental, buscando la disminución de la huella de carbono a lo largo del ciclo de vida de las construcciones y la adopción de materias primas más respetuosas con el medio ambiente (InduAmbiente, 2023).

Además, luego de la estrategia nacional de construcción sustentable han surgido iniciativas nacionales tales como Construye2025, que busca transformar el sector de la construcción mediante mejoras en la productividad y la sustentabilidad, con el objetivo de impulsar el desarrollo nacional y generar un impacto positivo en los ámbitos social, económico y medioambiental (Construye2025, 2023).

Esta iniciativa ha lanzado la hoja de ruta 2022-2025, la cual menciona las principales necesidades para lograr que el sector de la construcción sea más sustentable. En esta se da cuenta nuevamente de la necesidad del sector por adquirir materiales sustentables y el deficiente comportamiento térmico de edificios. Dado a que es el sector que más materias primas consume, existe una brecha respecto a los proveedores, identificando innovación y



patentes limitadas, adicionalmente existe una baja información respecto al impacto ambiental del producto, como también en su desempeño. Ante esta situación, las acciones plateadas son la promoción de proveedores que ofrecen productos sustentables, impulsando tanto su oferta como su demanda (Construye 2025, 2024).

En Chile, para fines de 2023 se ha registrado un incremento del 20% en el uso de materiales de construcción reciclados en la industria, comparado con los niveles de 2018. Asimismo, el 70% de los proyectos gubernamentales ahora integran principios de construcción sustentable, abarcando desde su planificación hasta su eventual demolición. Sumado a esto, más del 60% de las empresas constructoras han establecido objetivos de reducción de residuos para los próximos cinco años (Greenway, 2023).

El mercado nacional de la construcción, aunque las expectativas de inversión han decaído (León, 2022), se espera que crezca con una tasa de crecimiento anual compuesta de 5% durante el periodo 2024-2032, donde la construcción sostenible es la principal tendencia que impulsa su crecimiento, existiendo un gran interés por la obtención de certificaciones para el rubro (EMR, 2023).

A continuación, se describe brevemente las certificaciones más utilizadas en Chile para la construcción sostenible, junto con el estado y evolución de estas. Cabe destacar que dentro de los criterios que establecen para la obtención de la certificación se encuentra tanto el aumento de la eficiencia energética de la edificación, como también el empleo de materiales sustentables.

2.5.1 Principales certificaciones en la construcción nacional

2.5.1.1 Certificación internacional LEED

Dentro de las principales certificaciones que se entregan en el mundo para la construcción sostenible, se encuentra LEED “Leader in Energy & Environmental Design” implementada por el US Green Building Council (CDT, 2021). Esta promueve la disminución del impacto ambiental que genera una edificación desde su diseño hasta su operación. Actualmente en Chile grandes industrias están eligiendo edificaciones con esta certificación para establecer oficinas corporativas, por lo que motiva a constructoras a optar por iniciativas sustentables, que les permitan obtener la certificación (Ojeda & Patricio, 2019).

En la figura 7, es posible observar las certificaciones LEED a nivel latinoamericano, distinguiendo sus distintos niveles (plata, oro y platino), donde Chile se ubica en la tercera posición con 550 proyectos inscritos (Chile GBC, 2024).

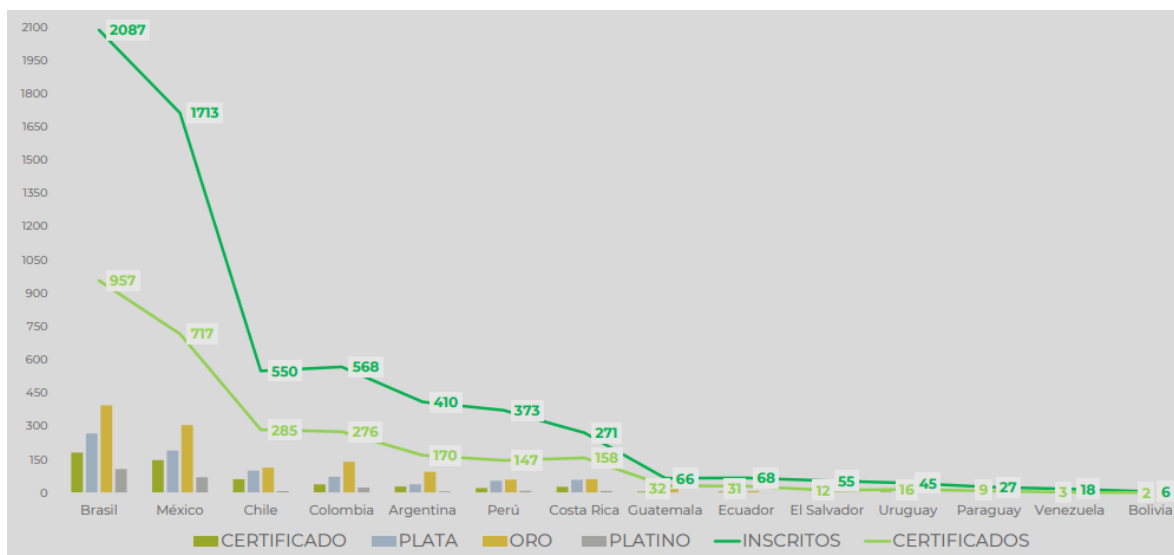


Figura 7. Certificación LEED a nivel Latinoamericano (Chile GBC, 2024)

2.5.1.2 Certificación nacional CES

Dentro de Chile se encuentra la Certificación de Edificio Sustentable (CES) promovida por el Ministerio de Obras Públicas (MOP) y la Cámara Chilena de la Construcción (CChC), esta certificación busca evaluar el comportamiento ambiental de edificios de uso público (CES, 2024). En la figura 8, es posible observar el aumento de proyectos que contemplan esta certificación, llegando a un total registrado de 479 proyectos para para el año 2023 (Chile GBC, 2024).

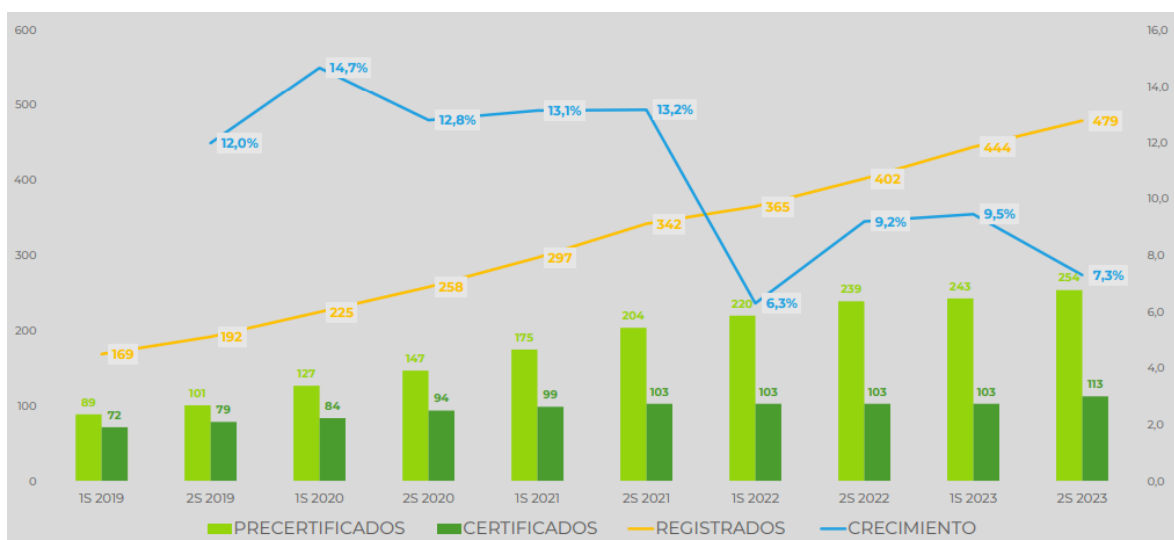


Figura 8. Evolución semestral Certificación Edificio Sustentable (CES) 2019-2023 (Chile GBC, 2024).

2.5.1.3 Certificación nacional Vivienda Sustentable

Por el lado de vivienda, se encuentra la certificación de vivienda sostenible promovida por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), que al igual que las anteriores certificaciones descritas, busca minimizar el impacto ambiental de construcciones, pero orientadas a viviendas (MINVU, 2024).

Como se puede observar en la figura 9, sobre la evolución de esta certificación, se puede observar una tendencia creciente desde 2020, llegando a un total de 161 proyectos registrados en el primer semestre del 2023 (Chile GBC, 2023).

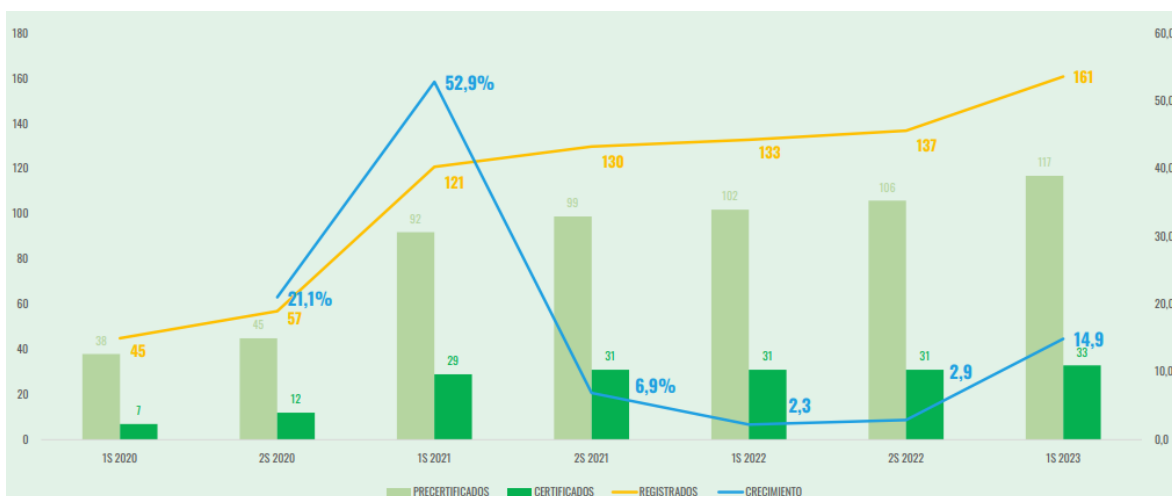


Figura 9. Evolución semestral Certificación Vivienda Sustentable (Chile GBC, 2023)

2.6 Mercado de ladrillos

A pesar de que el producto corresponde a un material nuevo, y con potenciales atribuciones adicionales, se tomará como referencia el ladrillo convencional cerámico, dado a que representa el material establecido en el mercado más similar en aplicación y uso.

2.6.1 Definición

Los ladrillos de construcción cerámicos se utilizan para construir estructuras en obras de mampostería. Pueden estar hechos de una variedad de materiales, incluida arcilla, y vienen en muchos colores diferentes (OEC World, 2024).

2.6.2 Tendencia Global

A escala global, el mercado de ladrillos se espera que crezca con una tasa anual compuesta de más de 3% durante el periodo 2024-2029. La construcción prefabricada presenta la principal limitación para el crecimiento de este mercado. Presenta una gran cantidad de competidores, haciendo así un mercado bastante competitivo (Mordor Intelligence, 2023).

2.6.3 Exportaciones e Importaciones

En Chile, las importaciones de estos materiales son relativamente mayores que las exportaciones. Para el año 2022, el valor de las exportaciones del país fue de 18.000 dólares, mientras que el valor de las importaciones fue de 4,1 millones de dólares. Recibiendo exportaciones principalmente desde China, seguido de Perú y Bolivia, figura 10 (OEC World, 2024).

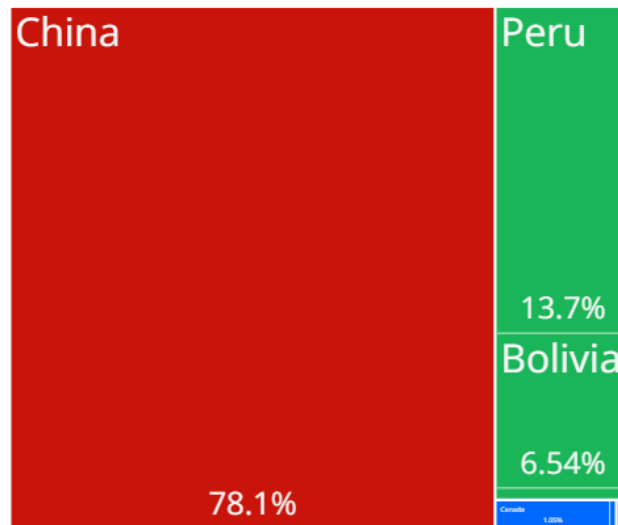


Figura 10. Principales exportadores de ladrillos cerámicos a Chile, 2022 (OEC World, 2024)

2.6.4 Uso Local

En un estudio basado en los permisos de edificación en Chile entre los años 2002-2019, se logra determinar los metros cuadrados (m^2) que han sido autorizados de acuerdo con la materialidad de la edificación. Como se puede observar en la figura 11, la albañilería ha presentado una baja sostenida en la última década, siendo autorizada una superficie aproximada de 2.000.000 m^2 para el año 2019.

Adicionalmente también se cuenta con información sobre las principales regiones que utilizan este tipo de materialidad en las edificaciones. En la figura 12, es posible observar la superficie autorizada para el año 2019 por tipo de materialidad, donde las regiones que más utilizan el ladrillo corresponden a la Región Metropolitana, Maule, Valparaíso y O'Higgins. Esta información resulta importante para reconocer las principales regiones donde es posible encontrar cliente, debido a la similitud del producto.

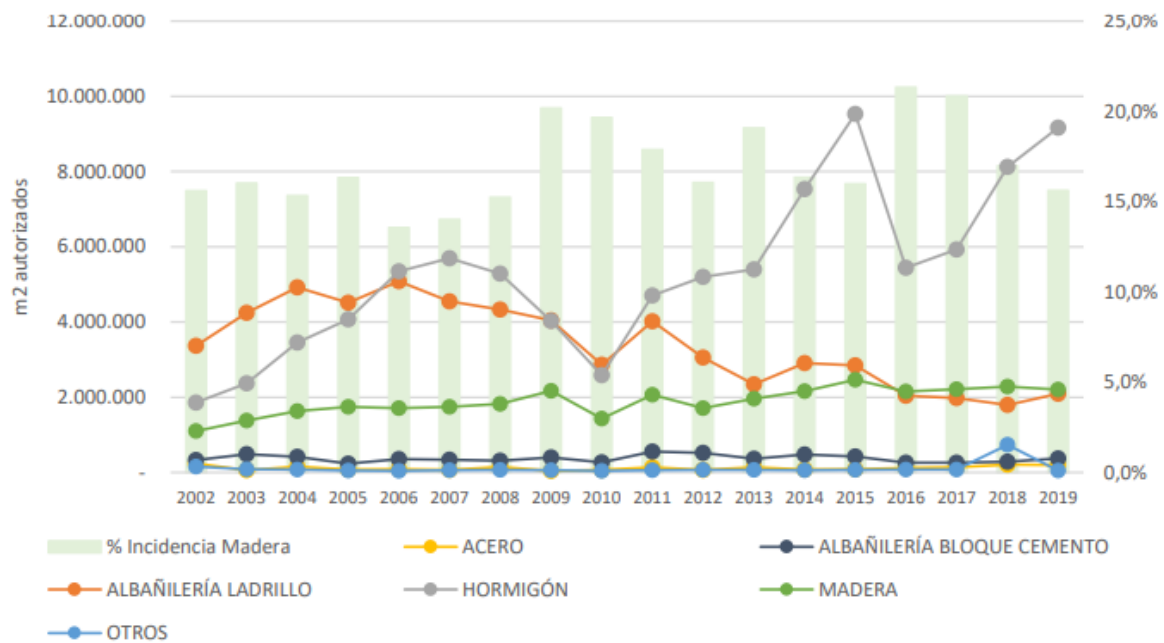


Figura 11. Superficie autorizada en Chile por tipo de materialidad de edificación, 2002-2019 (Méndez, 2021)

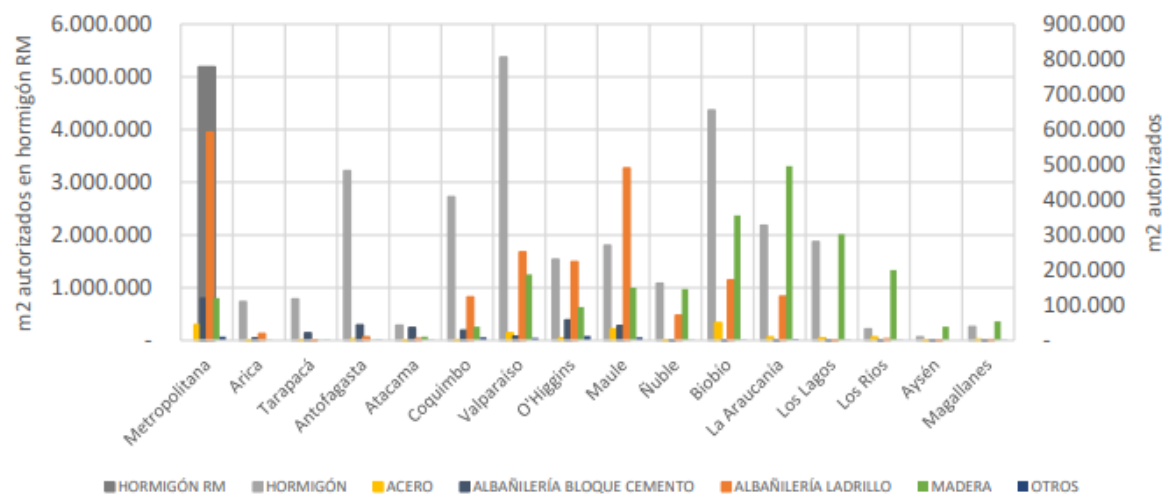


Figura 12. Superficie autorizada por Región y materialidad de edificación, 2019 (Méndez, 2021)



2.6.5 Demanda Local

Por cada m² construido, se estima que la cantidad de ladrillos que se requieren son 42 (Hágalo Usted Mismo, 2021). De esta forma es posible establecer la demanda local de ladrillos, considerando que para el año 2019, fue autorizada la edificación de 2.000.000 m², la demanda total de ladrillos para el año 2019 fue de 84.000.000 ladrillos.

Vale decir, que representa una cifra aproximada y radica sólo en un estimado para guiar la producción del producto en cuestión, frente a la actual tendencia observada en el mercado local, es posible que baje esta demanda en los años posteriores, sin embargo, las potenciales características que presenta el producto a examinar podría resultar en un aumento de esta demanda.

2.7 Análisis de la Competencia

Con el fin de complementar la información, es que se realiza un análisis de la competencia que tiene la propuesta, para esto resulta útil realizar una observación a los distintos campos que abarca, recaudando información útil con respecto a las prácticas actuales del mercado. Entre estos campos que se consideran se encuentran: la gestión de residuos textiles, productos elaborados a partir de residuos textiles, y otros productos de similitud que contribuyen a la construcción sostenible.

2.7.1 Rembre, Chile

Empresa dedicada a la gestión de los residuos indicados en la Ley REP y textiles. Realiza producto en base a estos residuos, sin embargo, respecto a los residuos textiles, los transforman en fundas, bolsos, camas de mascotas, entre otros, no incluyen elementos de construcción.

En Chile tienen cobertura en Antofagasta, Santiago y Punta Arenas, y su proceso de gestión se encuentra bastante elaborado, contando con certificaciones ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015. Trabaja con más de 200 empresas, domicilios particulares, municipalidades a través de puntos limpios. Para empresas poseen una plataforma que les permite realizar seguimiento (trazabilidad) de los residuos, obtener certificados con la cantidad de residuos reciclados, entregan además el ahorro energético y de recursos que la empresa está realizando. Para domicilios particulares poseen una aplicación móvil que les permite gestionar retiros.

Cuentan con certificación Empresa B.

Cuentan con incentivos para fomentar reciclaje.

Presentan red social.

Información extraída desde su sitio web (Rembre, 2024).

2.7.2 Procitex, Chile

Empresa que se dedica a la gestión de residuos textiles a través de la producción de paneles con propiedades de aislación térmica, aislación acústica y resistencia al fuego, para ser usados en construcción. Reciben residuos textiles de todo Chile, además de poseer una alianza con las empresas Paris e Easy (campana ropa por hogar), donde ambas actúan como punto de acopio. Actualmente cuenta con una planta en estado inicial que trata 100 toneladas por mes, sin embargo, se espera alcanzar el procesamiento de 500 toneladas en un futuro próximo. Los paneles de aislación térmica fabricados por procitex (figura 2) logran reducir entre un 36% a 63% el consumo eléctrico por calefacción. La planta se encuentra en Renca, Región Metropolitana (González, 2023).

La empresa no cuenta con página web.

La descripción de su proceso la indican de la siguiente forma: Cuando llega la ropa, se realiza el sacado de cierres y botones y se corta en guillotina. Se desfibra, se impregna con desinfectante y líquido ignífugo (con propiedades contra el fuego), y luego se compacta. Ingresa a un termo fijado hasta convertirse en una manta de un cierto espesor. Finalmente se seca, se corta y se embala (González, 2023).

Tienen pensado nuevos productos para el sector de la construcción, como membrana que no dejen pasar la humedad en viviendas, y maderas textiles, sin utilizar aglomerantes tóxicos (González, 2023).

Dentro de las dificultades que identificó la empresa: se destaca el aseguramiento de un flujo constante de residuo textil, además de la calidad de estos, puesto que realizan una selección previa. Además, se menciona a la certificación del nuevo material para poder ser utilizado en construcción como aislador térmico (Economía Circular Construcción, 2023).

Información complementada a base de información en red social de empresa.



Figura 13. Panel elaborado de residuo textil Procitex (González, 2023)



2.7.3 Ecocitex, Chile

Empresa gestora de residuo textil (ropa en buen y mal estado) donde a partir de los residuos recolectados generar nuevas prendas para su venta. Los productos que logran fabricar son hilados de lana, gorros, telas, cojines, mantas; sin presentar productos para el sector de la construcción. Tienen 2 centros de acopio y venta ubicados en Santiago, Región Metropolitana. También presenta servicio de reciclaje para empresas, convirtiendo estas prendas en productos para la misma empresas o regalos para donar, además entregan certificado de reciclaje con autorización sanitaria.

Separan las prendas recolectadas según: ropa en buen estado para reutilizar (limpia, sin manchas, en perfecto estado), ropa para convertir (tela en buen estado y limpia), y ropa para reciclar (limpia y sin elementos no textiles), prendas tejidas de lanada y prendas de algodón.

En cuanto a su proceso: Clasifican la ropa según color, cortan la ropa en una guillotina y es mezclada en colores parejos, no usan agua ni tinturas, luego desmenuzan la ropa convirtiéndola en vellón textil. Realizan cardado, peinando y ordenando la fibra para su posterior hilado, para confeccionar prendas.

Cuentan con incentivos para fomentar reciclaje.

Presentan red social.

Información extraída desde su página web (Ecocitex, 2024).

2.7.4 Fabbrick, Francia

Es la competencia más similar a la propuesta. Fabbrick, es una empresa francesa, la cual se dedica a la fabricación de bloques a partir de residuos textiles. Presentan una tecnología patentada en 2019. Estos bloques son fabricados artesanalmente y los utilizan para la confección de interiores, como muebles, accesorios y separación de ambientes. Presentan un gran sentido estético para la decoración de interiores mediante el revestimiento de murales. Han expresado sus intenciones de llevar el bloque a nuevas aplicaciones dentro de la construcción.

Entregan información complementaria al cliente, entre las que destacan: Catálogo con los diversos productos incluyendo otros productos que se pueden formar a partir de los bloques, gama de colores del bloque para elegir, ficha técnica del bloque con propiedades certificadas, e instructivo para su manipulación.

Respecto a su proceso: Es artesanal, al parecer no separan partes duras como botones y cremalleras, ya que como indican, es posible encontrarlo si se desea cortar. Utilizan aglutinante de origen biológico.

Valor aproximado de 2 bloques de muestra por 29 euros ~ 30 000 pesos chilenos.

Presentan red social.

Dentro de la ficha técnica, presentan diversas características del material, como las distintas dimensiones que ofrecen, y características aislantes apegadas a la normativa francesa, NF.

Tabla 1. Especificación y propiedades técnicas de bloques Fabbrick, elaboración propia (Fabbrick, 2024)

Dimensión [cm]	20x10 / 40x20 / 31x22 / 22x16
Espesor [cm]	2,5 / 5 / 10
Masa volumétrica [kg/m ³]	500
Superficie	Porosa
Color	8 colores (sin colorantes añadidos)
Coeficiente de absorción acústica	0,45 (NF EN ISO 11654)
Conductividad térmica [W/mK]	0,085 (NF EN 12667:2001)
Clasificación de reacción al fuego	M2 (Posibilidad M1) (NF P92-501:1995)
Emisión de compuestos orgánicos volátiles	Etiquetado francés A+



Figura 15. Productos elaborados con bloques Fabbrick (Fabbrick, 2024)

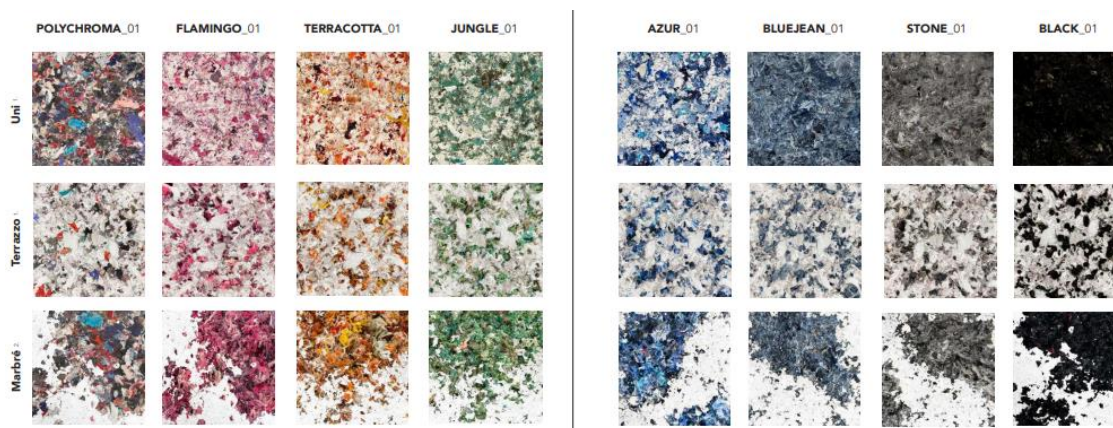


Figura 14. Diversidad de colores para el bloque fabbrick (Fabbrick, 2024)

Información obtenida desde su página web (Fabbrick, 2024).



2.7.5 ByFusion, Estados Unidos

Esta empresa gestiona aquellos residuos plásticos que no son reciclables, produciendo bloques llamados ByBlocks. Estos bloques pueden ser utilizados para elaborar desde productos decorativos de casa hasta ser utilizados directamente en la construcción.

Poseen un instructivo propio para poder formar una pared a partir de este bloque, su aplicación es también fundamentada con otros materiales de construcción. Gracias al sistema de instalación que poseen, no requieren de ningún pegamento para formar una estructura con estos bloques. Poseen ficha técnica del bloque, y presentan el bloque en tres formatos diferentes, donde la densidad de este puede ser personalizada a petición del cliente, desde 8 a 12 [kg].

Dentro de la información disponible para el proceso de elaboración de los bloques: Se basa en la trituration de los residuos plásticos y luego su fusión mediante la entrega de energía.

Cuentan con certificación Empresa B.

Poseen su producto testado en base a las normas de la Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales, ASTM por su abreviación en inglés. Incluyen también pruebas que testean a la estructura formada por estos bloques. Frente al fuego posee comportamiento similar al de materiales de madera, por lo que requiere de revestimiento contra fuego para el caso.

Presentan información del bloque en relación con los criterios evaluados por certificación LEED.

Presentan red social.

Información obtenida desde su página web (ByFusion, 2024).



Figura 16. ByBlock (ByFusion, 2024)



Tabla 2. Especificación técnica de ByBlock, elaboración propia (ByFusion, 2024)

Dimensión [cm]	40x20x20
Peso [kg]	8 / 10 / 12
Propiedades de compresión (ASTM C165-07)	
Resistencia a la compresión [psi]	408
Carga máxima [lbf]	49 000
Módulo elástico [psi]	2 148
Propiedades Térmicas (ASTM C518-17)	
RSI [m ² K/W]	0,20
Conductividad térmica, k [W/mK]	0,124
Comportamiento Acústico (ASTM E90-09)	
STC	21
OITC	15
Expansión Térmica (ASTM E831-19)	
Rango de temperatura	-30°C a 40°C
Cambio [mm]	0,89
Clasificación de fuego, Clase B (ASTM E84-21a)	
Índice de propagación de llama, FSI	75
Índice de densidad de humo, SDI	200
Rendimiento Estructural (ASTM E72-15)	
Carga máxima por compresión [lbf]	25 715

Tabla 3. Clasificación LEED de ByBlock, elaboración propia (ByFusion, 2024)

Categoría	Puntos	Sistema
Declaración Ambiental del Producto	2	LEED BD+C, LEED ID+C
Obtención de Materia Prima	2	LEED BD+C, LEED ID+C
Manejo de Residuo de Construcción y Demolición	2	LEED BD+C, LEED ID+C
Producto Ambientalmente Preferible	5	LEED BD+C, LEED ID+C
Abastecimiento Responsable de Infraestructura	1	LEED Cities, LEED Communnities

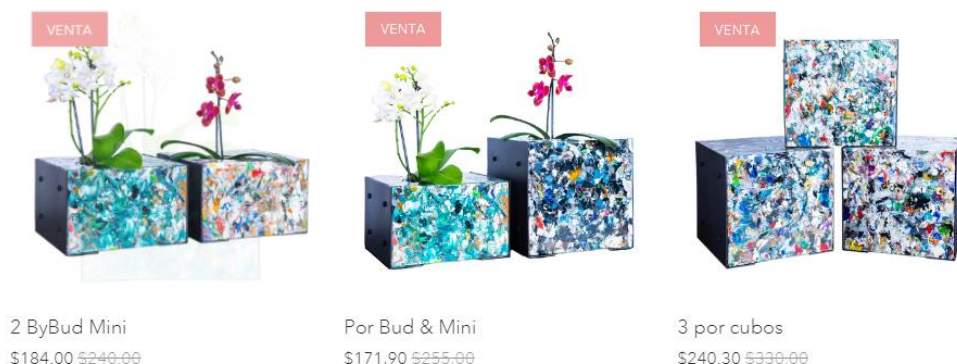


Figura 17. Otros productos ByFusion (ByFusion, 2024)

2.7.6 Benchmarking

En base los referentes encontrados actualmente en el mercado, es posible reconocer la importancia de certificaciones tanto para entregar información de la calidad del producto, como también información del servicio de gestión. Entre las certificaciones que más destacan del producto se encuentran propiedades de aislación térmica y acústica, resistencia y reacción al fuego, emisión de compuestos orgánicos volátiles, y resistencia a la compresión.

Basado en las referencias, resultan importantes algunas características adicionales del producto que pueden ser de utilidad para lograr su salida al mercado como:

- Diversidad de colores
- Diversidad de formatos y dimensiones
- Instructivo de aplicación
- Catálogo de productos en base al bloque
- Marketing (sitio web y red social)

En Chile no se reconoce una competencia directa para el producto, pero si para la captación de residuo textil. Actualmente existen referentes bastante avanzados en la materia, por lo que replicar estrategias de gestión de estos referentes sería valioso. Además, basado en los productos y clasificación que realizan de los residuos textiles recibidos, es posible que no utilicen la totalidad de los residuos que reciben para sus procesos de rediseño y reciclado, por lo que existe la posibilidad de asociarse a estos gestores de residuos textiles con el fin de reforzar esta materia.

Como primera aproximación, resulta relevante considerar una cantidad fija de residuo textiles a gestionar, que fijar una producción fija de bloques. Por lo que este será el fundamento para realizar el adecuado escalamiento para la producción de los bloques.



En relación con el precio del producto, basado en la información consultada, es posible utilizar como referencia al bloque producido por Fabbrik, el cual se presenta propiedades certificadas de aislación térmica y acústica, resistencia al fuego y emisión de gases, dentro de la normativa de su país, teniendo un valor cercano a 15.000 pesos chilenos, cabe destacar que el producto no es utilizado directamente como material estructural, por lo tanto de ser exitoso el uso del producto en cuestión para este propósito, y considerando las certificaciones anteriores, podría significar en un valor mayor.

Sobre el proceso productivo, resulta importante considerar la utilización de un aglomerante biológico, en comparación al proceso artesanal que utiliza cemento, esta consideración puede resultar en la disminución de la huella de carbono del producto.

Adición de líquido ignífugo, en caso de que el nuevo material propuesto tenga una baja calidad frente al fuego.

Parte de la competencia realiza una selección de residuos textiles que otorgan una calidad mayor al producto, por lo que es importante estudiar y reconocer la relación con la composición del textil con la calidad que otorga al producto.

2.8 Sistema de abastecimiento

Se debe plantear una estrategia para contar con estos residuos de tal forma que se logre un flujo constante de entrada de residuos. Aunque la gestión de residuos textiles a nivel local es bastante escasa, las nuevas iniciativas para frenar la generación de residuos textiles por parte del estado facilitarían esta actividad, como en el caso del nuevo APL (MMA, 2023). Como en el caso de grandes empresas de venta de ropa en España, que promovidas por políticas de responsabilidad extendida han formado alianzas para la adecuada gestión de residuos textiles (Amayuelas, 2023).

2.8.1 Recolección

Para asegurar este flujo, los principales métodos serían:

- **Alianzas con gestoras de residuos/recolectores base**
Como fue analizado en el benchmarking, existen gestoras de residuos textiles que no elaboran materiales de construcción y ya cuentan con una red establecida. Este método sería el más confiable para lograr el flujo constante de residuos textiles, y de esta forma, también sería la forma más rápida y segura de establecer una producción.
- **Alianzas con importadoras de ropa usada**
Como se identificó anteriormente, este tipo de actividades recibe gran cantidad de ropa que resulta descartada de forma inmediata, por lo que es un potencial sector para formar alianzas.
- **Alianzas con productoras de textiles/prendas**



Aunque Chile no es un gran productor de textiles o prendas de vestir, este tipo de empresas también presenta pérdidas de materiales por durante la confección, cuyos residuos presentan la misma funcionalidad para la producción de Eco Bloques.

- **Alianzas con otras empresas**

Es posible identificar otro tipo de empresas que se presenten constantes pérdidas de residuos textiles, como empresas de retail. También, pueden ser consideradas aquellas empresas que cuenten con cambios de vestimenta institucional.

- **Contenedores propios**

Otra alternativa importante de considerar es la recolección mediante contenedores ubicados en partes estratégicas, incluso la presencia de estos contenedores en sectores comunales mediante la autorización del municipio.

Bajo lo anterior, es que la producción se encuentra sujeta a la cantidad de residuos textiles que se logren recaudar, de esta forma, la producción de Eco Bloques y el tamaño de la planta se establecerá en base a una determinada cantidad de residuos textiles recaudados.

Adicionalmente, la calidad de residuos textiles, vale decir, el tipo de tela que compone al textil, puede ser un punto relevante para lograr especificaciones técnicas del Eco Bloque, por lo que el sistema de abastecimiento podría resultar selectivo.

2.8.2 Canal de recolección

Otro aspecto importante para considerar en el suministro de residuos textiles es el transporte hacia el sitio de reciclaje. Dado que se estima que representa la principal fuente de emisiones de gases de efecto invernadero en las actividades que comprende su gestión (Bermejo, 2020). Desde este punto de vista, tener una logística clara para la provisión de los residuos y distribución del producto reduciría la huella de carbono del proyecto, lo cual resulta primordial para la inclusión de este producto en la construcción sostenible.

2.9 Certificaciones

Dentro del sector de la gestión residuos como en la construcción sostenible es bastante relevante las certificaciones para poder ser considerados por clientes, como también ser una propuesta más fuerte frente a la competencia. A continuación, se describen las principales certificaciones asociadas al rubro que comprende la propuesta.

2.9.1 ISO 9001:2015

Es una norma globalmente reconocida que guía a organizaciones en la gestión de la calidad, siendo la norma más utilizada globalmente para este aspecto. Su implementación implica establecer, mantener y mejorar un sistema de gestión de calidad. Esto asegura que la organización cumpla con las expectativas del cliente y demuestre su compromiso con la calidad, a través de la mejora continua. La norma implica la implementación de procesos efectivos y el desarrollo de un personal capacitado (ISO, 2024).



2.9.2 ISO 14001:2015

Proporciona un marco para que las organizaciones diseñen e implementen un sistema de gestión ambiental, mejorando continuamente su desempeño ambiental. Al adherirse a este estándar, las organizaciones aseguran medidas proactivas para minimizar su huella ambiental, cumplir con requisitos legales y alcanzar objetivos ambientales. Esto abarca aspectos como el uso de recursos, gestión de residuos y participación de partes interesadas. Es esencial para participar en el comercio global y las cadenas de suministro, siendo un testimonio del compromiso hacia un futuro sostenible y el crecimiento empresarial estratégico (ISO, 2024).

2.9.3 ISO 14025:2006

Esta certificación permite realizar declaraciones ambientales tipo III, es decir, cuantificaciones ambientales sobre el análisis del ciclo de vida de los productos. Está destinada principalmente a su uso en la comunicación entre empresas (ISO, 2024). Esta norma permitiría garantizar a las empresas de construcción el uso de un material sustentable.

2.9.4 Empresa B

Certifica que el propósito de una empresa en su modelo de negocio busca crear un impacto socioambiental positivo, involucrando un compromiso con la mejora continua y con la transparencia (¿Cómo ser Empresa B?, 2024).

2.9.5 Pasaporte de Materiales P+

Adicionalmente, el pasaporte de materiales es una iniciativa nacional relativamente nueva, lanzada por el Centro Tecnológico para la Innovación en la Construcción (CTEC) y Chile Green Building Council (ChileGBC). Son documentos digitales que registran información sobre la composición, origen, cantidad y destino final de los materiales, facilitando la gestión sostenible de activos inmobiliarios y su reutilización en futuros proyectos. Funcionan mediante una base de datos digital que proporciona transparencia y trazabilidad en toda la cadena de suministro, permitiendo a las empresas tomar decisiones informadas para utilizar recursos de manera más eficiente y reducir el impacto ambiental. En la industria de la construcción, los Pasaportes de Materiales están ganando importancia al facilitar el uso de materiales sostenibles y reciclables, cumpliendo con normativas ambientales y mejorando la reputación de las empresas frente a los consumidores (Pasaportemateriales, 2023).

Existen diversas certificaciones, frente a esto, resulta importante que se considere una priorización de estas cuando se pretenda su adquisición. Vale decir, estas certificaciones si bien no son obligatorias, dentro del mercado que se pretende explorar sería una limitante para la formación de alianzas, tanto con proveedores de residuos textiles, como clientes directos para el producto. Es importante considerar los criterios que se establecen en estas certificaciones, dado que fomentarían la productividad de la empresa, y por otro lado, traería beneficios, tanto en la gestión de los recursos como mejorando la imagen de la empresa y el producto.



2.10 Análisis Estratégico

2.10.1 Cinco Fuerzas de Porter

- **Poder de negociación de los clientes**

Medio, el producto entregaría un nuevo material dentro de la industria con características sustentables, lo que permitiría la inclusión de este material en nuevos proyectos, sin embargo, la resistencia al cambio de proveedores puede ser alta debido a la posible diferencia de valor entre el producto y materiales convencionales.

- **Poder de negociación de los proveedores**

Bajo, en este caso se considera a los principales proveedores como los productores de residuos textiles, por lo que ellos son quienes requieren del servicio. Por otro lado, los proveedores de las materias primas como cemento, cal y agua, también tienen bajo poder, pues existen muchos proveedores de estos materiales.

- **Amenaza de Productos Sustitutos**

Media, el producto presentaría una opción con atribuciones muy valoradas en el mercado, pero el precio de este puede ser un condicionante para su preferencia.

- **Amenaza de nuevos competidores**

Baja, dado el análisis realizado, son muy escasos los proveedores de productos similares y distintos a los tradicionales. El producto que se plantea tiene bastante ventaja en este sentido.

- **Rivalidad entre los competidores existentes**

Media, en el sector de la construcción existen bastantes materiales de construcción, además el formato del producto es acotado para ciertos usos en las edificaciones. Pese a esto, las características del producto resaltan por sobre la competencia.

2.10.2 FODA

- **Fortalezas**

La capacidad de utilizar residuos textiles para producir bloques de construcción representa una innovación significativa en el sector de la construcción sostenible. Esto demuestra la capacidad del proyecto para aprovechar recursos no convencionales y contribuir a la reducción de residuos textiles, al mismo tiempo que promueve prácticas de construcción más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.

Además, las potenciales propiedades del producto lo hacen sobresalir por los materiales tradicionales utilizados en la construcción.



- **Oportunidades**

El proyecto logra generar un vínculo entre dos sectores que presentan una gran necesidad. Por un lado, la gestión de residuos textiles está presentando un gran problema, que ya está siendo reconocido por el estado, por lo que, la gestión de residuos textiles será una necesidad. Por otro lado, el sector de la construcción se encuentra en búsqueda de nuevos materiales que promuevan una disminución en la huella de carbono, como también que logren promover la eficiencia energética, esto también se encuentra ligado a iniciativas estatales, sin embargo, también puede existir un interés de parte de personas naturales por la adquisición de este nuevo material.

- **Debilidades**

Las debilidades para el proyecto recaen en la baja maduración del mercado para este material, por lo que su inclusión en el mercado podría estar sujeta a una gran resistencia por la elección de este producto por sobre aquellos tradicionales.

Además, también requiere de pruebas y ensayos para poder encontrar la forma óptima para su producción y lograr la calidad requerida por el sector de la construcción.

- **Amenazas**

La gestión de residuos textiles no representa la solución para el problema principal, si no mas bien una solución sobre las consecuencias que la industria tiene producto de su insostenibilidad, por esta razón, una amenaza para el proyecto radica en aquellas soluciones que permitan reducir la generación de residuos textiles desde el diseño y confección de estos, como también un cambio cultural sobre el consumo de textiles.



Tabla 4. Matriz Estratégica FODA

FODA	Fortalezas	Debilidades
Oportunidades	Desarrollo de alianzas estratégicas con generadoras de residuos y clientes. Inversión en investigación y desarrollo para desarrollar una patente de la tecnología. Visibilizar el proyecto a través de campañas Diversificación del mercado, explorar otras aplicaciones y mercados.	Invertir en investigación y desarrollo para mejorar la eficiencia y calidad del proceso. Alianzas estratégicas y colaboraciones con centros de investigación.
Amenazas	Colaborar con instituciones educativas, organizaciones ambientales y gubernamentales. Identificar y monitorear de cerca las tendencias y cambios en la industria textil y de la construcción. Diversificar la oferta de productos y servicios para abordar tanto la necesidad de gestión de residuos textiles como la demanda de nuevos materiales en el sector de la construcción.	Invertir continuamente en investigación y desarrollo. Participar en eventos de la industria, ferias comerciales y conferencias para presentar el producto. Llevar a cabo campañas de educación y sensibilización dirigidas a consumidores finales.



3. ESTUDIO TÉCNICO

3.1 Calidad de la Producción

Para que el producto pueda introducirse en el mercado como una alternativa a los actuales productos convencionales del mercado, existen características técnicas con las que debe contar el producto.

De acuerdo con el Decreto Supero N°47: Ordenanza General de la Ley General de Urbanismo y Construcciones, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), menciona que el control de calidad de los materiales de construcción es obligatorio, y deberá ser efectuado por Laboratorios de Control Técnico de Calidad de Construcción que estén inscritos en el Registro Oficial de Laboratorios de control técnico de calidad de construcción de MINVU, estos se encuentran en la tabla 5 (LeyChile, 2023).

Tabla 5. Laboratorios de Control Técnico Inscritos y vigentes, elaboración propia

Laboratorio	Región	Vigencia Acreditación
Sociedad de Control de Calidad e Inspecciones Limitada- ATYLAB LTDA	Maule	20-10-2027
Laboratorio Ciencias de la Construcción de Universidad del Bio Bio	Bio Bio	26-09-2027
Ensayo de Materiales y Prospecciones Limitada EMPRO	Bio Bio	18-07-2027
Centro de Estudio de Medición, y Certificación de Calidad CESMEC	Bio Bio	13-04-2025
Laboratorio Control y Ensayes de Materiales S.A. LACEM	Metropolitana	19-11-2026
Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de La Universidad Católica de Chile DICTUC S.A.	Metropolitana	07-01-2027
Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación de Estructuras y Materiales IDIEM	Metropolitana	20-10-2026
Dirección de Extensión en Construcción DECON UC	Metropolitana	18-03-2026
Fundación Investigación y Control de Calidad de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de La Serena INVECC	Coquimbo	25-01-2028

El Instituto Nacional de Normalización (INN) corresponde a la entidad que entrega las normas técnicas con las que deben cumplir los materiales de construcción, además muchas de sus normas están basadas en normas ISO o del ASTM (American Society for Testing and Materials) de Estados Unidos, por lo que la normativa técnica resulta similar al estándar valorado internacionalmente.



3.1.1 Requisitos para ladrillos cerámicos

Dado que se trata de un material nuevo de construcción, pero que implica la misma aplicación que entregan los ladrillos cerámicos, la calidad exigida para el material se fijará en base a la que es exigida para los ladrillos cerámicos.

De acuerdo con la Norma Chilena NCh169 Of.2001, sobre la clasificación y requisitos de ladrillos cerámicos hechos a máquina (tabla 6), el Eco Bloque corresponde a un ladrillo macizo (MqM). A partir de esto, la calidad mínima que debe presentar el bloque corresponde a:

- Resistencia mínima a la compresión = 15 [MPa]
- Absorción de agua máxima = 14%
- Adherencia mínima = 0,4 [MPa]

Estas corresponden a las propiedades más importantes con las que debe contar el Eco Bloque para que pueda ser utilizado en construcción, por lo tanto, su diseño debe estar comprometido principalmente con el logro de estas propiedades.

Cabe mencionar que estas características son más exigentes para el caso del bloque macizo (MqM), sin embargo, en caso de modificar el formato del ladrillo a hueco o perforado (MqH o MqP), podría ser producido en otros grados, como de aprecia en la tabla 6, donde las exigencias son menores.

Tabla 6. Requisitos por grado y clasificación de ladrillos cerámicos hechos a máquina NCh169 Of.2001 (INN, 2001)

Requisitos mecánicos	Grados de ladrillos cerámicos						
	1		2		3		
	Clases de ladrillos cerámicos						
	MqM	MqP	MqH	MqP	MqH	MqP	MqH
Resistencia a la compresión, mínima (MPa)	15	15	15	11	11	5	5
Absorción de agua, máxima %	14	14	14	16	16	18	18
Adherencia, mínima (MPa) (área neta)	0,4	0,4	0,4	0,35	0,35	0,30	0,25
NOTA - Los requisitos de los ladrillos cerámicos artesanales son tratados en NCh2123.							

En la tabla 7 se entregan los requisitos de forma y terminación, indicando la tolerancia a los defectos que el ladrillo puede presentar.



Tabla 7. Requisitos de forma y terminación para ladrillos hechos a máquina NCh169 Of.2001 (INN, 2001).

Requisitos	Tipo de ladrillo (según su uso)	
	Cara vista (V)	Cara para ser revestida (NV)
Fisura superficial	La fisura superficial se limita en longitud a no más de $\frac{1}{3}$ de la dimensión de la cara con respecto a la dirección de la fisura. En los cabezales se acepta la existencia de fisuras superficiales sin importar su longitud.	Se acepta en cualquier cara sin importar su longitud.
Fisura pasada	No se acepta en caras mayores. Se acepta a lo más una fisura pasada en alguno de los cabezales.	Se acepta una fisura pasada en cualquiera de sus caras.
Desconchamiento	Se acepta la existencia de a lo más un desconchamiento superficial y, siempre que su diámetro no supere 10 mm.	Se acepta hasta un desconchamiento por cara, limitando también su diámetro a 10 mm como máximo.
Eflorescencia	Se acepta presencia de eflorescencias, de fácil remoción, cuya extensión se limita por acuerdo entre las partes.	
Tolerancias de planeidad	± 4 mm	± 4 mm
Tolerancias dimensionales		
- Largo	± 5 mm	± 5 mm
- Ancho	± 3 mm	± 3 mm
- Alto	± 3 mm	± 3 mm

En tabla 8 se presentan en síntesis las características y las normas de ensayo que corresponden a la propiedad.

Tabla 8. Normas de verificación de características para ladrillos cerámicos, elaboración propia

Ensayo	Norma
Absorción de agua	
Adherencia a cizalle	
Capacidad de succión	
Compresión	NCh 167 Of2001
Eflorescencia	
Porcentaje de huecos	
Verificación dimensional y geométrica	NCh 168 Of2001

La realización de las pruebas para el material en laboratorios reconocidos y certificados, tiene un valor aproximado de 9 UF (Unidad de fomento chilena) (LACEM, 2024).

3.1.2 Otras propiedades de interés

Las propiedades que se indican a continuación resultan relevantes de considerar, dado que se trata de un nuevo material de construcción, permitirá obtener más información del comportamiento del producto, para mejorar el desempeño de este mediante el diseño de su producción, además presentarían un indicador importante para los futuros clientes.



3.1.2.1 Aislación Térmica

Los ensayos se realizan de acuerdo con las normas NCh 850 Of.2008 o NCh 851 Of. 2008, ambas son válidas, pero presentan distintos métodos de medición. El resultado de este ensayo permite conocer el comportamiento térmico del material como aislante, expresado a través de la transmitancia térmica del material (INN, 2008) (INN, 2008).

Esta propiedad es de gran interés dentro de los futuros consumidores de este producto, de acuerdo con el estudio de mercado realizado, tanto iniciativas públicas como privadas están apuntado a materiales que presenten un buen grado de aislación térmica.

Un ladrillo cerámico actual, presenta una transmitancia térmica entre 1,6-1,9 $\left[\frac{W}{m^2K} \right]$ (Ceramica Santiago, 2024).

3.1.2.2 Aislación Acústica

La aislación acústica de materiales de construcción es realizada a través de NCh 2786 Of.2003, esta entrega el índice de reducción acústica en distintas frecuencias (INN, 2003).

Es propiedad complementa la información del producto, además también basado en antecedentes sobre el futuro producto, podrían ser esperables resultados positivos.

Un ladrillo cerámico actual, presenta un índice de reducción acústica superior a 45 dB (A) (Ceramica Santiago, 2024).

3.1.2.3 Resistencia al fuego

La resistencia al fuego es verificada a través de NCh935/1 Of.97, sobre ensayos de resistencia al fuego de elementos de construcción en general. A través de este ensayo el material recibe una clasificación de acuerdo con la resistencia (tabla 9) que esté presente frente al fuego, es decir, que no pierda su capacidad funcional al ser sometido a condiciones de un incendio estándar (INN, 1997).

Tabla 9. Clasificación de resistencia al fuego de elementos de construcción NCh935/1Of.97, elaboración propia

Clasificación	Duración en minutos
Clase F 0	Mayor o igual a 0 - Menor a 15
Clase F 15	Mayor o igual a 15 - Menor a 30
Clase F 30	Mayor o igual a 30 - Menor a 60
Clase F 60	Mayor o igual a 60 - Menor a 90
Clase F 90	Mayor o igual a 90 - Menor a 120
Clase F 120	Mayor o igual a 120 - Menor a 150
Clase F 150	Mayor o igual a 150 - Menor a 180
Clase F 180	Mayor o igual a 160 - Menor a 240
Clase F 240	Mayor o igual a 240 minutos



Como referencia, los ladrillos actuales presentan una clasificación entre F 90 y F 180 (MINVU, 2014).

3.1.2.4 Reacción al fuego

En relación con la reacción al fuego de materiales de construcción existen dos normas asociadas:

NCh 1914/1 Of.84, sobre la determinación de no combustibilidad, clasifica al elemento como combustible o no combustible (INN, 1984).

NCh 1914 Of.85, sobre la determinación del calor de combustión (INN, 1985).

Son indicadores claves para la construcción de edificaciones, además permitirá reconocer si el material a producir requiere de algún aditivo y/o revestimiento extra para su producción y/o utilización.

3.2 Materias Primas

Las materias primas para el desarrollo del Eco Bloque corresponden a una mezcla de cemento, cal, agua y residuo textil. A continuación, se entrega una breve descripción de cada una de ellas, con su papel dentro de la mezcla.

3.2.1 Cemento

El cemento juega el papel aglomerante de la mezcla. Se obtiene a partir de una mezcla de caliza y arcilla, las cuales son calcinadas y luego molidas para producir un polvo fino (Ferrovia, 2024). Existen diversos tipos de cemento, para este caso se propone el uso de Cemento Portland.

Su composición química está compuesta en un 95% de $[3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 + 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 + 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3]$, y un 5% de CaSO_4 (Universitat de Barcelona, 2024).

Su activación se hace a través de agua, y con el paso del tiempo se vuelve más resistente, además es un material que no se ve afectado por el fuego (Ferrovia, 2024).

3.2.2 Cal

La Cal es un producto derivado de la piedra caliza, y se encuentra en distintos formatos, para este caso el tipo de cal que será utilizado corresponde a la Cal Hidráulica, puesto que ofrece mayores resistencias.

Es posible encontrar en el mercado distintos grados de cal hidráulica, esta mientras más hidráulica, más rápido fragua y mayor es su resistencia final (Lime Green, 2017). Esta compuesta por óxido ferroso, y arcilla, cuya capacidad hidráulica varía según el contenido de arcilla (Pérez, 2023).

La cal también corresponde a un aglomerante, y posee características como impermeabilidad, evita la proliferación de moho o bacterias, posee una acción bactericida y fungicida (Pérez,

2023). Su principal papel en la mezcla es entregarle mayor resistencia a la compresión al producto, al interactuar con el cemento.

3.2.3 Textil

El uso de textil en la mezcla es para el aprovechamiento de este mismo, y poder ser integrado en un producto con fines estructurales. El textil actúa como revestimiento de la mezcla, sus propiedades pueden variar bastante, pudiendo entregar características aislantes para el producto, pero que también puede llegar a afectar a la mezcla de cemento y cal.

El efecto que el textil tenga sobre la mezcla va a depender de su tipo, puesto que según su composición puede implicar ciertos resultados sobre la calidad del producto, es por esta razón que su efecto será analizado en las siguientes secciones.

3.3 Estudios previos

La utilización de residuos textiles en la construcción ha emergido como una estrategia innovadora y prometedora para promover la sostenibilidad en el sector. La incorporación de estos desechos en materiales de construcción no solo ofrece una solución para la gestión de residuos, sino que también mejora el desempeño de los productos finales. Frente a esto, diversos estudios, han demostrado que la combinación de residuos textiles en materiales a base de cemento puede resultar en materiales con propiedades destacables al ser comparados con materiales tradicionales.

La capacidad de aislación térmica de un textil conformado por 70% lana, 25% viscosa y 5% elastano, fue evaluado en formato de bloque (60x25x10cm) al realizar una mezcla a base de cemento portland. El estudio evaluó la influencia del contenido del residuo textil sobre el comportamiento térmico del material, por lo que se realizaron tres mezclas diferentes, como se puede observar en la figura 18, a) 6,25% de textil, b) 8,16% de textil, y c) 8,75% de textil. Adicionalmente en la tabla 10 se puede observar el efecto de esta composición sobre los valores de resistencia térmica (RSI) y conductividad térmica que presenta el material, indicando que el bloque con mayor contenido de textil presenta un mayor desempeño aislante (Briga-Sá, y otros, 2022).



Figura 18. Bloques fabricados con distintos porcentajes de textil (Briga-Sá, y otros, 2022)



Tabla 10. Propiedades térmicas de bloque según contenido de textil, elaboración propia

Textil	Cemento	Agua	RSI [$\text{m}^2\text{K/W}$]	Conductividad térmica [W/mK]
6,25%	46,87%	46,88%	0,34	0,294
8,16%	30,62%	61,22%	0,61	0,164
8,75%	32,85%	58,40%	0,67	0,149

Ensayos posteriores, sobre el bloque c) (con 8,75% de contenido textil), demostraron un comportamiento satisfactorio para la resistencia a la compresión del material, presentando una deformación y recuperación de su estado inicial, sin observar rotura del material, la figura 19 muestra el desplazamiento del material por acción de la carga aplicada en la prueba. Además, se realizaron pruebas de reacción al fuego, dando como resultado que el material no presenta un comportamiento inflamable (Magalhaes, Conde, Mesquita, Briga-Sá, & Macanjo Ferreira, 2024).

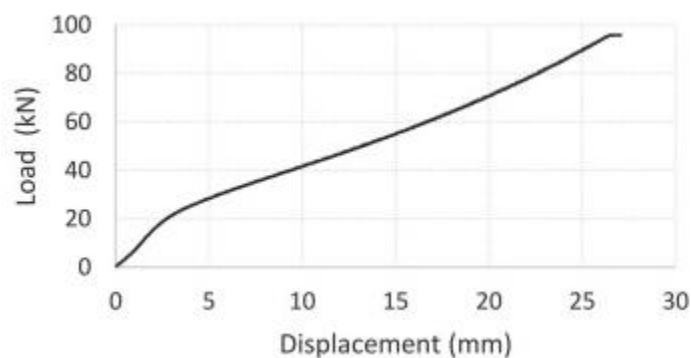


Figura 19. Desplazamiento por acción de la carga para bloque c) (Magalhaes, Conde, Mesquita, Briga-Sá, & Macanjo Ferreira, 2024)

Los residuos de Blue-jeans, formado por un tejido llamado denim, y que se encuentra principalmente conformado por algodón, también han sido parte de pruebas para la formación de materiales de construcción. En un estudio han sido deshilachados para posteriormente unidos para formar un panel de 25x25x2,5cm (figura 20), esto a través de la técnica de punzado, uniendo los hilos mecánicamente a través de su entrelazado (Bermejo, 2020).



Figura 20. Panel formado con fibras provenientes de blue-jeans (Bermejo, 2020)

La aislación térmica del material fabricado resultó ser similar a materiales aislantes usado actualmente en la industria de la construcción como poliestireno expandido (plumavit) y lana de roca, con un valor de conductividad térmica de 0,038 [W/mK].

La aislación acústica del material fue comparada con lana de roca (figura 21), un material usado en la construcción para estos fines. Se utilizó como indicador el Índice de Reducción Sonora NRC (Noise Reduction Coefficient), siendo la media aritmética de 0,51 para este panel, bastante similar al de lana de roca, con 0,53.

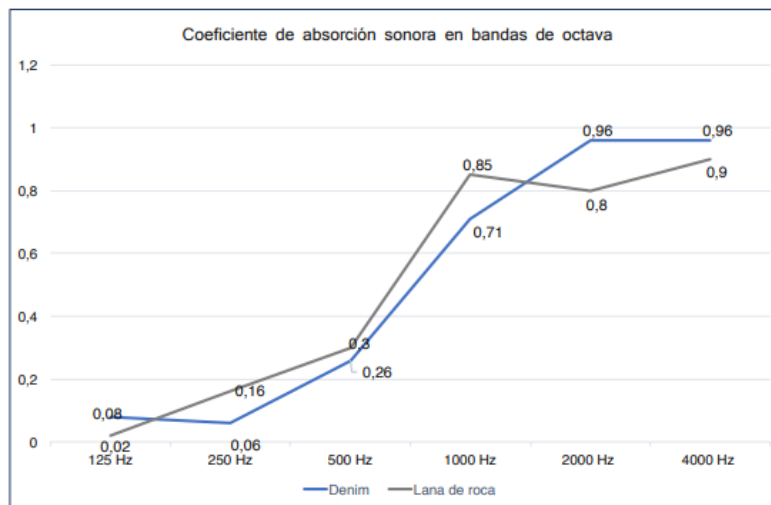


Figura 21. Evaluación del comportamiento acústico de panel formado con fibras provenientes de blue-jeans (Bermejo, 2020)



En otra investigación, también fueron utilizados residuos textiles correspondientes a blue-jeans, en este se evaluó su adición en la resistencia de concreto de poliéster a través de un tratamiento por irradiación gamma. Los resultados indicaron una mejora en las propiedades de la mezcla, con 1% de residuo añadido, se obtuvieron mejoras por sobre la mezcla original sin residuo textil, aumentando en 40% la resistencia a la compresión y un aumento de 7% de resistencia a la flexión. Los resultados se explican por la interacción que se logra entre las fibras y la mezcla original al ser irradiadas (Peña, Martínez, Martínez, & Ureña, 2018).

El perfil ambiental de la adición de textiles sobre mezclas a base de cemento también ha sido investigado. Para este caso, se elaboraron placas a partir del cardado y punzonado de residuos textiles de ropa técnica de bomberos, compuesta por 93% de fibras de meta-aramida, 5% de fibras de para-aramida y 2% de fibras antiestáticas, siendo luego sumergida en una matriz de cemento portland (figura 22). El producto final, dada sus características mecánicas es adecuado para su uso como baldosas, siendo comparado ambientalmente con baldosas tradicionales (Ventura, y otros, 2022).

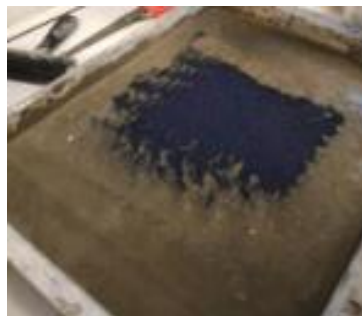


Figura 22. Elaboración de placa formada de residuo textil como alternativa a baldosas tradicionales (Ventura, y otros, 2022)

El estudio ambiental, fue realizado a través de un análisis de ciclo de vida de la cuna a la puerta, los resultados indican un perfil ambiental similar al de las baldosas de fibrocemento y significativamente mejor que el de las tradicionales como baldosas cerámicas y placas de piedra natural. Se destaca que la base de cemento está fuertemente relacionada con el impacto ambiental, por lo que utilizar menores cantidades o reemplazar el cemento por un componente de menor impacto permitiría mejorar el perfil medioambiental del producto (Ventura, y otros, 2022).

Frente a esto, también se han realizado esfuerzos para el uso de otros aglomerantes. Tal es el caso de mezcla de almidón con residuos textiles, pudiendo otorgar una estructura para la elaboración de un material cerámico (Chahuan, Thennarasu, Dubey, Pandey, & Naresh, 2023).

El empleo de almidón como aglomerante requiere de un proceso de calentamiento por microondas sobre la mezcla de textil y agua. El proceso se basa en la gelatinización de este material. Para lograr su activación del almidón se requiere utilizar agua caliente y luego llevar a un tratamiento por microondas para remover el exceso de agua, y finalmente formar un material sólido. Se debe considerar que el tipo de almidón puede cambiar las cualidades del material formado, además el tratamiento por microondas y la relación de agua de la mezcla es clave para definir la porosidad del material (Wang, Liu, Zhang, & Zeng, 2023).

Los resultados también indican que el almidón de guisantes, almidón de maíz, almidón de frijol mungo y almidón de trigo son difíciles de expandir, endurecer y envejecer. Mientras que la combinación de desechos textiles y almidón de yuca, almidón de papa, almidón de batata y harina de arroz glutinoso muestra más expansibilidad y una estructura más porosa, aunque es difícil de moldear (Chahuan, Thennarasu, Dubey, Pandey, & Naresh, 2023). En la figura 23, se pueden observar las mezclas desarrolladas con los distintos almidones.



Figura 23. Mezclas de residuos textiles con diferentes tipos de almidones (Chahuan, Thennarasu, Dubey, Pandey, & Naresh, 2023)

3.4 Factores para el diseño del proceso

3.4.1 Relación cemento/cal

La cal al ser añadida al cemento, mejora principalmente la resistencia durabilidad final de la mezcla (Holcim, 2024), además entre las otras propiedades que entrega, destacan (Soprocál, 2024):

- Mejora la trabajabilidad, al generar una mezcla más fácil de moldear.
- Mejora la adherencia, para que se pueda unir a superficies.
- Mayor retención, aumenta la retención de agua en la mezcla permitiendo la correcta hidratación del cemento.
- Disminuye la permeabilidad, reduciendo el riesgo de deterioro de la mezcla por erosión.

La relación de cal y cemento, varía según el tipo de aplicación, además, en la mezcla tradicional de mortero los áridos forman parte esencial de esta mezcla, por lo tanto, es necesario trabajar la mezcla con el fin de encontrar la relación óptima para la aplicación objetivo de este trabajo. De esta forma, se propone comenzar con una relación 1:1 en peso de cemento y cal.

3.4.2 Relación de Agua

3.4.2.1 Efecto sobre el cemento

Para el caso del cemento la relación de agua juega un rol muy importante en la resistencia final de este, esta relación es explicada por la Ley de Abrams, indicando que la resistencia es inversamente proporcional a la relación agua/cemento, es decir, mientras mayor contenido de agua haya por cemento, resultaría en una pérdida de la calidad del cemento (Osorio, 2024).

En la figura 24 es posible observar el efecto sobre la compresión de mezclas de cemento con distintas relaciones de agua/cemento en peso luego de 28 días, indicando que mientras más baja es esta relación, mayor es la resistencia a la compresión que presenta la mezcla, sin embargo, el bajo contenido de agua también forma parte de la consistencia de la mezcla y su manipulación.

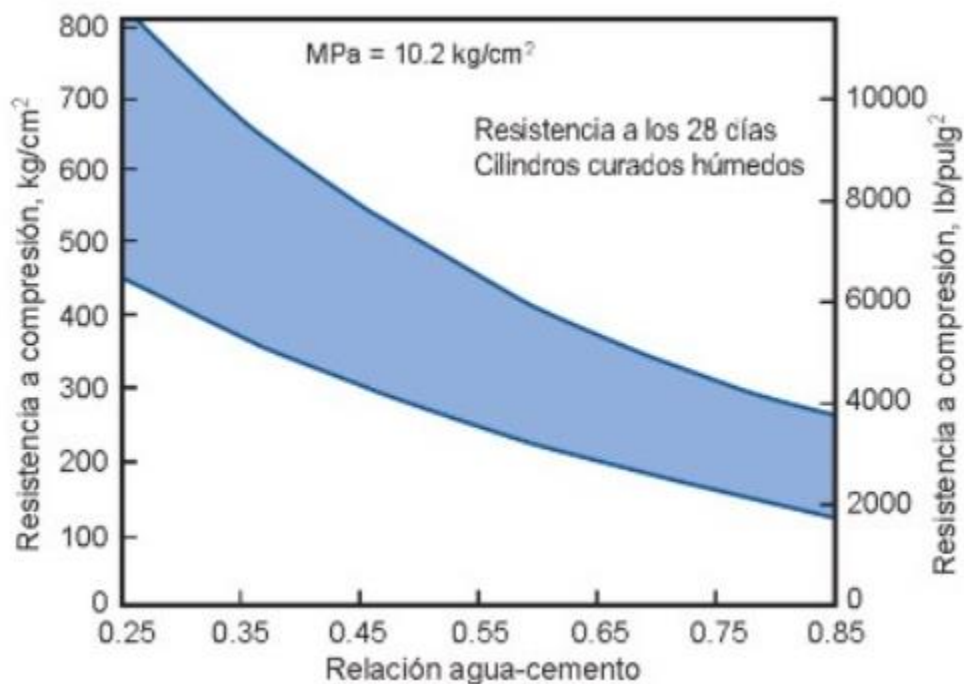


Figura 24. Variación de resistencias típicas para relaciones (Elizondo, 2013)



La fenomenología detrás del proceso de endurecimiento del cemento se encuentra dado por el proceso de Hidratación de este, en el cual se distinguen cuatro fases (Chipatecua, 2024):

- Alita: Corresponde a la fase inicial donde el silicato tricálcico ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$), que representa la mayor parte del cemento reacciona, generando alto calor de hidratación, comenzando el fraguado y otorgando la resistencia temprana de la mezcla.
- Belita: En esta fase el silicato dicálcico ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) se hidrata, liberando un calor más bajo de hidratación en comparación al de la fase Alita, endureciendo de forma más lenta, demostrando la resistencia que presenta al cabo de 7 días.
- Celita: En esta etapa el aluminato tricálcico ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$) reacciona con el sulfato de calcio (CaSO_4) del cemento, generando alto calor de hidratación, y produciendo la llamada etringita.
- Felita: En esta fase el ferroaluminato tetracálcico ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$) reacciona, colaborando muy poco a la resistencia final del cemento, y otorgando el color gris característico.

3.4.2.2 Efecto sobre la cal

La cal hidráulica tiene la ventaja de fraguar bajo el agua, lo que permite su fraguado en ambientes tanto secos como húmedos. Por lo tanto, el proceso de fraguado puede ocurrir naturalmente en ambientes húmedos o acelerarse añadiendo agua en cantidades abundantes a la mezcla (Slow Studio, 2023).

Su fraguado ocurre por dos reacciones, primero por la hidratación de los silicatos y aluminatos de calcio, ocurriendo por la presencia de agua en el ambiente, esta reacción genera en la parte temprana y produce alta resistencia temprana de la mezcla. Y segundo por la carbonatación del hidróxido cálcico, producto de su reacción con el CO_2 en el ambiente, esta reacción es más lenta, otorgando mayor plasticidad a la mezcla (Ruiz de Torres, 2016).

3.4.2.3 Efecto sobre el textil

El textil, dependiendo del tipo, puede presentar absorción de agua, pudiendo afectar de alguna forma a las reacciones que de hidratación de la mezcla.

Bajo lo anterior, el agua puede jugar un rol importante, principalmente para el fraguado del cemento y permitir el máximo provecho de este componente. Además, es importante considerar el posible efecto que tenga el textil sobre el contenido de agua de la mezcla, dado a que puede ser absorbido afectando el desempeño final del producto. Por otro lado, la cal no presenta una gran dificultad para establecer la relación de agua para la mezcla.

3.4.3 Edad de la Mezcla

Tanto el cemento como la cal experimentan un incremento de la resistencia a través del tiempo. En la figura 25, se puede observar la resistencia que presenta una mezcla de cemento sin aditivos luego de 28 días de medición. Para el caso de la cal hidráulica dentro de este mismo periodo de tiempo puede efectuar cambios de resistencia a la compresión pasando de 2 MPa a los 7 días a 5 MPa a los 28 días (Cannabrig, 2024).

Frente a esto resulta relevante considerar un adecuado tiempo de fraguado para el producto final, dado a que implica dos componentes, cemento y cal, que incrementan la resistencia a la compresión a través del tiempo.

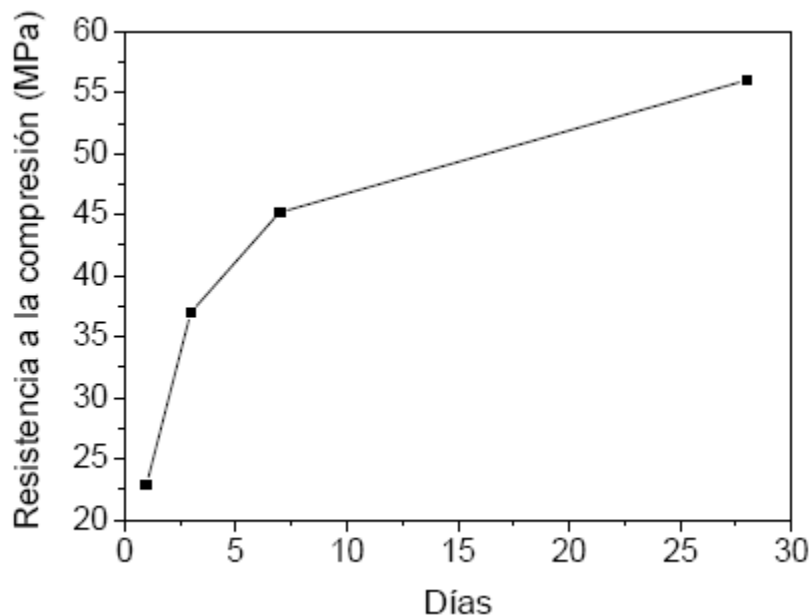


Figura 25. Resistencia a la compresión de cemento sin aditivos (Montoya, Cadavid, & Gómez, 2009)

3.4.4 Tipo de Textil

El textil al no presentar propiedades puzolánicas, actúan como refuerzos en la mezcla (Rahman, Siddiqua, & Cherian, 2022). Además, como se ha indicado anteriormente, el residuo textil dependerá de la estrategia de recolección con la que se cuente, pudiendo así variar la procedencia del textil, y por ende su tipo.

El tipo de textil puede variar los atributos finales del producto, como también afectar la mezcla a realizar, es importante realizar pruebas que permitan reconocer la interacción del tipo de textil en la mezcla, como también evaluar la calidad del producto, para observar cuales son los efectos que tiene el textil.



Las fibras naturales son hidrófilas, por lo que pueden presentar una absorción de agua importante, además de ser propensas a ser biodegradadas. Las fibras sintéticas, no presentan biodegradabilidad, además estas fibras resultan ser más homogéneas en su composición con respecto a fibras naturales, por lo que el producto podría presentar mayor durabilidad y ser más homogéneo para realizar simulaciones y modelos. Cabe mencionar que la mayor parte de estas fibras son hidrófobas por lo que no presentarían una absorción importante de agua (Rahman, Siddiqua, & Cherian, 2022).

A continuación, se entrega una breve descripción de algunos textiles considerando su potencial uso como revestimiento.

- La lana posee propiedades de aislamiento y características de baja inflamabilidad. sin embargo, es susceptible a un mayor contenido de humedad (Briga-Sá, y otros, 2022).
- La viscosa presenta alta inflamabilidad, y una alta capacidad de retención de agua (Briga-Sá, y otros, 2022).
- Fibras de elastano tienen alta elasticidad y al mismo tiempo altos valores de resistencia, propiedades elásticas equilibradas y un excelente comportamiento térmico e higrotérmico (Briga-Sá, y otros, 2022).
- El algodón presenta poca elasticidad, alta absorción de agua, y buen conductor de calor (Coats, 2024).
- El poliéster es un termoplástico, por lo que puede ser modificable con el calor, además es un material hidrofóbico (Coats, 2024).
- El nailon también corresponde a un termoplástico, además presenta alto grado de elasticidad, y resulta resistente a insectos, hongos, moho y podredumbre (Coats, 2024).

3.5 Diseño del proceso

3.5.1 Etapas de producción

3.5.1.1 Preparación del textil

En esta etapa se deben retirar las partes duras del textil como cierres y botones que puedan afectar a la máquina desfibradora, además se deben reducir a fragmentos mas pequeños de aproximadamente 10x10cm, para que de igual manera sean fáciles de procesar por la máquina desfibradora.

3.5.1.2 Formación de vellón textil

Los fragmentos de los residuos textiles son llevados a la máquina desfibradora, con el fin de reducir el textil en su totalidad, dejando el residuo textil en una forma bastante mas manipulable para ser utilizado en la mezcla para el Eco Bloque.

3.5.1.3 Preparación de mezcla base

En esta etapa se realiza la mezcla base entre cemento, cal y agua. Las proporciones de estos componentes deben ser evaluadas, como prueba inicial se propone una relación de 1:1 entre cemento y cal, mientras que el contenido de agua queda sujeto a la consistencia necesaria para poder manipular la mezcla, sugiriendo el menor contenido de agua posible.

3.5.1.4 Incorporación de vellón

Una vez realizada la mezcla base, se añade el textil a la mezcla en un porcentaje a ser evaluado, para esto se propone un porcentaje de 10% de vellón textil en la mezcla. Además, el tipo de textil empleado también puede jugar un papel crucial, por lo que se propone, además, la prueba de un solo tipo de textil, como también la incorporación de distintos tipos de textiles a la vez, previamente identificados, para observar y contrastar el comportamiento de este en la mezcla y producto final.

3.5.1.5 Moldeado y prensado

Finalmente, la mezcla formada, con el vellón textil incorporado, es depositada en el molde y prensada para compactar la mezcla, formando así el producto final. El formato del molde puede variar, como referencia el tamaño de un ladrillo macizo común es de 5x14x28cm.

3.5.1.6 Curado

En este paso, es necesario esperar que la mezcla se hidrate y reaccione correctamente, este tiempo de espera puede ser significativo para las propiedades finales que presente el producto, por lo que se propone evaluar estas propiedades a distintos tiempos de curado del producto, comenzando por 7 días.

3.5.2 Esquema de producción

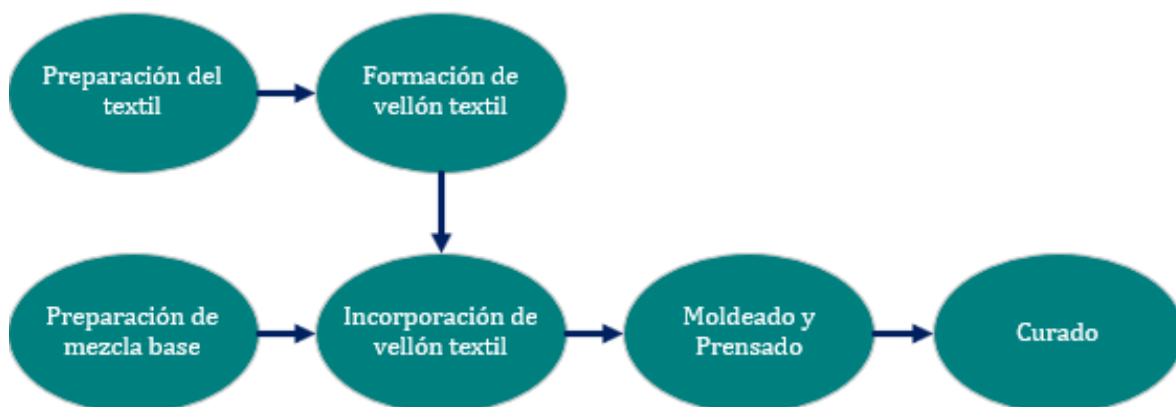


Figura 26. Esquema de producción de Eco Bloques, elaboración propia

3.5.3 Cantidad de producción

La cantidad a producir de Eco Bloques, debe ser establecida de acuerdo a la demanda actual que tendría este tipo de material, y a la cantidad de residuos textiles que se producen en Chile. Respecto a la demanda actual, se estimó que corresponde a 84.000.000 ladrillos por año, y para el caso de la generación de residuos textiles, se estimó en 658.815,2 toneladas por año. Por lo tanto, estas cantidades entregan un indicador sobre el porcentaje que de la oferta que puede llegar a cubrir el proyecto, tanto en la oferta de ladrillos, como en la capacidad de gestión de residuo textil.

De esta forma, si se propone la producción de 100.000 bloques anuales, y suponiendo un peso 1,2 [kg] por bloque, la gestión de residuo textil varía según el porcentaje de adición óptimo para el producto; suponiendo por lo bajo una adición del 5%, radica una gestión de residuo textil anual de 6 toneladas, mientras que, si se asume una adición alta de residuo textil, siendo de un 50%, radica en la gestión de residuo textil de 240 toneladas anuales.

3.5.4 Equipos principales

3.5.4.1 Mezclador

La mezcla puede ser elaborada a partir de una betonera eléctrica, como se muestra referencialmente en la figura 27, el tamaño de este equipo puede variar según la cantidad de mezcla que se requiere elaborar. De esta forma el valor del equipo se encuentra en un rango de 400.000 a 2.000.000 de pesos chilenos (Easy, 2024).



Figura 27. Betonera eléctrica referencial (Easy, 2024)

3.5.4.2 Desfibradora

Para la desfibradora puede utilizarse un molino de cuchillas industrial, como el referencial en la figura 28, al igual que el equipo anterior, existen distintos tamaños para el equipo, lo que dependerá de la cantidad deseada a procesar. Los valores para este equipo van desde 1.000.000 a 10.000.000 de pesos chilenos (Máquinas Agrícolas, 2024).



Figura 28. Molino triturador de cuchillos (Máquinas Agrícolas, 2024)

3.5.4.3 Moldeador y prensa

En el mercado existen diversos equipos especializados en el moldeado y prensado automático y semiautomático de la mezcla para fabricar ladrillos, en la figura 29 se deja como referencia un equipo a escala pequeña. La diversidad de estos es bastante grande, pudiendo encontrar diferentes moldeados (huecos y macizos) por lo que puede ser un criterio importante para la selección de este. Otro criterio para su selección es la cantidad que se desea producir de ladrillos, existiendo así una gran diversidad. Estos equipos tienen un valor 500.000 pesos chilenos (Alibaba, 2024).



Figura 29. Máquina automática para fabricar ladrillos (Alibaba, 2024)



4. CONCLUSIONES

Mediante el trabajo expuesto, se logró identificar el principal mercado que se podrá satisfacer con el producto, evaluando así el estado de este, resultando en que el proyecto representa una oportuna alternativa respecto a las necesidades del sector de la construcción en Chile. Paralelamente, la generación de residuos textiles en el país se va presentando como una gran problemática, que ya se está considerando por parte del estado, mediante la próxima inclusión de los residuos textiles en la Ley REP, frente a esto, también existe la necesidad de capacidad de gestión de estos residuos, entregando una gran oportunidad para un proyecto de este tipo.

La competencia para el Eco Bloque es escasa, y existen pocos referentes, principalmente por la falta de maduración de esta tecnología, sin embargo, considerando competencias similares tanto en la gestión de residuos textiles como en la elaboración de materiales sustentables para la construcción, guían a la empresa a replicar prácticas como la obtención de certificaciones para la captación de clientes, aprovechamiento del sentido estético del bloque, e incluso pensar en la colaboración directa con gestores locales.

Desde el punto de vista técnico, los estudios revisados indican resultados prometedores para un bloque elaborado con residuos textiles, resaltando aislamiento térmica y acústica que resultan de interés al mundo de la construcción. El requerimiento crítico para el bloque radica en la resistencia a la compresión, quedando sujeto a factores de diseño en la elaboración del bloque como cantidad y relación de los componentes, edad del bloque, y tipo de textil.

Respecto al escalamiento para la producción de bloques, es importante fijar una cantidad a producir acorde a la demanda de ladrillos y a la cantidad de residuos generada en el país, para esto es requerido determinar el contenido óptimo de residuo textil en la mezcla. A su vez, el escalamiento resulta simple, dado que los equipos no requieren de especificaciones que limiten su selección, existiendo gran variedad en el mercado que permiten cumplir con las etapas del proceso.

El estudio en cuestión permite determinar el gran potencial de la propuesta, las limitaciones que presenta son respecto a la maduración de la tecnología, por lo que resulta importante comenzar con pruebas en laboratorios y estudios más profundos que guíen el desarrollo del producto y el estudio de sus propiedades, con el fin de poder establecer un proceso productivo que asegure la calidad del producto.

Finalmente, frente a la problemática de residuos textiles, si bien el proyecto colabora a la lucha local presentándose como solución adecuada dado el contexto en Chile, es importante considerar que las principales intervenciones que se deben realizar son principalmente en la producción de los textiles, incentivando un diseño de mayor calidad y que a su vez conlleve un menor uso de recursos y emisiones, esto sin embargo, se encuentra bastante ligado a la concientización de los consumidores, formando parte de los principales desafíos.



5. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones apuntan a los siguientes pasos de la propuesta, su aceptación en este trabajo ya fue discutida resultando ser una oportunidad con gran potencial. Ahora, se sugiere comenzar a buscar el proceso óptimo de producción, realizando pruebas al material que permitan verificar sus propiedades y que permitan encontrar la calidad requerida para un material de construcción. Esta debe ser la prioridad para los siguientes estudios, y donde se deben enfocar los esfuerzos, de forma tal de lograr patentar la tecnología y producto, dada la escasa competencia existente. Una vez establecida la calidad del producto, los siguientes pasos como certificaciones, alianzas con proveedores y clientes, y escalamiento de producción, resultan en pasos que serán más simples de lograr.

A su vez, se recomienda tomar ventaja del contexto actual del país, aprovechando postulaciones a iniciativas que promuevan la investigación del producto, colaboración con centros de investigación, y gestores locales. Además, se sugiere la diversificación del producto, como sentido estético, formato y uso, en el que podría ser comercializado.



6. REFERENCIAS

- ¿Cómo ser Empresa B? (2024). Obtenido de <https://www.sistemab.org/>: <https://www.sistemab.org/ser-b/>
- A Plastic Planet. (Abril de 2023). *Filtration as an effective and near-term solution to reduce the release of microplastics in the environment*. Obtenido de <https://www.microplasticsolutions.org/>: <https://www.microplasticsolutions.org/>
- Alibaba. (Marzo de 2024). *Máquina automática para fabricar ladrillos, suministro directo de fábrica, para pavimentación de carreteras*. Obtenido de Alibaba: https://spanish.alibaba.com/product-detail/M%C3%A1quina-autom%C3%A1tica-para-fabricar-ladrillos-suministro-1600802219192.html?spm=a2700.pccps_detail.0.0.7b9913a0r43khP
- Alibaba. (Marzo de 2024). *Máquina semiautomática para hacer bloques de hormigón, QT4-40, China*. Obtenido de Alibaba: https://www.alibaba.com/pla/QT4-40-China-semi-automatic-concrete-block_1600206206062.html?mark=google_shopping&biz=pla&searchText=brick+making+machinery&product_id=1600206206062&language=en&src=sem_ggl&fileId=UG&from=sem_ggl&cmpgn=20752788451&adgrp=1569453
- Alvarado, R. (27 de Diciembre de 2021). *Geografía de la Ropa desechada en Chile: Desierto de Atacama se ha convertido en un gran basural textil*. Obtenido de <https://uchile.cl/>: <https://uchile.cl/noticias/182923/geografia-de-la-ropa-desechada-en-chile-la-moda-que-nos-mata>
- Amayuelas, C. (13 de Enero de 2023). *La revolución del reciclaje llega España: las grandes marcas textiles se alían para reducir residuos*. Obtenido de El Español: https://www.elespanol.com/enclave-ods/noticias/20230113/revolucion-reciclaje-espana-grandes-textiles-reducir-residuos/733176953_0.html#:~:text=Decathlon%2C%20H%26M%2C%20IKEA%2C%20Inditex,del%20residuo%20textil%20en%20Espa%C3%B1a.&text=Las%20grandes%20firm
- Bermejo, E. (Junio de 2020). *Deschos textiles: ¿Fabricación de aislantes térmicos o incineración?* Madrid. Obtenido de https://oa.upm.es/63587/1/TFG_Jun20_Bermejo_Arredondo_Elisa.pdf
- Boucher, J., & Friot, D. (2017). *Primary Microplastics in the Oceans*. Gland: IUCN.
- Briga-Sá, Ana, Gaibor, N., Magalhes, L., Pinto, T., & Deitao, D. (2022). Thermal performance characterization of cement-based lightweight blocks incorporating textile waste. *Construction and Building Materials*.



- ByFusion. (2024). *ByBlock Product Data Sheet*. Obtenido de ByFusion: https://www.byfusion.com/wp-content/uploads/2022/10/ByBlock%C2%AE-Product-Data-Sheet_v2.1.pdf
- ByFusion. (2024). *ByFusion*. Obtenido de ByFusion: <https://www.byfusion.com/>
- Calvo, S., & Williams, G. (2019). *Reutilización de residuos textiles*. BCN.
- Cannabric. (2024). *Ficha Técnica Cal Hidráulica Natural*. Granada: Cannabric.
- CDT. (Julio de 2021). *Cinco certificaciones de construcción sostenible en el mundo*. Obtenido de cdt.cl: <https://www.cdt.cl/5-certificaciones-de-construccion-sostenible-en-el-mundo/#:~:text=Cinco%20certificaciones%20de%20construcci%C3%B3n%20sostenible%20en%20el%20mundo,%28Comprehensive%20Assessment%20System%20for%20Built%20Environment%20Efficiency%29%20>
- Ceramica Santiago. (2024). *Ficha Técnica*. Obtenido de Ceramica Santiago: <https://www.ceramicasantiago.cl/product/santiagote-7/>
- CES. (2024). *Conoce la certificación*. Obtenido de CES: <https://www.certificacionsustentable.cl/conoce-la-certificacion/>.
- Chahuan, V., Thennarasu, P., Dubey, R., Pandey, S., & Naresh, R. (2023). Recent efforts and advances towards sustainable ceramics made from textile wastes- A review. *Open Ceramics*.
- Chile GBC. (2023). *REPORTE CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE CHILE GBC*. Obtenido de Chile GBC: <https://chilegbc.cl/index.php?sec=documentos>
- Chile GBC. (2024). *REPORTE CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE*. Obtenido de Chile GBC: <https://chilegbc.cl/index.php?sec=documentos>
- Chipatecua, L. (2024). *¿Cuál es la composición química del cemento y cómo afecta sus propiedades?* Obtenido de 360 En Concreto: <https://360enconcreto.com/blog/detalle/cual-es-la-composicion-quimica-del-cemento-y-como-afecta-sus-propiedades/>
- Coats. (2024). *Know About Textile Fibres*. Obtenido de Coats: <https://www.coats.com/en/information-hub/know-about-textile-fibres>
- Construcción Sustentable. (2024). *Estrategia Nacional de CS*. Obtenido de Construcción Sustentable: <https://csustentable.minvu.gob.cl/item/estrategia-nacional-de-cs/>
- Construye 2025. (2024). *Hoja de ruta 2022-2025*. Obtenido de Construye2025: <https://construye2025.cl/hoja-de-ruta/>



Construye2025. (2023). *Nosotros*. Obtenido de Construye2025:
<https://construye2025.cl/nosotros/>

DeVoy, J., Congiusta, E., Dielle, L., Sarah, F., & Sunand, B. (2021). Post-Consumer textile waste and disposal: Differences by socioeconomic, demographic, and retail factors. *Waste Management*, 303-309.

Easy. (Marzo de 2024). *Betonera eléctrica 130 litros volteo directo BVD-130E XL Corvimet*. Obtenido de Easy: <https://www.easy.cl/betonera-electrica-130-litros-volteo-directo-bvd-130e-xl-corvimet-1274845/p>

Easy. (Marzo de 2024). *Easy*. Obtenido de Easy:
https://www.easy.cl/betonero?_q=betonero&map=ft

Ecocitex. (2024). *Ecocitex*. Obtenido de Ecocitex: <https://www.ecocitex.cl/>

Economía Circular Construcción. (16 de Noviembre de 2023). *Procitex: Desechos textiles convertidos en aislación térmica y acústica*. Obtenido de Economía Circular Construcción: <https://www.economiacircularconstruccion.cl/procitex-desechos-textiles-convertidos-en-aislacion-termica-y-acustica/>

Elizondo, G. (2013). *Resistencia vs. relación A/C del concreto a tres edades y con dos tipos de cemento (UG y MP-AR)*. ICO TEC.

Ellen Macarthur Foundation. (2017). *Ellen Macarthur Foundation*. Obtenido de [ellenmacarthurfoundation.org](http://www.ellenmacarthurfoundation.org):
<http://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications>

EMR. (2023). *Mercado de la Construcción en Chile*. Obtenido de Informe de expertos: <https://www.informesdeexpertos.com/informes/mercado-de-la-construccion-en-chile>

EMR. (2023). *Mercado de Textiles en Chile*. Obtenido de Informes de Expertos: <https://www.informesdeexpertos.com/informes/mercado-de-textiles-en-chile>

Fabbrick. (2024). *Fabbrick*. Obtenido de Fabbrick: <https://www.fab-brick.com/>

Fabbrick. (2024). *Fiche Technique*. Obtenido de Fabbrick: https://www.fab-brick.com/_files/ugd/21e6f9_91f577f71dc04a149a81aede84e04f4.pdf

Fashion United. (2017). *Estadísticas de la industria de la moda en Chile*. Obtenido de Fashion United: <https://fashionunited.cl/statistics/estadisticas-de-la-industria-de-la-moda-en-chile>

Ferrovia. (2024). *Cemento*. Obtenido de Ferrovia:
<https://www.ferrovial.com/es/recursos/cemento/>



- Gola, D., Kumar, P., Arvind, A., Chauhan, N., Meenu, A., Singh, S., & Sunil, G. (2021). The impact of microplastics on marine environment: A review. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*.
- González, C. (3 de Agosto de 2023). *Procitex inaugura planta de valorización textil única en Chile y prevé reciclar hasta 500 toneladas mensuales*. Obtenido de <https://www.paiscircular.cl/>: <https://www.paiscircular.cl/economia-circular/textil-procitex-valorizacion/>
- Greenway. (15 de Diciembre de 2023). *Economía Circular en la Construcción: Materiales Sustentables y Proyectos Eco-Amigables*. Obtenido de Greenway: <https://www.linkedin.com/pulse/econom%C3%ADa-circular-en-la-construcci%C3%B3n-materiales-sustentables-add1e/?originalSubdomain=es>
- Hágalo Usted Mismo. (23 de Febrero de 2021). *Necesito Calcular*. Obtenido de Hágalo Usted Mismo: <https://www.hagaloustedmismo.cl/resultados/necesito-calcular.html>
- HILTI. (2024). *Por un Futuro más Sostenible*. Obtenido de Hilti: <https://www.hilti.cl/content/hilti/W2/CL/es/business/business/trends/sustainability.html>
- Holcim. (2024). *Descubre qué es el mortero a la cal y cómo se utiliza en la construcción*. Obtenido de Holcim: <https://www.holcim.es/que-es-el-mortero-la-cal-usos-y-aplicaciones-en-construccion>
- InduAmbiente. (21 de Diciembre de 2023). *Avanza actualización de la Estrategia Nacional de Construcción Sustentable*. Obtenido de InduAmbiente: <https://www.induambiente.com/noticias/avanza-actualizacion-de-la-estrategia-nacional-de-construccion-sustentable>
- INN. (1984). *NCh 1914/1 Of.84*. INN.
- INN. (1985). *1914/2 Of.85*. INN.
- INN. (1997). *NCh935/1 Of.97*. INN.
- INN. (2001). *NCh169: Construcción - Ladrillos Cerámicos - Clasificación y Requisitos*. INN.
- INN. (2003). *NCh 2786 Of.2003*. INN.
- INN. (2008). *NCh 850 Of.2008*. INN.
- INN. (2008). *NCh 851 Of.2008*. INN.
- ISO. (2024). *ISO 14001:2015*. Obtenido de Iso.org: <https://www.iso.org/standard/60857.html>



- ISO. (2024). *ISO 14025:2006*. Obtenido de Iso.org:
<https://www.iso.org/standard/38131.html>
- ISO. (2024). *Norma ISO 9001:2015*. Obtenido de Iso.org:
<https://www.iso.org/standard/62085.html>
- LACEM. (2024). *Cotización - Ensayo de ladrillos cerámicos*. Santiago: LACEM.
- León, N. (2022). *Proyecciones para la Construcción*. Cámara Chilena de la Construcción.
- LeyChile. (2023). *Decreto 47: Fija nuevo texto de la ordenanza general de la ley general de urbanismo y construcciones*. Obtenido de Biblioteca del Congreso Nacional de Chile:
<https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=8201>
- Lime Green. (2017). *Hydraulic Or Hydrated Lime*. Obtenido de Lime Green:
[https://www.lime-green.co.uk/knowledgebase/hydraulic_or_hydrated_lime#:~:text=Hydraulic%20limes%20\(so%20called%20because,while%20they%20absorb%20carbon%20dioxide.](https://www.lime-green.co.uk/knowledgebase/hydraulic_or_hydrated_lime#:~:text=Hydraulic%20limes%20(so%20called%20because,while%20they%20absorb%20carbon%20dioxide.)
- Magalhaes, L., Conde, O., Mesquita, L., Briga-Sá, A., & Macanjo Ferreira, D. (2024). Evaluating the fire behaviour of cement-based lightweight materials with textile waste incorporation using a cone calorimeter. *Case Studies in Construction Materials*.
- Máquinas Agrícolas. (Marzo de 2024). *Molino Trituradora De Cuchillos 220V 3hp \$1400000 (Jeringas, Residuos)*. Obtenido de Maquinas Agrícolas:
<https://maquinasagricolas.cl/trituradoras-plastico/9505-molino-trituradora-de-cuchillos-220v-3hp-1400000-jeringas-residuos.html>
- Máquinas Agrícolas. (Marzo de 2024). *Trituradoras de plástico*. Obtenido de Máquinas Agrícolas: <https://maquinasagricolas.cl/42-trituradoras-plastico>
- Méndez, D. (2021). *Estadísticas de la edificación años 2002-2019*. Macul: CIM.
- Ministerio de Energía. (2024). *Edificación*. Obtenido de Ministerio de Energía:
<https://energia.gob.cl/edificacion>
- MINVU. (2014). *Listado Oficial de Comportamiento al Fuego de Elementos*. Obtenido de Minvu.gob: https://www.minvu.gob.cl/wp-content/uploads/2020/05/Listado-Oficial-de-Comportamiento-al-Fuego-E14-1_2014.pdf
- MINVU. (2024). *Construcción Sustentable información técnica*. Obtenido de MINVU:
<https://csustentable.minvu.gob.cl/informacion-tecnica/>.
- MMA. (2023). *Textiles*. Obtenido de <https://economiacircular.mma.gob.cl/>:
<https://economiacircular.mma.gob.cl/textiles/>



- Montoya, Y., Cadavid, A., & Gómez, M. (2009). *COMPORTAMIENTO MECÁNICO Y DE FRAGUADO DE MORTEROS DE CEMENTO PÓRTLAND GRIS TIPO III CON ADITIVOS*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Mordor Intelligence. (2023). *Análisis de participación y tamaño del mercado de ladrillos tendencias y pronósticos de crecimiento (2024-2029)* Source: <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/brick-market>. Obtenido de Mordor Intelligence: <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/brick-market>
- Niinimäki, K., Peters, G., Dahlbo, H., Perry, P., Rissanen, T., & Gwilt, A. (2020). *The environmental price of fast fashion*.
- OECD. (2021). *Ropa Usada*. Obtenido de <https://oec.world/>: <https://oec.world/es/profile/hs/used-clothing#exporters-importers>
- OECD World. (2023). *Ropa usada*. Obtenido de OECD World: <https://oec.world/es/profile/hs/used-clothing#exporters-importers>
- OECD World. (2024). *Ceramic Bricks*. Obtenido de OECD World: <https://oec.world/en/profile/hs/ceramic-bricks>
- Ojeda, & Patricio. (Febrero de 2019). *Ciudad / Edificios LEED*. Obtenido de País Circular: <https://www.paiscircular.cl/ciudad/construccion-sustentable-chile/>
- OMS. (2019). *Microplastics in Drinking-Water*. Ginebra.
- Osorio, J. (2024). *RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN*. Obtenido de 360 En Concreto: <https://360enconcreto.com/blog/detalle/resistencia-mecanica-del-concreto-y-compresion/>
- Parlamento Europeo. (1 de Junio de 2023). *El impacto de la producción textil y de los residuos en el medio ambiente*. Obtenido de <https://www.europarl.europa.eu/>: <https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20201208STO93327/el-impacto-de-la-produccion-textil-y-de-los-residuos-en-el-medio-ambiente#:~:text=Seg%C3%BAn%20las%20estimaciones%2C%20la%20producci%C3%B3n,liberan%20durante%20los%20primeros%20l>
- Pasaportemateriales. (17 de Abril de 2023). *Pasaportes de Materiales: Qué son, Cómo Funcionan y su Importancia en la Industria*. Obtenido de Pasaportemateriales.cl: <https://pasaportemateriales.cl/noticias-detalle.html?id=23>
- Paúl, F. (2022 de Enero de 2022). *"Hemos transformado nuestra ciudad en el basurero del mundo": el inmenso cementerio de ropa usada en el desierto de Atacama en Chile*.



Obtenido de BBC: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-60024852#:~:text=Se%20calcula%20que%20m%C3%A1s%20de,est%C3%A1n%20cubiertas%20de%20desechos%20textiles>.

Peña, P., Martínez, G., Martínez, M., & Ureña, F. (2018). Recovery of cotton fibers from waste Blue-Jeans and its use in polyester concrete. *Construction and Building Materials*, 409-416.

Pérez, F. (4 de Agosto de 2023). *Descubre el tipo de Cal que se usa en la construcción*. Obtenido de Cementos Torices: <https://cementostorices.com/blog/construccion/cal/>

Rahman, S., Siddiqua, S., & Cherian, C. (2022). Sustainable applications of textile waste fiber in the construction and geotechnical industries: A retrospect. *Cleaner Engineering and Technology*.

Rembre. (2024). *Rembre*. Obtenido de Rembre.cl: <https://rembre.cl/>

Rubino, C., Liuzzi, S., Stefanizzi, P., & Martellotta, F. (2023). Characterization of sustainable building materials obtained from textile waste: From laboratory prototypes to real-world manufacturing processes. *Journal of Cleaner Production*.

Ruiz de Torres, I. (2016). *Sobre la Cal*. Obtenido de Wordpress: <https://sobrelacal.wordpress.com/que-es-la-cal/tipos-de-cal/la-cal-hidraulica/>

Slow Studio. (16 de Agosto de 2023). *La Cal en Construcción*. Obtenido de Slow Studio: <https://www.slowstudio.es/research/la-cal-en-construccion>

Soprocál. (2024). *Ficha Técnica Cal Hidráulica Artical*. Soprocál.

Statista. (2023). *Volumen de ropa usada importada en Chile desde el primer trimestre de 2019 hasta el cuarto trimestre de 2022*. Obtenido de <https://es.statista.com/>: <https://es.statista.com/estadisticas/1376714/volumen-trimestral-de-mportaciones-de-ropa-usada-en-chile/>

Sustainfashion. (2021). *Preferred Cotton – What is it & Why is it Superior?* Obtenido de Sustainfashion: [https://sustainfashion.info/preferred-cotton-what-is-it-and-why-is-it-superior/#:~:text='Preferred%20cotton'%20\(pCotton\),sustainably%20than%20conv%20entionally%20produced%20cotton](https://sustainfashion.info/preferred-cotton-what-is-it-and-why-is-it-superior/#:~:text='Preferred%20cotton'%20(pCotton),sustainably%20than%20conv%20entionally%20produced%20cotton).

Techs. (2024). *Tejidos de poliéster reciclado de alta calidad*. Obtenido de Techs: <https://www.techs.es/es/poliester-reciclado/#:~:text=El%20poli%C3%A9ster%20reciclado%20est%C3%A1%20hecho,dejando%20una%20menor%20huella%20ambiental>.

Textile Exchange. (2021). *The Global Fiber Market*.



- Textile Exchange. (1 de Octubre de 2022). *Preferred Fiber And Materials Market Report 2022*. Obtenido de Textile Exchange: <https://textileexchange.org/knowledge-center/reports/materials-market-report-2022/>
- UNEP. (2021). *From Pollution to Solution: A Global Assessment of Marine Litter and Plastic Pollution*.
- UNEP. (2023). *UN Environmental Program*. Obtenido de [oneplanetnetwork.org](https://www.oneplanetnetwork.org/knowledge-centre/resources/sustainability-and-circularity-textile-value-chain-global-roadmap): <https://www.oneplanetnetwork.org/knowledge-centre/resources/sustainability-and-circularity-textile-value-chain-global-roadmap>
- United Nations Climate Change. (6 de Septiembre de 2018). *UN Helps Fashion Industry Shift to Low Carbon*. Obtenido de unfccc.int: <https://unfccc.int/news/un-helps-fashion-industry-shift-to-low-carbon>
- Universitat de Barcelona. (2024). *Cemento Portland*. Obtenido de Universitat de Barcelona: <http://www.ub.edu/cmematerials/es/content/cemento-portland>
- Ventura, H., Álvarez, M., Gonzalez-Lopez, L., Claramunt, J., Ardanuy, & Clara. (2022). Cement composite plates reinforced with nonwoven fabrics from technical textile waste fibres: Mechanical and environmental assessment. *Journal of Cleaner Production*.
- Wang, Y., Liu, C., Zhang, X., & Zeng, S. (2023). Research on Sustainable Furniture Design Based on Waste Textiles Recycling. *Sustainability*.
- Wren, B. (2022). Sustainable supply chain management in the fast fashion Industry: A comparative study of current efforts and best practices to address the climate crisis. *Cleaner Logistics and Supply Chain*.
- Yousef, S., Tatariants, M., Tichonovas, M., & Sarwar, Z. (2019). A new strategy for using textile waste as a sustainable source of recovered cotton. *Resources, Conservation and Recycling*, 359-369.
- Zhao, B., Rehati, P., Yang, Z., Cai, Z., Caixia, G., & Yanbo, L. (2024). The potential toxicity of microplastics on human health. *Science of the Total Environment*.