



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL



**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA EMPRESA GREENDOT SOBRE
PROYECTO DE NUEVA PLANTA DE VALORIZACIÓN DE RESIDUOS DE LA
CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE ÁRIDOS
RECICLADOS**

POR

Macarena Prado Opazo

Memoria de Título presentada a la Facultad de Ingeniería de la
Universidad de Concepción para optar al título profesional de Ingeniera
Civil Industrial

Profesor Guía

María Magdalena Jensen Castillo

Supervisor Empresa

Carlos Devcic

Junio de 2023

Concepción, Chile

Sumario

Este proyecto tiene como propósito proponer una solución a la problemática que se vive hoy en día sobre la inadecuada disposición de los residuos provenientes de la industria de la construcción, y las graves consecuencias sociales, económicas y ambientales que esto conlleva.

A través de un detallado estudio sobre el macroentorno del proyecto, se obtuvo que la Región del Biobío corresponde a la segunda región más generadora de RCD, después de la Región Metropolitana, con una generación aproximada de 494.814 toneladas de RCD anuales. Estos residuos tienen un potencial de reciclaje que supera el 90% y aun así no existen competidores en el mercado de la valorización de estos residuos en la Región del Biobío.

Por esto, y considerando las modificaciones que se han hecho los últimos años en la normativa chilena asociada a la gestión de los RCD, como también al uso de materiales reciclados en el sector de la construcción, se observa un potencial segmento de clientes para Greendot e Hidronor, por lo que se plantea la implementación de una planta de valorización de residuos de la construcción y demolición (RCD) para la obtención de áridos reciclados, la cual pretende reciclar y dar salida a los RCD generados en la Región del Biobío, y para ello se aprovecharán los espacios con los que ya cuenta Hidronor en Concepción.

Los beneficios más destacables aportados por este tipo de plantas son el aprovechamiento de los residuos tratados como material para la construcción y proporcionar a los generadores de estos residuos un lugar apto para su valorización, y así aportar a un modelo de economía circular en el sector.

Con el fin de evaluar la factibilidad económica del proyecto planteado para Hidronor, se realiza una evaluación económica en donde, a través de los criterios VAN y TIR, se pudo observar que, considerando el caso más pesimista se obtiene un VAN de \$1.077.850.155 y una TIR del 58%, lo que evidencia la alta probabilidad de éxito y viabilidad del proyecto en sus diferentes aspectos. Esto se debe principalmente al gran ahorro en costos operacionales e inversión inicial que se genera por implementar este proyecto en una empresa en funcionamiento y que, además, tiene experiencia en el rubro del reciclaje industrial.

Abstract

The purpose of this project is to propose a solution to the current problem of inadequate disposal of waste from the construction industry, and the serious social, economic, and environmental consequences that this entails.

Through a detailed study of the project's macro-environment, it was found that the Biobío Region is the second largest generator of CDW, after the Metropolitan Region, with an approximate generation of 494.814 tons of CDW per year. This waste has a recycling potential of over 90% and yet there are no competitors in the market for the recovery of this waste in the Biobío Region.

For this reason, and considering the modifications that have been made in recent years in the Chilean regulations associated with the management of CDW, as well as the use of recycled materials in the construction sector, there is a potential customer segment for Greendot and Hidronor, Therefore, the implementation of a plant for the valorization of construction and demolition waste (CDW) to obtain recycled aggregates is proposed, which aims to recycle and dispose of the CDW generated in the Biobío Region, taking advantage of the space Hidronor already has in Concepción.

The most important benefits provided by this type of plants are the use of treated waste as material for construction and providing the generators of this waste with a suitable place for its valorization, thus contributing to a circular economy model in the sector.

In order to evaluate the economic feasibility of the project proposed for Hidronor, an economic evaluation is carried out where, through the NPV and IRR criteria, it was observed that, considering the most pessimistic case, an NPV of \$1,077,850,155 and an IRR of 58% were obtained, which evidences the high probability of success and feasibility of the project in its different aspects. This is mainly due to the large savings in operating costs and initial investment generated by implementing this project in an operating company that also has experience in industrial recycling.

Tabla de Contenido

Capítulo 1. Introducción y justificación	1
1.1 Antecedentes generales de la empresa	1
1.2 Contexto Industria de la Construcción.....	1
1.3 Justificación del tema.....	5
Capítulo 2. Marco Teórico.....	7
2.1 Análisis de la situación	7
2.1.1 Análisis externo.....	7
2.1.2 Análisis interno	8
2.2 Investigación de Mercado	9
2.3 Fijación de precios	10
2.4 Evaluación económica	10
Capítulo 3. Objetivos y Metodología	12
3.1 Objetivo general.....	12
3.2 Objetivos específicos	12
3.3 Metodología	12
3.3.1 Análisis externo.....	12
3.3.2 Análisis interno	14
3.3.3 Descripción del proyecto.....	14
3.3.4 Evaluación económica.....	14
Capítulo 4. Análisis Externo.....	16
4.1 PESTEL	16
4.1.1 Político	16
4.1.2 Económico.....	17
4.1.3 Social	19

4.1.4 Tecnológico.....	20
4.1.5 Ambiental.....	20
4.1.6 Legal.....	20
4.2 Investigación de mercado	23
4.2.1 Usuarios y clientes	23
4.2.2 Análisis de la demanda.....	24
4.2.3 Competidores	30
4.3 Análisis Cinco Fuerzas de Porter	30
Capítulo 5. Análisis Interno.....	33
5.1 Análisis FODA	33
5.1.1 Fortalezas	33
5.1.2 Oportunidades	34
5.1.3 Debilidades.....	35
5.1.4 Amenazas	35
Capítulo 6. Descripción del proyecto	36
6.1 Proceso Productivo	36
6.1.1 Definición del tipo de maquinaria.....	39
6.2 Modelo de Negocio.....	40
6.2.1 Propuesta de valor	41
6.2.2 Segmento de Mercado.....	41
6.2.3 Fuentes de Ingreso.....	42
6.2.4 Estructura de Costos.....	43
Capítulo 7. Evaluación económica	46
7.1 Modelo de Valoración de Activos Financieros (CAPM).....	46
7.2 Inversión inicial	47

7.3 Definición de escenarios.....	50
7.3.1 Escenario realista.....	51
7.3.2 Escenario pesimista.....	52
7.3.3 Escenario optimista	53
7.4 Capital de Trabajo.....	54
7.5 Punto de equilibrio.....	54
7.6 Valor Actual Neto (VAN).....	56
7.7 Tasa Interna de Retorno (TIR).....	56
7.8 Periodo de retorno de la inversión (PRI)	56
Capítulo 8. Discusión y Conclusiones.....	57
Referencias	59
Anexo 1: Tabla resumen análisis PESTEL	63
Anexo 2: Encuesta “Gestión de residuos de la construcción y demolición”.....	65
Anexo 3: Tabla resumen FODA.....	75
Anexo 4: Detalle renovación anual EPP.....	76
Anexo 5: Flujos de caja anuales	77

Lista de Figuras

Figura 6.1: Organigrama proceso productivo	39
Figura 6.2: Imagen de referencia máquina de tratamiento para RCD.....	40
Figura 7.1: Incremento de toneladas de RCD anuales admitidas para escenario realista.....	52
Figura 7.2: Incremento de toneladas de RCD anuales admitidas para escenario pesimista.....	53
Figura 7.3: Incremento de toneladas de RCD anuales admitidas para escenario optimista.....	54

Lista de Ecuaciones

Ecuación (1): Volumen de árido total utilizado el año 2021 en Chile.....	28
Ecuación (2): Factor que indica los m3 de áridos utilizado por m2 construido.....	28
Ecuación (3): Tasa de descuento.....	46
Ecuación (4): Valor CIF.....	49
Ecuación (5): Derecho ad valorem.....	49
Ecuación (6): m3 de árido reciclado que se obtiene de las toneladas de RCD procesadas en la máquina.....	51
Ecuación (7): Punto de equilibrio.....	55
Ecuación (8): Fórmula del precio para cálculo del punto de equilibrio.....	55

Lista de Tablas

Tabla 4.1: Volumen de RCD generado.....	25
Tabla 4.2: Volumen RCD mensual en la Región del Biobío.....	26
Tabla 4.3: Toneladas de RCD mensual en la Región del Biobío.....	27
Tabla 4.4: Despacho de cemento mensual en Chile el año 2021.....	28
Tabla 4.5: Demanda de árido mensual para la Región del Biobío.....	29
Tabla 6.1: Cargos en CLP para tarifa BT2 de CGE.....	43
Tabla 6.2: Remuneraciones brutas.....	44
Tabla 7.1: Tasa libre de riesgo (RF).....	46
Tabla 7.2: Beta desapalancado para la industria del proyecto.....	47
Tabla 7.3: Prima de riesgo Chile.....	47
Tabla 7.4: Inversión en activos intangibles.....	47
Tabla 7.5: Inversión en activos tangibles.....	48

Tabla 7.6: Inversión total en máquina (sin IVA).....	50
Tabla 7.7: Resultados de las cantidades de equilibrio mensuales para cada escenario.....	55
Tabla 7.8: Valor Actual Neto para cada escenario.....	56
Tabla 7.9: Tasa Interna de Retorno para cada escenario.....	56
Tabla 7.10: Periodo de retorno de la inversión para casa escenario.....	56

Capítulo 1. Introducción y justificación

1.1 Antecedentes generales de la empresa

Hidronor Chile es la empresa líder en el mercado del manejo y tratamiento de residuos industriales, peligrosos y domiciliarios, la cual ofrece diferentes procesos y soluciones ambientales integrales y eficientes para la gestión de revalorización, tratamiento y disposición final para los distintos tipos de residuos existentes (Hidronor, 2023). Por su parte, Greendot es una empresa gestora de Hidronor, especializada en economía circular, que se crea con el objeto de dar servicio de reciclaje a distintas empresas, valorizando los residuos que se disponen en los rellenos sanitarios municipales.

Los residuos se clasifican específicamente según su proveniencia. Estos pueden ser domiciliarios, peligrosos, industriales, entre otros. En el caso de los residuos industriales, Hidronor tiene como clientes a las grandes empresas, quienes se encargan de transportar sus propios residuos al sitio de disposición final de Hidronor. El resto de los clientes, al ser empresas más pequeñas, transportan sus residuos a través de gestores, y es en este segmento de clientes donde está la oportunidad de negocio para Greendot. Garantizando así que los residuos de sus clientes serán transportados y reciclados de una manera ambientalmente responsable, cumpliendo con todas las leyes y normas establecidas por la República de Chile (Greendot, 2023).

1.2 Contexto Industria de la Construcción

La industria de la construcción, a nivel mundial, es uno de los sectores que contribuye al crecimiento económico de un país y es un pilar importante de crecimiento. Sin embargo, es el mayor consumidor de materias primas y recursos, además de ser uno de los sectores que más residuos genera, desperdiciando millones de toneladas de residuos al año (Gobierno de Chile et al., 2020). En cuanto a cifras, se tiene que el 50% de la producción mundial de acero y más de 3 mil millones de toneladas de materias primas son utilizadas por este sector anualmente (Gobierno de Chile et al., 2020).

En cuanto al contexto económico de Chile, se tiene que la industria de la construcción cumple un rol clave. Según cifras entregadas por la Cámara Chilena de la Construcción, este sector

aporta un 7,1% al PIB y genera un 8,5% de los empleos, con cerca de 30 mil empresas relacionadas con el rubro que generan unos 700 mil empleos (Programa Construye2025, 2022). Sin embargo, como se mencionó anteriormente, por la naturaleza de esta actividad, son un gran generador de residuos y consumidor de recursos tales como: áridos, cemento, hierro, aluminio, cobre, madera, asfalto, yeso, ladrillos y plásticos (Ministerio del Medio Ambiente, 2020).

Estos residuos son denominados, específicamente, “Residuos de Construcción y Demolición”, en adelante RCD. Según lo definido en la Norma Chilena (NCh) 3562, estos residuos “proviene del desarrollo de proyectos nuevos, de la rehabilitación, reparación, y reacondicionamiento de obras existentes, de los procesos de preparación de terrenos y de la demolición de obras que han perdido su valor de uso o de aquellas que se generan en situaciones de catástrofe” (Norma 3562, 2019).

Debido a la variada composición, los RCD pueden incluir distintos tipos de residuos tales como inertes, no inertes y peligrosos. Para comprender mejor, los residuos inertes son todos aquellos que no interactúan con el medio, como por ejemplo los materiales pétreos, es decir, los que provienen de alguna roca o piedra. Por otro lado, los residuos NO inertes sí tienen interacción con el medio, como por ejemplo los plásticos, yesos y maderas, que tienen la capacidad de degradarse en el medio ambiente (Ministerio del Medio Ambiente, 2020). Por último, los residuos peligrosos son aquellos que presentan al menos alguna de las características tales como toxicidad aguda, toxicidad crónica, toxicidad extrínseca, inflamabilidad, reactividad y/o corrosividad (Ministerio de Desarrollo Social y Familia, 2019).

Una de las principales barreras en relación con las cifras de generación de RCD en Chile es la escasa información que se dispone de ellos. Existen instrumentos oficiales de declaración de residuos para generadores como lo es el Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC). Sin embargo, en el sector de la construcción no existe una fiscalización ni trazabilidad en la cadena de generación, transporte y recepción de sus residuos, por lo que una cantidad considerable de RCD son manejados en un ámbito de informalidad. Por esto, a partir de datos de permisos de construcción y de modelos de generación de residuos, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo estimó, para este año 2023,

que la generación de RCD alcanzará las 7.455.602 toneladas anuales (Gobierno de Chile et al., 2020). Cabe destacar que en esta estimación no están considerados los RCD generados por construcción de edificios públicos, infraestructuras, demoliciones ni tampoco los escombros originados tras desastres naturales. Por otro lado, en cuanto a la proporción, la CONAMA indica que los RCD representan cerca del 34% de los residuos urbanos totales del país, los que, además, corresponden al 56% de los residuos sólidos industriales (Ossio et al., 2020).

Actualmente, no hay una institucionalidad nacional encargada de la gestión de estos residuos y la mayoría de las veces son depositados en lugares no autorizados, tales como microbasurales o vertederos ilegales, lo que tiene como consecuencia grandes problemas ambientales, económicos y sociales.

El 2021 se realizó un diagnóstico nacional de sitios de disposición ilegal de residuos en donde se pudo observar que 7 regiones del país no cuentan con sitios legales específicos para los RCD (Ossio & Faúndez, 2021). Además, entre los resultados de este diagnóstico, se obtuvo que actualmente existen 3.735 sitios de disposición final ilegal, lo que se estima en una ocupación superficial de 1.444,08 hectáreas (Ossio & Faúndez, 2021). En cuanto a los resultados obtenidos a nivel regional, se pudo observar que la Región del Biobío cuenta con 374 sitios de disposición final ilegal (Ossio & Faúndez, 2021).

Entonces, claramente este modelo de economía lineal en el que funciona el sector de la construcción basado en extraer, fabricar y construir, luego desechar y demoler, se vuelve una situación crítica. Específicamente Chile es un país ineficiente en este sentido, con una baja productividad, pero con el doble de generación de residuos que Europa (Construye2025, 2019). Esto conlleva a un alto nivel de desperdicio de materiales, lo que afecta la productividad y, por ende, el uso eficiente de los recursos. Según un estudio realizado por la Universidad Católica, este desperdicio de materiales por el sector de la construcción significa una pérdida económica anual de US\$315 millones (Certificación Edificio Sustentable, 2022).

Hoy en día, el porcentaje de valorización del total de los RCD generados en Chile no supera el 6% (Canals De la Puente, 2022), incluso siendo altamente valorizables, con un potencial de reciclaje superior al 90% (Peters Quiroga, 2022), especialmente los áridos, con una tasa de hasta 95% de recuperación (Certificación Edificio Sustentable, 2022). Estos últimos

corresponden al material pétreo compuesto de partículas duras, de forma y tamaño estables presentes en un 75% en la composición del residuo más generado por las obras de construcción, el hormigón (Gobierno de Chile et al., 2020).

El poco uso de materiales reciclados en la construcción debido a esta falta de valorización, influye en la extracción ilegal de áridos naturales en el desierto y en riberas de ríos. Esto tiene fuertes impactos en el medio ambiente tales como la pérdida de suelos naturales y la erosión, aumentando el riesgo de desastres de origen antrópico y la vulnerabilidad ante desastres naturales (Gobierno de Chile et al., 2020).

Esta situación es cada vez más crítica debido al volumen de áridos que se maneja en el mercado informal. En la región Metropolitana, las plantas formales de extracción de áridos tienen una capacidad para producir aproximadamente 4 millones de metros cúbicos al año, pero una estimación hecha por el Comité de Áridos indica que el consumo total de áridos, solo en esta región, es de 11 millones de metros cúbicos al año (Gobierno de Chile et al., 2020). Por lo tanto, más de la mitad del consumo anual de áridos proviene de extracciones ilegales. Ante esto, se han encontrado más de 1.000 hectáreas de extracción ilegal a lo largo del país (Gobierno de Chile et al., 2020).

Entonces, existen importantes desafíos para la industria de la construcción de cómo mantener el crecimiento económico, pero a su vez reducir la cantidad y la manera en que se utilizan las materias primas naturales para conseguirlo.

Por lo tanto, existe una gran posibilidad de ver estos residuos como insumos que impulsen la economía local y así generar oportunidades para nuevas empresas o modelos de negocio.

Ante esto, las plantas de recuperación de residuos y reciclaje cada vez van cobrando mayor importancia, observándose un incremento en la demanda de plantas de clasificación de residuos que son capaces de producir material de calidad que pueda reciclarse para sustituir, en parte, los recursos naturales vírgenes utilizados en el ciclo de producción de materiales de construcción (Peters Quiroga, 2022). Esto en respuesta al aumento de la demanda de materias primas y el agotamiento de los recursos naturales, ya que el reciclado de RCD permite maximizar los recursos disponibles, reduciendo así el consumo de recursos naturales.

1.3 Justificación del tema

Hidronor está presente en las principales industrias del país, generando valor a través de soluciones integrales de gestión y tratamiento de residuos aportando al desarrollo sustentable de la industria. Sin embargo, hay un segmento de clientes que no están siendo considerados y son las constructoras o empresas del rubro de la construcción. Esto debido a que Hidronor no cuenta con las instalaciones adecuadas para tratar los residuos de la construcción y demolición (RCD), los cuales la mayoría de las veces son depositados en lugares no autorizados, tales como microbasurales o vertederos ilegales, lo que tiene como consecuencia grandes problemas ambientales, económicos y sociales. Además, como se mencionó anteriormente, esta industria es una de las principales generadoras de residuos y consumidora de materias primas, siendo el hormigón uno de los principales desechos que se obtiene de las obras de construcción y demolición, el cual utiliza como materia prima principal los áridos. A pesar de tener una alta tasa de recuperación y potencial de reciclaje, los áridos están siendo cada vez más explotados de manera ilegal y en gran volumen, lo que trae consigo fuertes impactos económicos y ambientales, poniendo en riesgo la seguridad y salud de la población.

Por esto mismo, en Chile se ha avanzado en la gestión medioambiental racional de los RCD y en incentivar el uso de materiales reciclados en el sector de la construcción, a través de iniciativas, tanto públicas como privadas (Rojo & Ossio, 2022) como las siguientes:

- Elaboración de la norma NCh3562: Gestión de residuos – Residuos de construcción y demolición (RCD) – Clasificación y directrices para el plan de gestión.
- Elaboración de la Hoja de Ruta RCD Economía Circular en construcción 2035.
- Actualización NCh163: Áridos para morteros y hormigones. Requisitos generales.
- Elaboración del Plan de Gestión de RCD homologado para todas las obras MOP.
- Evaluación y próxima publicación del Proyecto de Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos de Actividades de la Construcción y Demolición.

Entonces, para lograr un uso más responsable y eficiente de los recursos y disminuir la generación de residuos por parte del sector de la construcción, la incorporación de materiales con atributos circulares se vuelve una estrategia clave.

Bajo este contexto y con el fin de adherirse a la nueva normativa e iniciativas, surge un

potencial segmento de clientes para Greendot y, por ende, para Hidronor, con la propuesta de la creación de un nuevo negocio para la empresa basado en la economía circular, aprovechando las instalaciones con las que ya cuenta Hidronor y su alianza estratégica con Greendot, específicamente con la creación de una planta de valorización de residuos provenientes de la construcción y demolición para la obtención de áridos reciclados. Con esto se espera aumentar las tasas de valorización, garantizar el tratamiento y resguardo correcto para los RCD generados en la Región del Biobío, convirtiéndolos en recursos que tendrán un nuevo uso.

Por esto, surge la necesidad de estudiar este segmento de mercado, analizar la solución que se está planteando, realizar la evaluación económica del proyecto y hacer un levantamiento de la información obtenida.

Capítulo 2. Marco Teórico

En este capítulo se expondrá de forma detallada el marco teórico para el desarrollo de esta memoria de título. Este desarrollo estará basado según distintas revisiones de literatura, considerando las distintas metodologías propuestas por cada uno de los autores.

2.1 Análisis de la situación

Con el fin de identificar e implementar estrategias con éxito, para así lograr un desempeño superior y ofrecer a la compañía una ventaja competitiva, es necesario tener presente el concepto de liderazgo estratégico. Este supone la forma más eficaz de administrar el proceso de elaboración de estrategias de una empresa para crear una ventaja competitiva (Hill & Jones, 2015). Para esto, es necesario tener conocimientos del ambiente externo e interno de la empresa, por lo que se hace indispensable el estudio detallado de cada uno de estos, a través de distintos tipos de análisis.

2.1.1 Análisis externo

Los análisis que permiten estudiar el entorno de una empresa tienen como objetivo comprender las oportunidades y amenazas que la confrontan, para así utilizar este conocimiento para identificar las estrategias que le permitan superar a sus rivales. Las oportunidades surgen cuando una empresa aprovecha las condiciones de su entorno para formular e implementar estrategias que la ayudan a volverse más rentable. Por otro lado, las amenazas emergen cuando las condiciones en el entorno externo ponen en peligro la integridad y rentabilidad del negocio (Hill & Jones, 2015).

Con el fin de comprender el contexto del entorno donde se está trabajando, Hill y Jones (2015) proponen el estudio de los siguientes conceptos:

- *Definir la industria* → En primer lugar, para un correcto análisis externo, se debe identificar la industria en la que la empresa compite. Esta se define como un grupo de empresas que ofrecen productos o servicios que satisfacen las mismas necesidades de los clientes.
- *Sector* → Es importante diferenciar la industria del sector. Este último hace referencia

a un grupo de industrias que se relacionan entre sí.

- *Segmento de mercado* → También se hace importante identificar los segmentos de mercados dentro de una industria, los cuales corresponden a los diferentes grupos de clientes dentro de un mercado según las demandas específicas de cada uno.
- *Fronteras cambiantes* → Por último, hay que considerar que las necesidades de los consumidores van cambiando con el tiempo al igual que surgen nuevas tecnologías. Esto permite que las fronteras de una industria puedan cambiar, permitiendo así que empresas de otras industrias puedan satisfacer de nuevas formas las necesidades de los clientes.

Para poder analizar las fuerzas competitivas en el entorno de la industria y así identificar las amenazas y oportunidades se propone el modelo de Michael E. Porter, el cual se enfoca en estudiar las 5 principales fuerzas que dan forma a la competencia dentro de una industria: 1) el riesgo de entrada de posibles competidores, 2) la intensidad de la rivalidad entre las compañías dentro de la industria, 3) el poder de negociación de los compradores, 4) el poder de negociación de los proveedores y 5) los productos sustitutos.

Por otro lado, también existen factores del macroentorno que afectan la intensidad de la rivalidad dentro de una industria. Así, las empresas que logran controlar y responder a los cambios del macroentorno pueden diferenciarse de la competencia y crear una ventaja competitiva. Por esto, es de suma importancia identificar y realizar un análisis de estos factores mediante un análisis PESTEL. Este análisis clasifica las influencias del entorno en seis grandes categorías: política, económica, social, tecnológica, ecológica y legal.

2.1.2 Análisis interno

Un correcto análisis interno de la compañía permitirá identificar sus fortalezas y debilidades, y la forma en que estas aumentan y disminuyen la rentabilidad de la empresa, respectivamente. Según Hill y Jones (2015) el análisis interno está compuesto de 3 pasos:

1. Comprender y asegurar el proceso mediante el cual la compañía genera valor para los clientes y a su vez obtienen ganancias.
2. Comprender la importancia de la eficiencia, innovación, calidad y la capacidad de respuesta al cliente para generar valor y una mayor rentabilidad.

3. Analizar las fuentes de la ventaja competitiva de la empresa, para así identificar de que formas estas afectan su rentabilidad y donde se encuentran las oportunidades de mejora.

Entonces, en conjunto con el análisis externo de una empresa, la información que se obtiene del análisis interno permitirá elegir el modelo de negocio y las estrategias para lograr una ventaja competitiva (Hill & Jones, 2015).

2.2 Investigación de Mercado

La investigación de mercado se define como “la identificación, recopilación, análisis, difusión y uso sistemático y objetivo de la información con el propósito de mejorar la toma de decisiones relacionadas con la identificación y solución de problemas y oportunidades de marketing” (Malhotra et al., 2008). Según Malhotra (2008) existen dos razones por las cuales se realizan investigaciones de mercado: para identificar el problema y para la solución a este. Además, propone que este proceso de investigación consta de seis pasos:

1. Definición del problema.
2. Desarrollo del enfoque del problema.
3. Formulación del diseño de investigación: procedimientos necesarios para obtener la información requerida.
4. Recopilación de datos.
5. Análisis de datos.
6. Reportes.

Al realizar un estudio de mercado es importante identificar los agentes que tienen algún grado de influencia sobre las decisiones que se tomarán al definir una estrategia comercial (Sapag Chain, 2008). Así, Sapag (2008) propone como metodología, para una correcta investigación de mercado, el estudio de cuatro aspectos:

1. El consumidor y las demandas del mercado y del proyecto, actuales y proyectadas.
2. La competencia y las ofertas del mercado y del proyecto, actuales y proyectadas.
3. La comercialización del producto o servicio generado por el proyecto.
4. Los proveedores y la disponibilidad y el precio de los insumos, actuales y

proyectados.

En conclusión, una buena investigación de mercado permitirá a la compañía conocer mejor a sus consumidores y mercado, para así desarrollar productos o servicios que satisfagan de mejor manera sus necesidades.

2.3 Fijación de precios

Uno de los elementos más importantes que determinan la rentabilidad de una empresa y su participación en el mercado es el precio, además de ser el factor que más influye en las decisiones de los compradores (Armstrong & Kotler, 2012). Por esto, Armstrong y Kotler (2012) proponen que la estrategia correcta para la fijación de precios es la que entrega valor a los clientes y, a su vez, utilidades a la empresa. Así, las principales consideraciones que se deben tener son las percepciones de valor de los clientes, las que establecen el precio límite máximo, y los costos del producto y/o servicio, los que establecen el precio límite mínimo.

Para lograr la fijación del precio entre estos dos extremos hay que tener en consideración ciertos factores internos y externos, por lo que se proponen tres estrategias principales de fijación de precio:

- Fijación de precios basada en el valor para el cliente.
- Fijación de precios basada en los costos.
- Fijación de precios basada en la competencia.

2.4 Evaluación económica

El estudio financiero es la última etapa de toda una secuencia de análisis de factibilidad financiera en los proyectos de inversión. Esta tiene como objetivo ordenar y sistematizar la información de carácter monetario generada en las etapas anteriores, aplicando distintos métodos de evaluación económica que contemplan el valor del dinero a través del tiempo para la evaluación del proyecto en cuanto a la eficiencia de la inversión involucrada y su rentabilidad (Sapag Chain, 2008).

Dados los resultados de esta evaluación se tomará la decisión de llevar a cabo o no la realización de un proyecto determinado. Estos resultados se miden por medio de distintos criterios (Facultad de Economía UNAM, 2023) que son complementarios entre sí:

- Valor Actual Neto (VAN).
- Tasa Interna de Rendimiento (TIR).
- Relación Beneficio – Costo.
- Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI).
- Análisis de sensibilidad.

Capítulo 3. Objetivos y Metodología

3.1 Objetivo general

Realizar el estudio de prefactibilidad y analizar la factibilidad económica de un nuevo proyecto para la empresa Greendot sobre la creación de una planta de valorización de residuos provenientes de la construcción y demolición para la obtención de áridos reciclados, una de las principales materias primas utilizadas y explotadas en la industria de la construcción.

3.2 Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico interno y externo del mercado.
- Analizar la solución planteada de valorización para la obtención de áridos reciclados en el contexto de la Hoja de Ruta para residuos de la construcción y demolición creada por el Gobierno de Chile, el programa Construye2025 y CORFO.
- Analizar la situación del mercado en cuanto a clientes, proveedores, demanda y competencia.
- Determinar el proceso productivo de la planta.
- Determinar el modelo de negocio del proyecto.
- Realizar la evaluación económica.

3.3 Metodología

En esta sección se explicará la metodología que será utilizada para llevar a cabo los objetivos planteados anteriormente.

3.3.1 Análisis externo

En primer lugar, se aplicarán distintos análisis y métodos que permitirán analizar el entorno de este mercado, para así lograr cumplir con los objetivos enfocados en realizar el diagnóstico externo del mercado, analizar la solución planteada por la Hoja de Ruta con respecto a los áridos reciclados y analizar los clientes, proveedores, demanda y competencia que existen en

este mercado.

3.3.1.1 PESTEL

El análisis PESTEL es un método descriptivo que permite identificar de qué manera los factores externos pueden afectar el funcionamiento de una compañía. Para el desarrollo de este análisis se profundizará en los 6 elementos principales que rodean a un negocio: político, económico, social, tecnológico, ambiental (environment) y legal.

3.3.1.2 Investigación de mercado

Para el desarrollo del estudio de mercado y con el fin de identificar el grado de influencia sobre las decisiones que se tomarán al definir la estrategia comercial del proyecto, se realizará un análisis en los siguientes aspectos:

- Clientes / proveedores
- Demanda
- Competidores

3.3.1.3 Cinco Fuerzas de Porter

Este modelo fue desarrollado para evaluar la intensidad de la competencia en un mercado y tiene como objetivo principal buscar las oportunidades e identificar las amenazas para las empresas ya ubicadas en una industria y para aquellas que planean ingresar (Economipedia, 2023). Tal como su nombre lo indica, la intensidad de la rivalidad competitiva se explica por 5 fuerzas:

- Amenaza de entrada de nuevos competidores.
- Amenaza de productos sustitutos.
- Poder de negociación de los proveedores.
- Poder de negociación de los compradores.
- Rivalidad entre competidores.

Se analizarán cada una de estas fuerzas en base a que mientras más poder tenga cada una de estas, más limitada será la capacidad de obtener mayores utilidades, considerándose, así

como una amenaza. En caso contrario, en donde una fuerza competitiva sea débil, será considerada como una oportunidad (Hill & Jones, 2015).

3.3.2 Análisis interno

A través de este análisis se espera poder cumplir con el objetivo planteado anteriormente relacionado con obtener un diagnóstico interno de la empresa en relación con el mercado del proyecto.

3.3.2.1 FODA

Este análisis permite identificar las fortalezas y debilidades internas de una empresa y sus oportunidades y amenazas externas, para luego hacer una comparación entre estas, lo que permitirá identificar las estrategias para explotar las oportunidades externas, contrarrestar las amenazas, desarrollar y proteger las fortalezas de la empresa y erradicar las debilidades (Hill & Jones, 2015).

3.3.3 Descripción del proyecto

Teniendo en cuenta toda la información recopilada hasta este punto, se desarrollará de manera detallada el funcionamiento de este proyecto basado en la economía circular. Así, mediante un correcto análisis de datos e identificación de puntos clave del entorno de la compañía se expondrá de forma explícita el proceso productivo de la planta, su modelo de negocio, sus características y las estrategias para su implementación.

3.3.4 Evaluación económica

3.3.4.1 Determinación de la Inversión

Se determinará el monto de las inversiones para llevar a cabo este proyecto, las cuales se pueden agrupar en tres tipos: activos fijos, activos intangibles y capital de trabajo.

Las inversiones en activos fijos están asociadas a los bienes tangibles que se requerirán para la operación de este proyecto, tales como el terreno, obras físicas, equipamiento de la planta, entre otros. Por otro lado, las inversiones en activos intangibles son todas aquellas que se

realizan sobre activos constituidos por los servicios o derechos adquiridos, necesarios para la puesta en marcha del proyecto (Sapag Chain, 2008), tales como las patentes y licencias, capacitaciones, gastos de puesta en marcha, etc. Por último, dado un tamaño y capacidad determinada para este proyecto, la inversión en capital de trabajo está asociada a todos los recursos necesarios para la operación normal del proyecto durante un ciclo productivo.

3.3.4.2 Determinación de los flujos

Se determinará todos los ítems de costos y gastos que tendrá el proyecto propuesto, para así realizar la proyección del flujo de caja. Este es uno de los elementos más importantes, ya que la evaluación del proyecto se realizará sobre los resultados que se obtengan en esta.

3.3.4.3 Criterios de evaluación VAN y TIR

El Valor Actual Neto (VAN) es la diferencia entre todos los ingresos y egresos del proyecto expresados en moneda actual. Este criterio plantea que con valores para el $VAN > 0$ el proyecto es factible y debería aceptarse.

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es una tasa de rendimiento para medir y comparar la rentabilidad de las inversiones, además se utiliza como la tasa de descuento con el que el valor actual neto (VAN) es igual a cero, es por esto por lo que al evaluar el proyecto se debe tener en cuenta que a mayor TIR mayor será la rentabilidad.

Capítulo 4. Análisis Externo

Este capítulo tiene como objetivo detallar el desarrollo del análisis externo del proyecto mediante un estudio del macroentorno, para así evaluar de qué manera diversos factores pueden influir en el desarrollo del proyecto.

4.1 PESTEL

El análisis PESTEL es una herramienta útil para evaluar los factores políticos, económicos, socioculturales, tecnológicos, ambientales y legales que podrían afectar el desarrollo de este proyecto de valorización de residuos de construcción y demolición (RCD) en Chile. Es importante evaluar cuidadosamente cada uno de estos factores para identificar oportunidades y desafíos para el proyecto. A continuación, se describe cómo cada uno de estos factores puede impactar el proyecto.

La tabla resumen de este análisis se encuentra en Anexo 1.

4.1.1 Político

Las políticas gubernamentales en torno a la gestión de residuos y el medio ambiente son importantes para el éxito del proyecto. Chile es un país que está progresando cada vez más con proyectos y leyes para generar conciencia en favor del medio ambiente, implementando medidas que impulsen a las empresas a tener mayor conciencia de los desechos que generan y hacerse responsables de ellos.

Con respecto a las políticas medioambientales, es importante mencionar los diferentes acuerdos, tratados y convenios internacionales sobre el medio ambiente que están vigentes en Chile y que tienen relación con la gestión de residuos y la economía circular. Alguno de estos son el Acuerdo de París, Convenio de Basilea, Acuerdo de Cooperación Ambiental con los Estados Unidos de América, Acuerdo de cooperación ambiental Chile-Canadá, Tratado entre la República de Chile y la República de Argentina sobre Medio Ambiente y Memorando de Entendimiento sobre Cooperación Ambiental entre la CONAMA y la Administración Estatal para la Protección Ambiental de la R.P. China (Programa en Derecho, 2021). En esta misma línea se desarrollan los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS),

adoptados el 2015, con el fin de alcanzar de manera equilibrada tres dimensiones del desarrollo sostenible: el ámbito económico, social y ambiental (Ministerio del Medio Ambiente, 2023). Estos objetivos buscan incentivar la creatividad, el conocimiento, la tecnología y los recursos financieros a través de políticas públicas e instrumentos de planificación, presupuesto, monitoreo y evaluación, con el fin de que cada país logre un desarrollo sostenido, inclusivo y en armonía con el medio ambiente (CEPAL, 2023).

Bajo el contexto de los RCD, cada vez hay más iniciativas, tanto públicas como privadas, que buscan fomentar la valorización de estos residuos. Así, en un esfuerzo de coordinación intersectorial (público, privado y academia) y con el fin de propiciar el diálogo y buscar acuerdos para abordar los desafíos pendientes en este tema, fortaleciendo el crecimiento, las inversiones, el emprendimiento, la innovación y la creación de nuevos mercados y empleos, se crea la “Hoja de Ruta RCD Economía Circular en Construcción 2035” (Gobierno de Chile et al., 2020), conformada principalmente por el Programa Construye2025, CORFO, Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), Ministerio de Obras Públicas (MOP), Ministerio del Medio Ambiente (MMA) e Instituto de la Construcción, y que tiene como uno de sus principales objetivos que el 70% de sus residuos sean valorizados al año 2035.

4.1.2 Económico

La economía chilena y los mercados internacionales pueden influir en el éxito de este proyecto de valorización de RCD, el cual depende directamente de la actividad económica del sector de la construcción, ya que de este se obtendría la materia prima y a la vez los clientes, para así lograr el modelo de economía circular que se plantea para este sector. Este se ha visto gravemente afectado por la desaceleración económica a la que se ha enfrentado Chile en los últimos años a causa de la pandemia principalmente. A continuación, se mencionan algunos ejemplos:

- **Inflación:** actualmente la inflación en Chile se mantiene en niveles muy elevados, lo que, para efectos de este proyecto, podría aumentar los costos de inversión y operativos, reducir la rentabilidad del proyecto y aumentar los costos de financiamiento.
- **Índice de precios de materiales de la construcción:** desde la pandemia, la evolución

de este índice ha tenido una tendencia alcista, pero a partir del año 2022 se pudo observar una disminución. Específicamente con respecto al hormigón premezclado, se pudo observar que la variación de este índice, desde el año 2021 al 2022, disminuyó de un 50,2% a un 29,1% (Holz, 2022). Sin embargo, estos niveles de crecimiento de precios siguen siendo significativamente más altos que los niveles prepandemia. Esta alza de precios se debe principalmente a perturbaciones en la cadena de suministro, la que se ve afectada por factores como la escasez de materias primas, inflación y el alza del dólar, lo que presiona el valor de los insumos importados y su respectivo transporte.

- Índice de Actividad de la Construcción Regional (INACOR): a diciembre del 2022 este indicador muestra cifras negativas para todas las regiones del país, específicamente para la Región del Biobío se tiene un INACOR de -10,1% (Cámara Chilena de la Construcción, 2023). Como se mencionó anteriormente, esta disminución en la actividad de la construcción está asociada a las consecuencias económicas que dejó la pandemia, en donde se ha visto una caída en la demanda inmobiliaria producto de diversos problemas, tales como una mayor dificultad para obtener financiamiento, una mayor morosidad en los créditos hipotecarios, entre otros.
- Economía circular en el sector de la construcción: continuar utilizando los mismos modelos de fabricación de materiales, procesos constructivos y una cadena de valor lineal, no resulta sostenible en términos medioambientales. Por esto, el modelo lineal en el que opera el sector de la construcción debe ser reemplazado por un modelo donde los recursos son reutilizados, pudiendo ser reintegrados al proceso o revalorizados en otros usos. Así, en los últimos años, instituciones tanto públicas como privadas, se han dedicado a promover y apoyar la adopción de la economía circular en el sector de la construcción, lo que permitiría reducir sus niveles de consumo de materias primas, energía y agua, así como la contaminación y otras externalidades negativas que genera (CORFO, 2021), viendo esto como una clara oportunidad de creación de valor y contribuyendo al crecimiento sustentable, factor clave para el crecimiento económico del sector y, en consecuencia, del país. Estudios internacionales declaran que es posible aumentar la productividad de los recursos en

un 3%, incrementar los empleos hasta en un 3%, reducir las emisiones de carbono hasta en un 70% y aumentar el PIB hasta 7% (CTeC et al., 2020).

4.1.3 Social

Bajo el contexto de este proyecto, los factores sociales pueden tener tanto aspectos positivos como negativos. Por un lado, la educación y conciencia ambiental de la comunidad puede contribuir sobre la importancia de la gestión adecuada de los residuos y a mejorar la aceptación del proyecto en la zona. Además, el sello sustentable en las empresas es cada vez más relevante para los clientes, por ello aquellas empresas que utilizan los recursos naturales de manera sostenible y son responsables con la gestión de sus residuos, tienden a tener una mejor apreciación por parte de los clientes.

Por otro lado, el factor social asociado a la falta de conciencia ya sea por parte de la comunidad como por miembros del sector de la construcción, puede presentar desafíos para el proyecto. En cuanto a la comunidad, la desinformación sobre la importancia de la valorización de RCD y sus beneficios para el medio ambiente puede obstaculizar la adopción de un sitio de valorización de RCD. Así mismo, puede existir resistencia por parte de la industria de la construcción para la implementación de este, ya que puede implicar costos adicionales y cambios en los procesos de construcción y demolición, asociados a la gestión de sus residuos y capacitación de personal.

Otro factor que es importante considerar es el proceso de expansión urbana en Chile, el cual, desde la década de los 90, ha experimentado un acelerado crecimiento asociado a una importante alza tanto en la cantidad de viviendas como en la población del país, con una tasa de crecimiento de 47,7% y 16,2%, respectivamente, según datos del último censo 2017 (Equipo de Análisis Territorial del Centro de Estudios de Ciudad y Territorio & Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2021). Frente a este crecimiento exponencial de la población y de las áreas urbanas, el sector de la construcción debe adoptar un nuevo modelo económico que le permita ser sostenible en términos económicos y medioambientales.

4.1.4 Tecnológico

La innovación tecnológica es un factor esencial para la valorización de residuos. A medida que aumenta la cantidad de residuos generados en el país, se hace cada vez más necesario encontrar formas sostenibles de manejar y reutilizar estos materiales.

En cuanto a la valorización de RCD específicamente, la innovación tecnológica puede ayudar a mejorar la eficiencia y rentabilidad de los procesos asociados. Por ejemplo, el desarrollo de tecnologías de separación y clasificación de materiales puede permitir una recuperación más efectiva de los materiales valiosos, como el hormigón, el acero y la madera, reduciendo así la cantidad de residuos que se envían a los vertederos. Además, la innovación tecnológica puede ayudar a desarrollar nuevos usos para los materiales recuperados de los RCD, como la producción de áridos reciclados, que se utilizan comúnmente en la construcción de carreteras y pavimentos.

Por otro lado, la disponibilidad de estas tecnologías avanzadas puede ser limitada en Chile, por lo que pueden requerir una inversión significativa.

4.1.5 Ambiental

Las variables ambientales que se consideran importantes en este caso tienen relación con los distintos permisos que se deben sacar para la implementación de este tipo de proyectos y que deben ser aprobados por el Ministerio de Salud y el Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). Sin embargo, como en este caso se aprovecharán las instalaciones con las que ya cuenta Hidronor, estos permisos ya están aprobados, el único que queda por tramitar es la “Aprobación de proyecto de la instalación de valorización o eliminación de residuos no peligrosos”. Este permite solicitar a la Seremi de Salud la aprobación de un proyecto de cualquier instalación destinada a la eliminación de residuos no peligrosos, incluyendo operaciones de valorización o reciclaje, tratamiento, destrucción y disposición final, según lo establecido en el Código Sanitario (Seremi en Línea, 2023).

4.1.6 Legal

Para efectos de este proyecto, los factores legales se vuelven uno de los más relevantes a

considerar. Debido a la importancia que se le ha dado a este tema de la mala gestión de los RCD y sus múltiples consecuencias ambientales, sociales y económicas, en los últimos años se han hecho distintos avances en la normativa chilena asociados a estos.

En cuanto a avances en la normativa chilena sobre los RCD específicamente, se tiene lo siguiente:

- NCh3562 “Gestión de residuos – RCD – Clasificación y directrices para el plan de gestión” (2019): esta norma establece una definición jurídica de los RCD, una clasificación para estos, las consideraciones mínimas que se deben tener en cuenta para su gestión y los elementos que debe tener un plan de gestión de RCD para obras de construcción y demolición (*Norma 3562, 2019*).
- Plan de Gestión de RCD homologado para todas las obras MOP (2020): es una herramienta que permite conocer de manera sistematizada los residuos que generan las obras del MOP específicamente, además de dar a conocer datos respecto de los residuos generados por cada tipo de obra, conociendo la trazabilidad y destino final de estos (Ministerio de Desarrollo Social y Familia, 2019).
- “Proyecto de Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos de Actividades de la Construcción y Demolición” (2021): este es un proyecto que aún está en consulta pública y establece los requerimientos sanitarios y de seguridad mínimos para el manejo de RCD. En líneas generales, la consecuencia más importante que resultaría de la aprobación de este proyecto, sería el establecimiento de diversas obligaciones para los generadores de estos residuos, tales como el manejo adecuado de estos, debiendo segregarlos, almacenarlos, transportarlos y valorizarlos o eliminarlos, contar con un Plan de Manejo de RCD a disposición de la Autoridad Sanitaria y declarar en el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) los residuos generados o manejados en sus obras (*Proyecto de Reglamento Sanitario Sobre Manejo de Residuos de Actividades de La Construcción y Demolición, 2021*).

En complemento de lo anterior y con el fin de promover la economía circular en el sector de la construcción, se han hecho avances en normativas técnicas para incentivar el uso de materia prima secundaria y/o materiales reciclados de la construcción, tales como:

- NCh163 “Áridos para morteros y hormigones. Requisitos Generales” (2016): esta actualización busca autorizar la utilización de áridos reciclados y artificiales en morteros y hormigones (Ministerio de Desarrollo Social y Familia, 2019).
- Normas Técnicas para obras de pavimento (2018).
- Manual de Carreteras, Volumen N°9, “Estudios y Criterios Ambientales en Proyectos Viales” (2021): esta actualización tiene como premisa que, para lograr un desarrollo más balanceado, considerando los desafíos sociales y medioambientales, incluyendo el cambio climático y la disminución de recursos naturales, la infraestructura debe ser sostenible.

Finalmente, este proyecto también se ve beneficiado por las leyes ambientales que regulan la gestión de residuos en Chile y fomentan un desarrollo económico más amigable con el medio ambiente, tales como:

- Ley 20.920 “Responsabilidad extendida del Productor” (Ley REP): un instrumento económico de gestión de residuos que obliga a los fabricantes de ciertos productos, a ser responsables de la organización y financiamiento de la gestión de sus residuos. Con esta ley se pretende disminuir la generación de residuos en el país e incrementar sus tasas de valorización de desechos bajo el principio “quien contamina paga” (LEY REP, 2023). Hoy en día, los residuos industriales sólidos no están incluidos en los productos prioritarios que establece la ley, pero aun así se considera como un factor que en el mediano o largo plazo podría favorecer este tipo de proyectos.
- Ley 20.879 “Sanciona el transporte de desechos hacia vertederos clandestinos”.
- Ley 19.300 “Bases generales del Medio Ambiente”.
- Ley 21.455 “Marco de Cambio Climático”.

Si bien se puede ver que existe una gran cantidad de instrumentos normativos y legales, estos están asociados a diferentes actores, lo que dificulta su conocimiento y aplicación. Esto deja al Estado con pocas capacidades de fiscalización en materias sanitarias y ambientales, agudizando así el problema de la inadecuada disposición final de RCD.

4.2 Investigación de mercado

Para esta investigación de mercado se hizo una encuesta que fue enviada a 18 empresas del rubro de la construcción de las cuales 7 participaron. Esto con el fin de obtener información sobre la gestión de RCD que realizan actualmente, su nivel de compromiso legal y ambiental, su interés por adherirse a un modelo de economía circular en el sector y sus respectivas disposiciones a pagar.

Los resultados de esta encuesta se presentan detalladamente en el Anexo 2.

A continuación, se presentan los resultados del estudio de mercado que se realizó para este proyecto.

4.2.1 Usuarios y clientes

Para este proyecto se identificaron dos tipos de clientes:

- Empresas que contratan el servicio de gestión y reciclaje de RCD.
- Empresas que compran áridos reciclados.

Para el caso de las empresas que contratan el servicio, son consideradas como clientes cualquier empresa del rubro de la construcción que esté realizando cualquier tipo de obra y necesite retirar sus residuos generados en esta a través de un sistema de gestión de RCD legal y ambientalmente responsable. En cuanto a esto último, es importante destacar que, según los resultados de la encuesta, más de la mitad de las empresas encuestadas no están al tanto del “Proyecto de Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos de Actividades de la Construcción y Demolición”, que aún está en consulta pública. Esto puede deberse a la falta de fiscalización constante que existe en el ámbito de la gestión de RCD por parte de las empresas generadoras. Esta falta de supervisión puede provocar que las empresas no sientan la necesidad de priorizar la protección del medio ambiente en sus operaciones. Incluso así, según cifras obtenidas de la encuesta, se tiene que para el 100% de los encuestados deshacerse de sus residuos generados en obra es un problema y aproximadamente el 72% de estos están interesados en aportar a un modelo de economía circular en el sector y están dispuestos a pagar por un servicio que se encargue del tratamiento y reciclaje de sus residuos

generados en obra.

Por otro lado, están los clientes asociados a la compra del árido reciclado que se obtiene de la planta de reciclaje de RCD. Estos pueden ser las mismas empresas del rubro de la construcción que contratan el servicio mencionado anteriormente, como también empresas relacionadas con la industria cementera y de hormigón. Con respecto a esto, se tiene que aproximadamente el 72% de los encuestados comprarían árido reciclado proveniente de RCD y dentro de las principales razones por las que no comprarían este material está la incertidumbre sobre su calidad, por lo que es importante contar con los certificados de calidad correspondientes para lograr su adecuada comercialización.

4.2.2 Análisis de la demanda

Es importante mencionar que este análisis está basado en información de fuentes secundarias, tales como informes, literatura e información de mercado, y no en la encuesta aplicada a las empresas del rubro de la construcción. Esto se debe principalmente a la gran cantidad de variables que se debían tener en consideración para poder obtener datos cuantitativos reales. Por esto, se llegó a la conclusión que lo mejor era basarse en datos de mercado e información ya disponible, y en el hecho de que al ser el propio sector industrial el que está impulsando adoptar este nuevo modelo de economía circular, se asume que existe un mercado potencial para este proyecto.

Así, para este proyecto se analizan dos tipos de demandas: una es la demanda por servicios de gestión de RCD, asociada al negocio principal de este proyecto, y la otra es la demanda de áridos, asociada al negocio secundario de este.

(1) Demanda por servicios de gestión de RCD

Esta demanda está dada por la necesidad de las empresas generadoras de deshacerse de estos residuos y dejar sus obras limpias. Así, en términos cuantitativos, esta demanda estará dada por la cantidad de RCD que se genera en la Región de Biobío.

Según datos entregados por la Comisión Nacional de Productividad, en Chile anualmente se generan aproximadamente 6,8 millones de toneladas de RCD, lo que en volumen equivale a

4,8 millones de m³ de RCD (Rojas, 2023). Por lo tanto, al hacer la división entre estos dos datos se obtiene una estimación de la proporción de toneladas de RCD por m³ de estos, de aproximadamente 1,42 toneladas por m³. Además, se tiene que la generación de RCD es de aproximadamente 0,26 m³ por m² construido (Rojas, 2023), por lo tanto, al multiplicar este factor por los m² totales construidos se podría obtener un valor estimado para esta demanda. Para esto, se buscó información estadística sobre los permisos de edificación que abarcaran todo tipo de obras, tanto del sector público como privado. Así, mediante el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) se obtuvo el documento “Base Lineal de Permisos de Edificación 2021”, el cual contiene en detalle la información de cada permiso de edificación que se emitió el año 2021 en todo Chile, y en base a esto se pudo calcular los m² totales construidos en dicho año para cada región del país y, por ende, su volumen de RCD generado. A continuación, la tabla 4.1 muestra los resultados de estos cálculos.

Tabla 4.1: Volumen de RCD generado el año 2021 en cada región.

Región	Superficie Total Construida (m²)	Volumen RCD generado (m³)
Región de Tarapacá	342.102	88.946
Región de Antofagasta	730.993	190.058
Región de Atacama	248.222	64.537
Región de Coquimbo	643.394	167.282
Región de Valparaíso	1.234.629	321.003
Región de O’Higgins	721.380	187.558
Región del Maule	801.422	208.369
Región del Biobío	1.340.233	348.460
Región de la Araucanía	826.730	214.949
Región de los Lagos	583.999	151.839
Región de Aysén	64.076	16.659
Región de Magallanes y Antártica Chilena	101.953	26.507
Región Metropolitana	7.838.752	2.038.075
Región de los Ríos	292.751	76.115
Región de Arica y Parinacota	185.080	48.120
Región de Ñuble	441.021	114.665
TOTAL	16.396.737	4.263.151

Fuente: Elaboración propia.

Ahora, para efectos de este proyecto, la atención se enfoca en la Región del Biobío, en donde se puede observar que, después de la Región Metropolitana, corresponde a la región con más m² construidos y, por ende, con más volumen de RCD generado. Así, se realizó el mismo cálculo anterior, pero haciendo el desglose mensual para la región de interés, en donde se obtuvieron los resultados presentes en la tabla 4.2.

Tabla 4.2: Volumen de RCD mensual en la Región del Biobío.

Región del Biobío		
MES	Superficie Total Construida (m²)	Volumen RCD generado (m³)
Enero	121.041	31.470,66
Febrero	139.292	36.215,92
Marzo	180.492	46.927,92
Abril	94.219	24.496,94
Mayo	144.054	37.454,04
Junio	80.462	20.920,12
Julio	41.306	10.739,56
Agosto	140.316	36.482,16
Septiembre	57.550	14.963,00
Octubre	115.492	30.027,92
Noviembre	73.823	19.193,98
Diciembre	152.186	39.568,36

Fuente: Elaboración propia.

Ahora, para saber a cuantas toneladas equivalen estos m³ de RCD, se multiplica estos valores por el factor 1,42 calculado anteriormente, que estima la cantidad de toneladas de RCD por m³ de estos. Estos resultados están presenten en la tabla 4.3.

Tabla 4.3: Toneladas de RCD mensual en la Región del Biobío.

MES	Tonelada de RCD generado
Enero	44.688,3372
Febrero	51.426,6064
Marzo	66.637,6464
Abril	34.785,6548
Mayo	53.184,7368
Junio	29.706,5704
Julio	15.250,1752
Agosto	51.804,6672
Septiembre	21.247,46
Octubre	42.639,6464
Noviembre	27.255,4516
Diciembre	56.187,0712

Fuente: Elaboración propia.

A partir de estos resultados, se tiene que en promedio se generan 41.235 toneladas de RCD al mes en la Región del Biobío y aproximadamente 494.814,02 toneladas al año.

(2) Demanda áridos

Para el cálculo de esta demanda se utilizó un método basado en la literatura, el cual propone obtener una demanda estimada de áridos a partir del consumo real de cemento según producto y tipo de elemento (Ministerio de Obras Publicas et al., 2001). Este método considera factores técnicos asociados al uso de áridos en hormigones, morteros y pavimentos, incluyendo pérdidas por fabricación y transporte, de los cuales se obtiene que por cada tonelada de cemento se utilizan aproximadamente 4,59 m³ de árido (Ministerio de Obras Publicas et al., 2001).

Para seguir con el mismo año de base que el cálculo de la demanda anterior, se buscó información sobre la demanda de cemento en Chile del año 2021 a partir de la base de datos llamada “Índice de Despacho de Cemento” creada por la Cámara Chilena de la Construcción. En la tabla 4.4 se muestra un resumen de estos datos para cada mes del año 2021.

Tabla 4.4: Despacho de Cemento mensual en Chile el año 2021.

Mes	Toneladas
Enero	346.463
Febrero	351.735
Marzo	385.276
Abril	352.817
Mayo	353.704
Junio	355.851
Julio	361.956
Agosto	371.947
Septiembre	334.603
Octubre	410.424
Noviembre	390.080
Diciembre	373.351
TOTAL	4.388.207

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Índice de despacho de Cemento.

Ahora, al aplicar el método mencionado antes, se realiza la multiplicación entre el total de toneladas de cemento despachado en Chile el año 2021 y el factor 4,59, para así obtener el volumen de árido total utilizado ese mismo año en Chile. De este cálculo se obtiene lo siguiente:

$$4.388.207 \text{ ton cemento} \times 4,59 \frac{m^3 \text{ árido}}{\text{ton cemento}} = 20.141.870,13 m^3 \text{ árido} \quad (1)$$

Luego, al hacer una división entre la demanda total de árido para el año 2021 y los m2 totales construidos ese mismo año, obtenidos de la ecuación (1) y la tabla 4.1, respectivamente, se obtiene un factor que indicará una estimación de cuantos m3 de árido fueron utilizados por m2 construido. Este cálculo se muestra a continuación en la ecuación (2).

$$20.141.870,13 m^3 \text{ árido} / 16.396.737 m^2 = 1,23 \frac{m^3 \text{ árido}}{m^2} \quad (2)$$

Por lo tanto, al multiplicar este factor con los datos de los m2 construidos mensualmente en la Región del Biobío, presentes en la tabla 4.2, se obtiene la demanda de árido mensual para esta región el año 2021. A continuación, se muestra la tabla 4.5 con estos resultados.

Tabla 4.5: Demanda de árido mensual para la Región del Biobío.

Región del Biobío		
MES	Superficie Total Construida (m2)	Árido utilizado (m3)
Enero	121.041	148.880,43
Febrero	139.292	171.329,16
Marzo	180.492	222.005,16
Abril	94.219	115.889,37
Mayo	144.054	177.186,42
Junio	80.462	98.968,26
Julio	41.306	50.806,38
Agosto	140.316	172.588,68
Septiembre	57.550	70.786,50
Octubre	115.492	142.055,16
Noviembre	73.823	90.802,29
Diciembre	152.186	187.188,78
TOTAL		1.648.486,59

Fuente: Elaboración propia.

A partir de estos resultados se puede concluir que la Región del Biobío presenta una demanda promedio de 137.373,88 m³ de árido al mes y de 1.648.486,59 m³ al año, por lo tanto, también se puede concluir que existe un potencial mercado para la venta de áridos reciclados.

Ahora, para obtener una aproximación en toneladas de esta demanda promedio se debe multiplicar su valor por el factor 1,4 que corresponde a la densidad aparente del árido en toneladas por m³ (Dirección de Ingeniería, 2023). Así, se obtiene una demanda mensual promedio de aproximadamente 192.323,44 toneladas de árido y una demanda anual de 2.307.881,23 toneladas árido para la Región del Biobío.

Es importante mencionar que estos cálculos realizados para estimar ambas demandas serán considerados como referencia para estimar una capacidad de producción adecuada para la planta, y en base a la cual se realizará la evaluación económica del proyecto. Así, se espera poder analizar la factibilidad económica, asumiendo que estas demandas anuales se mantienen relativamente constantes durante el horizonte de tiempo establecido para la evaluación de este proyecto.

4.2.3 Competidores

En cuanto a los competidores de este proyecto, se tiene que para el servicio de gestión y reciclaje de RCD no existen competidores en el mercado. Sin bien existen 2 empresas en Chile que se dedican a esto, estas están ubicadas en la Región Metropolitana y Región de Valparaíso, por lo que, por temas de costos asociados al transporte de los RCD, no son consideradas como competencia para este proyecto que estará ubicado en la Región del Biobío. Además, es importante mencionar que tampoco serán considerados como competencia los vertederos autorizados o escombreras, ya que, no es equivalente el servicio de tratamiento y reciclaje con la disposición final que estos ofrecen.

Por otro lado, para la venta del árido reciclado se consideran como competidores las empresas que se dedican a la venta de áridos naturales en la Región del Biobío, tales como “Áridos LZ”, “Áridos H.H”, “Áridos Andalien”, entre otras.

4.3 Análisis Cinco Fuerzas de Porter

A continuación, se presentan los resultados del análisis de las Cinco Fuerzas de Porter para este proyecto:

- *Amenaza de entrada de nuevos competidores.*

La entrada de nuevos competidores al mercado va a depender del crecimiento de éste, el cual se estima que va en aumento y que está siendo cada vez más estimulado por distintas instituciones y organismos, tanto del sector público como privado del país, apoyando incluso con financiamientos y facilitando la obtención de instalaciones y autorizaciones sanitarias. Además, la pronta publicación del “Proyecto de Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos de Actividades de la Construcción y Demolición (RCD)” provocaría que el mercado de valorización de RCD sea cada vez más atractivo para entrar a competir en él. Sin embargo, dada la naturaleza del negocio, se debe tener un alto grado de conocimientos y capacidad de levantamiento de capital para ingresar a este mercado ambientalmente responsable, con tecnologías innovadoras y productos de calidad que cumplan con las especificaciones técnicas requeridas por la normativa chilena para su comercialización, por lo que es necesario contar con instalaciones, maquinaria específica, camiones, permisos,

evaluaciones técnicas, etc, lo que hace que las barreras de entrada de nuevos competidores sean altas para este punto.

De esta forma la amenaza de nuevos competidores se considera media alta, ya que este crecimiento de mercado mencionado anteriormente, en conjunto con los estímulos y cambios normativos, siguen en proceso y aumentando, por lo que se hace necesario la participación de nuevos competidores para el cumplimiento de las metas de valorización y poder cumplir con la legalidad.

- *Amenaza de productos sustitutos.*

Dada la definición de producto sustituto, la cual indica que debe ser lo suficientemente similar como para ser utilizado para la misma función, se podría concluir que, para el caso del negocio principal de este proyecto, el servicio de gestión y reciclaje de RCD, no existen productos sustitutos. Lo único que podría variar son las aplicaciones de diferentes tecnologías que mejoren la forma de procesar y clasificar los residuos, pero esto no cambia de manera significativa el resultado final, por lo que esta amenaza de productos sustitutos se considera baja. Se podrían considerar como sustitutos los vertederos autorizados, suponiendo que las empresas generadoras cumplen con la normativa y destinan sus residuos a recintos autorizados que entregan documentación, pero aun así estos no cumplen la misma función de este proyecto, el reciclaje.

Por otro lado, analizando el negocio secundario de este proyecto enfocado en la venta de árido reciclado, se tiene como producto sustituto el árido natural, que es el que se vende principalmente en el mercado. En este caso, la amenaza de productos sustitutos es considerada alta, debido a que aún existe mucha desconfianza e incertidumbre, por parte de los compradores, sobre la calidad de los materiales reciclados para la construcción y sus propiedades físicas. Por esto, es sumamente importante asegurar, a través de distintos estudios técnicos y certificaciones, que se está produciendo un material de calidad, que cumple con todas las especificaciones técnicas y propiedades físicas y químicas para ser utilizado en la industria.

- ***Poder de negociación de los proveedores.***

Los proveedores son fundamentales para la implementación de este proyecto. Estos son principalmente los que proporcionarán todas las máquinas que se necesitan para el proceso productivo que se propone. En este caso, se plantea un proceso con distintos tipos de máquinas que se utilizan principalmente en la industria de la minería o extracción de árido, por lo tanto, existen varios proveedores y los precios de estas estarán dadas por el mercado. Así, el poder de negociación de los proveedores se considera bajo.

- ***Poder de negociación de los compradores.***

Los potenciales clientes para este tipo de proyectos son las empresas generadoras de RCD, quienes contratarían el servicio de gestión y reciclaje de sus residuos, además de ser posibles compradores para el árido reciclado obtenido de la planta. Para el caso de la contratación del servicio, y bajo el supuesto de que las empresas generadoras son ambientalmente responsables y cumplen con la ley, el poder de negociación de estas se considera bajo, ya que las tarifas de cobro estarán fijas y sólo dependen del tipo de residuo que se está ingresando.

- ***Rivalidad entre competidores.***

Hasta el momento existen solo 2 participantes en la industria de valorización de RCD en Chile, una ubicada en la Región de Valparaíso y otra en la Región Metropolitana. Al ser empresas lejanas a la Región del Biobío, estas no son consideradas como competencia, ya que, por temas de costos y logística, no es factible para las empresas de esta zona contratar este tipo de servicio fuera de la región. Aunque se proyecta la creación de nuevas empresas, los incentivos para esto aún están en desarrollo y muy incipiente, por lo que para efectos de este análisis se considera una baja intensidad (casi inexistente) de la rivalidad entre competidores.

Capítulo 5. Análisis Interno

5.1 Análisis FODA

A continuación, se detallan los resultados del Análisis FODA, el cual nos permite estudiar los puntos importantes que presenta este proyecto para enfrentarse al medio, ya sea en base a sus fortalezas y oportunidades, como también sus amenazas y debilidades.

La tabla resumen de este análisis se presenta en Anexo 3.

5.1.1 Fortalezas

- *Alineación con el modelo de Economía Circular en el sector de la construcción:* Hoy en día, pasar de una producción lineal a una circular es una opción, sin embargo, en poco tiempo esto ya no será así y se impondrá como un requisito de estándar internacional.

Así, este proyecto está totalmente alineado con el concepto de economía circular que se plantea en la “Hoja de Ruta RCD Economía Circular en Construcción 2035”, mencionada anteriormente, y sus respectivos objetivos, dentro de los cuales se encuentra que al año 2025 al menos el 15% de los materiales y sistemas constructivos cuenten con certificación de atributos circulares, aumentando dicho porcentaje a un 30% al año 2035 (Gobierno de Chile et al., 2020).

- *Garantía de trazabilidad de los RCD:* Para todas las operaciones y procesos de la planta de valorización de RCD, se garantizará la entrega de documentación y registros que permitan asegurar el buen funcionamiento de un Plan de Gestión de RCD por parte de las empresas generadoras. Esto permitirá obtener indicadores de desempeño, garantizar la trazabilidad de los RCD y así asegurar su disposición adecuada y reciclaje.
- *Disposición de residuos NO valorizables en la planta:* A través de todo el proceso productivo que se plantea para esta planta, y con el fin de obtener árido reciclado de calidad, se exige la segregación en obra por parte de las empresas generadoras de los distintos materiales que componen los RCD. Los que no pueden ser tratados en este tipo de plantas, generalmente, son enviados a otras plantas secundarias de tratamiento para ser valorizados o para disposición final según corresponda, por lo que la empresa

gestora incurre en estos costos “extra” asociados al transporte de estos materiales. En este caso, este costo extra asociado a los materiales que no pueden ser tratados en esta planta de valorización de RCD no existe, debido a que esta planta estará ubicada dentro del mismo recinto de la propia planta de tratamiento de Hidronor, quienes ya cuentan con espacios e instalaciones adecuadas para recibir y tratar estos otros tipos de materiales.

- *Experiencia en Manejo de Residuos:* Greendot e Hidronor son empresas que tienen gran experiencia en cuanto a la gestión y valorización de residuos, por lo tanto, poseen el *know-how* que les permite orientar a sus clientes en su necesidad de manejo ambiental estando al tanto de la legislación vigente.

5.1.2 Oportunidades

- *Marco Normativo:* Todas las modificaciones que ha habido estos últimos años y que se mencionaron anteriormente, introducidas al marco normativo medio ambiental del país, favorecen estas iniciativas destinadas a la valorización de RCD.
- *Expansión urbana:* El constante aumento de la población y, por ende, de viviendas, provoca un incremento en las obras de urbanización. Se estima que anualmente se construyen aproximadamente 950.000 m² de nuevos pavimentos urbanos (veredas y calzadas) y aproximadamente 3.000.000 de m² (230.000 km) de pavimentos de carreteras u otros caminos (Gobierno de Chile et al., 2020). Este tipo de obras utiliza como materia prima principal áridos, por lo que un incremento de estas obras implicaría un aumento en la demanda por este material y además un aumento en la generación de RCD.
- *Apoyo e incentivos:* Como se ha mencionado antes, actualmente actores del sector público y privado se han unido para apoyar e incentivar este tipo de proyectos enfocados en la economía circular en la construcción, ya sea en ámbitos técnicos como financieros.
- *Avances tecnológicos:* La innovación tecnológica puede ayudar a mejorar la eficiencia y rentabilidad de los procesos asociados en esta planta de valorización de RCD, especialmente para obtener un producto reciclado de alta calidad, en este caso áridos reciclados.

5.1.3 Debilidades

- *Capital inicial:* Para este tipo de instalaciones el monto de inversión es elevado y se necesita un fuerte aporte de capital.
- *Necesidad de estudios y ensayos técnicos para el árido reciclado:* Antes de poder comercializar el árido reciclado obtenido de esta planta de valorización de RCD, este debe someterse a distintos estudios y ensayos para lograr que cumplan con las especificaciones técnicas establecidas por las normas, y con ciertas capacidades físicas y químicas para garantizar un material de calidad que puede ser utilizado en la industria de la construcción.

5.1.4 Amenazas

- *Baja aceptación del material reciclado:* El mercado del reciclaje en la industria de la construcción es muy joven aún y existe mucha incertidumbre sobre la calidad de estos materiales reciclados por lo que su aceptación en el mercado es sensiblemente menor, lo que en este caso implica bajos precios para el árido reciclado que se obtiene de esta planta.
- *Marco regulatorio mal definido:* Hoy en día el marco regulatorio asociado a la gestión de RCD, a la responsabilidad de los generadores sobre sus residuos, etc, está mal implementado y no hay ninguna entidad que se encargue de la fiscalización y cumplimiento de estos. Por esto es por lo que existe este problema de la disposición inadecuada de RCD y todos los problemas que esto conlleva. Las empresas generadoras están acostumbradas a no ser fiscalizadas y, por ende, a no tener un plan de gestión de sus residuos.
- *Falta de segregación de materiales en origen:* Uno de los puntos clave para poder obtener un material reciclado de calidad es el nivel de homogeneidad del residuo admitido en la planta. Por esto se exigirá a las empresas generadoras la segregación de RCD en origen, pero esto puede presentarse como una amenaza para este proyecto al no existir la conciencia ni el hábito de segregación de materiales en obra por parte de estas mismas empresas, lo que implicaría que sigan optando por soluciones más “simples” e irresponsables en cuanto al cuidado del medio ambiente.

Capítulo 6. Descripción del proyecto

En base a los análisis previamente hechos y al estudio técnico del proyecto, a continuación, se expondrá en detalle la descripción de este, incluyendo la descripción del servicio y producto resultante, el modelo de negocio basado en la economía circular y el proceso productivo de la planta de reciclaje con sus respectivas maquinas necesarias para su funcionamiento.

6.1 Proceso Productivo

A continuación, se detalla el proceso de tratamiento de los RCD una vez que estos llegan a la planta para la obtención del árido reciclado, el cual se resume en la figura 6.1. De este se deducen los principales elementos a considerar para la determinación de la inversión y los costos operacionales que se realizarán más adelante.

Antes de detallar el proceso, es importante tener ciertas consideraciones respecto a los residuos que serán tratados. En primer lugar, esta planta será apta para tratar exclusivamente los materiales pétreos de los RCD, los cuales deben estar libres de materiales indeseados que disminuyan la calidad del producto reciclado, tales como residuos no inertes y/o peligrosos. Por esto, se exigirá a los generadores la segregación de RCD en obra, esto quiere decir que los RCD deben llegar clasificados según tipo de material. Esta separación en origen les permitirá a las empresas generadoras obtener importantes beneficios como mejora en sus lugares de trabajo, mayor seguridad para sus trabajadores y aumento de la productividad. En segundo lugar, es importante mencionar que se permitirá el ingreso de los otros materiales provenientes de la segregación de los RCD al recinto de Hidronor, ya que este cuenta con instalaciones adecuadas para tratar, disponer y, en la medida que se pueda, reciclar estos residuos no inertes y peligrosos que componen los RCD. Para estos, las tarifas están definidas por la empresa y no serán considerados en los ingresos de este proyecto.

TRATAMIENTO Y RECICLAJE DE RCD

- (1) Recepción → La zona de recepción consta de una báscula adecuada para pesar los camiones que traerán los residuos provenientes de las obras de construcción y demolición para ser reciclados. Una vez pesado el camión, se realiza una revisión

para confirmar el tipo de residuo que se está ingresando a la planta y luego se entrega la documentación correspondiente, especificando el peso y la tarifa asociada al tipo de residuo.

- (2) Selección previa → Al llegar el camión previamente pesado y con su documentación a la zona en donde se ubicará la planta de valorización de RCD, se hace una separación manual de los posibles materiales voluminosos y otros valorizables, como madera, plásticos, metales, etc, del pétreo que será tratado en la planta. Para esto se dispone de distintos contenedores que recogen estos materiales seleccionados con el fin de facilitar su recuperación o eliminación dentro del mismo recinto de Hidronor, según corresponda.
- (3) Trituración → Una vez separados, un cargador frontal carga todo el material pétreo y lo ingresa a un alimentador vibrante para luego pasar a una trituración apta para materiales de grandes dimensiones y dureza, como el hormigón armado, con el fin de obtener el tamaño y granulometría requeridos para estos áridos, que en este caso corresponden a fracciones de 0-20mm y 20-40mm. Para esto se utiliza un triturador de impactos.
- (4) Separación magnética → Luego de cada trituración debe haber una separación magnética para eliminar los materiales metálicos liberados, ya que, a mayor presencia de materiales férricos en el árido, menor calidad del reciclado. Así, luego de la trituración, el residuo se dispone sobre una cinta transportadora y en esta es donde se realiza la separación magnética, a través de máquinas del tipo overband.
- (5) Clasificación granulométrica → Una vez retirados los materiales férricos, esta misma cinta transporta los residuos a su clasificación granulométrica con tal de obtener los áridos posteriormente reciclados con el tamaño y granulometría requeridos. Esta se realiza mediante una criba vibrante inclinada que entrega 2 granulometrías, en este caso serán fracciones de 0-20mm y de 20-40mm. De esta clasificación, el rechazo que corresponde a fracciones mayores a 40mm, pasan a una recirculación del sistema para volver a ser triturados.
- (6) Acopio árido reciclado → Así, el proceso de fabricación de áridos reciclados termina con el acopio de estos según sus respectivas granulometrías, para luego obtener los productos finales que serán comercializados, tales como estabilizado, árido fino y

árido grueso.

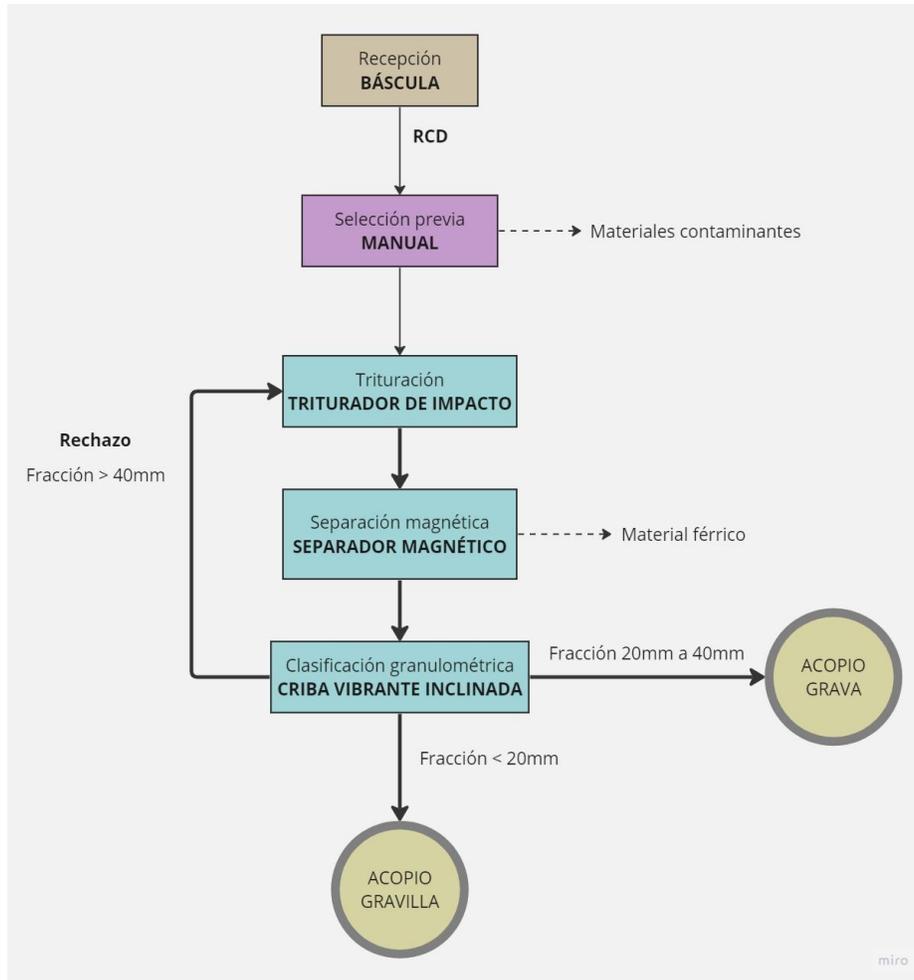
Es importante mencionar que la comercialización de los productos reciclados que se obtienen de este proceso de valorización de RCD estará sujeta a distintos tipos de ensayos de evaluación técnica, dependiendo del tipo de uso que se les quiera dar. En base a esto, se tienen lo siguiente:

- Áridos reciclados finos y gruesos (FG): para el caso de estos productos, los ensayos (FG) dependerán del tipo de uso que se le quieran dar a estos. Si se comercializan para ser utilizados en hormigones y morteros, se deben realizar ensayos (FG) de certificación, para asegurar el cumplimiento de la Norma Chilena 163, de forma periódica, además de ensayos de monitoreo para evaluar granulometría, material fino y absorción. Por otro lado, en caso de que la comercialización de estos se limite para usos como rellenos, bases, subbases, suelos, decoración o paisajismo, no necesitarán ser sometidos a ensayos (FG). Por esto, para fines de este proyecto, se estableció que los áridos reciclados finos y gruesos que se obtengan de esta planta serán comercializados para usos que no impliquen someterlos a ensayos (FG) y, por ende, evitar los elevados costos asociados a ellos.
- Estabilizado reciclado o Base Estabilizada reciclada (E): este producto corresponde a una mezcla homogénea de los áridos reciclados de diferentes granulometrías obtenido en la planta, con el propio desecho que proviene de la máquina (tierra, polvo de roca, etc).

Este producto es utilizado principalmente en la construcción de carreteras, pavimentos y otros proyectos de infraestructura. Su principal objetivo es proporcionar una capa sólida y resistente que mejore la estabilidad, durabilidad y las propiedades mecánicas del suelo subyacente. Por esto mismo, la comercialización de este estabilizado estará sujeta a previas evaluaciones y ensayos (E) que acrediten que este material cumple con las especificaciones técnicas establecidas en el ítem 8.101.1 del “Manual de carreteras, Volumen N°8” (Gobierno de Chile, 2008) para poder ser utilizado en la industria de la construcción. Estos ensayos (E) deben realizarse a través de una muestra por cada acopio o lote que se obtenga de la planta. En base a esto, y según la opinión de profesionales en el tema, se estableció que se realizarán estos

ensayos (E) cada 6 meses aproximadamente.

Figura 6.1: Organigrama proceso productivo.



Fuente: Elaboración propia.

6.1.1 Definición del tipo de maquinaria

Para llevar a cabo todo el proceso productivo planteado anteriormente, se dispondrá de una trituradora de impacto móvil. Para efectos del estudio de este proyecto, se considerará el modelo “Crawler Mobile Impact Crusher TF150” propuesto por la empresa SPOM & WOCAT GROUP (Chen, 2023) en base a los requerimientos de esta planta de tratamiento. La figura 6.2 muestra una imagen de referencia de este modelo de máquina que incluye el alimentador vibrante, triturador de impacto, separador magnético, pantalla vibratoria,

distintas cintas transportadoras (incluyendo un sistema de retroalimentación), etc.

Figura 6.2: Imagen de referencia máquina de tratamiento para RCD.



Fuente: (Chen, 2023).

En cuanto a las especificaciones técnicas generales de este modelo, se tiene lo siguiente:

- Capacidad de producción: 150 toneladas por hora.
- Tamaño máximo de alimentación: 600mm.
- Peso: 45 toneladas.
- Potencia: 894,6 kW.

Dada la capacidad de esta máquina y considerando un tiempo de funcionamiento de 7 horas al día, 5 días a la semana por 4 semanas al mes, se tiene que al mes se podrían procesar 21.000 toneladas de RCD, lo que corresponde aproximadamente al 50% de la generación mensual promedio de RCD en la Región del Biobío.

6.2 Modelo de Negocio

A continuación, se presenta el modelo de negocio para este proyecto, el cual se basa en un modelo de economía circular para el sector de la construcción, en donde básicamente lo que

se plantea es entregar una solución ambiental y legalmente responsable para las empresas generadoras de RCD ubicadas en la Región del Biobío, y su problemática sobre la mala gestión de sus residuos, para así obtener materiales reciclados que pueden ser utilizados en sus propias obras de construcción, y en consecuencia disminuir el consumo de materias primas naturales.

Esto permitirá definir qué es lo que se va a ofrecer al mercado, cómo se hará, para quien va dirigido y de qué manera se van a generar los ingresos.

6.2.1 Propuesta de valor

La propuesta de valor de este proyecto está basada principalmente en:

- Recuperación de materiales con capacidad de ser valorizados a través de instalaciones diseñadas para ello.
- Alternativa de respuesta ante exigencias legales y medio ambientales a clientes que requieran gestión de RCD.
- Reducción de costos asociados a multas por la entrega de documentación y registros que permitan asegurar el buen funcionamiento de un Plan de Gestión de RCD.
- Beneficio y protección de imagen por utilización de gestión y reciclaje de RCD certificado.
- Maximización en la valorización de RCD.
- Aporte en la huella ambiental.

6.2.2 Segmento de Mercado

El segmento de mercado al que apunta este proyecto son principalmente las medianas y grandes empresas generadoras de RCD de la Región del Biobío que tienen como prioridad ser ambientalmente responsables, y que, por lo tanto, tengan instaurado en sus procesos productivos (o quieran instaurar) la segregación de residuos en obra y que estén dispuestos a incurrir en costos más elevados asociados al servicio de gestión y reciclaje de sus residuos.

Por otro lado, también se tiene a las empresas que compran el material reciclado, en este caso el árido. Este segmento de mercado está enfocado en empresas del rubro de la construcción

que realicen trabajos de suelos, ya sea rellenos, bases, subbases, construcción de carreteras, etc. y que tengan interés en obtener certificados que acrediten que son empresas del rubro de la construcción con atributos circulares.

6.2.3 Fuentes de Ingreso

Los ingresos de este proyecto estarán dados por la tasa de admisión de RCD y por el precio de venta del árido reciclado.

Para el caso de la tasa de admisión es importante mencionar que esta se definirá solo para los RCD pétreos que lleguen segregados y que puedan ser valorizados en esta planta, tales como concreto simple o armado, morteros, tabiques, mamposterías, cerámicos, fresado de carpeta asfáltica, arenas y arcillas.

Entonces, según información obtenida a través de la encuesta, los posibles clientes están dispuestos a pagar aproximadamente 3 a 4 UF por tonelada de residuos más IVA por el servicio de gestión y reciclaje de sus residuos, incluso cuando la tarifa establecida por otros lugares, que solo se encargan de la disposición final de estos, fluctúa entre 1 y 1,5 UF por tonelada más IVA. Sin embargo, para efectos de este proyecto, y considerando que la transición para las empresas generadoras de pasar de un sistema de gestión de residuos más “simple”, en donde no se exige segregación en obra, a uno más “exigente” no es sencillo, se establece para esta tasa de admisión de RCD el mismo valor establecido por sitios de disposición final de residuos, es decir un valor de 1,5 UF por tonelada más IVA.

Como se mencionó anteriormente, las tarifas asociadas a los otros materiales provenientes de la segregación de los RCD, tales como residuos peligrosos, plásticos, maderas, cartones, entre otros, ya están definidas por Hidronor y serán admitidos en base a estas.

Por otro lado, debido a la baja aceptación que aún existe en el mercado del producto reciclado en el sector de la construcción, el precio del árido reciclado obtenido de esta planta debe ser inferior al precio de mercado del árido natural. Por lo tanto, en base a los resultados obtenidos por la encuesta en cuanto a la disposición a pagar por este producto, se estableció un precio 25% menor al del árido natural. Así, sin considerar IVA, se tienen los siguientes precios para cada tipo de árido reciclado:

- *Estabilizado*: considerando un precio de mercado de \$14.782 CLP por m³, se establece un precio de \$11.086 CLP por m³ de estabilizado reciclado.
- *Árido fino*: considerando un precio de mercado de \$21.870 CLP por m³, se establece un precio de \$16.402 CLP por m³ de árido fino reciclado.
- *Árido grueso*: considerando un precio de mercado de \$20.169 CLP por m³, se establece un precio de \$15.127 CLP por m³ de árido grueso reciclado.

6.2.4 Estructura de Costos

Los costos asociados a este proyecto son todos aquellos relacionados con la operación de la planta, los que pueden clasificarse como costos variables o costos fijos. Para efectos del estudio económico de este proyecto, todos los costos serán considerados sin IVA.

Costos variables

- *Costos energéticos de la máquina*: para el cálculo del costo energético se ha considerado el consumo eléctrico de la máquina, en función de la producción de esta.

Dada sus especificaciones técnicas, que indican una potencia de 894,6 kW, esta máquina puede ejecutarse mediante la conexión a una fuente de alimentación externa de voltaje 380V. Entonces, dadas las opciones que presenta CGE, se consideró la tarifa BT2 para el estudio de este proyecto, la cual corresponde a una tarifa de baja tensión de hasta 400V (CGE, 2023b). Esta tarifa está compuesta por cuatro cargos distintos, los cuales se presentan en la tabla 6.1 con sus respectivos precios.

Tabla 6.1: Cargos en CLP para Tarifa BT2 CGE.

Cargo	Con IVA	Sin IVA
Cargo fijo mensual (\$/mes)	\$ 1.917,480	\$ 1.553,159
Cargo por potencia contratada (\$/kW/mes)	\$ 6.968,400	\$ 5.644,404
Cargo por uso del sistema de transmisión (\$/kWh)	\$ 26,865	\$ 21,761
Cargo por energía (\$/kWh)	\$ 100,639	\$ 81,518

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del documento de CGE “Tarifa de Suministro Eléctrico a Precio preferente para consumos medianos vigente desde el 01 de junio 2023” considerando la zona de Concepción (CGE, 2023a).

Como se puede ver, estos dos últimos corresponden a costos variables que dependerán del nivel de producción de la máquina, considerando la potencia total de esta.

Costos fijos

- **Costos de mano de obra:** para el funcionamiento de la planta se necesitará personal ejecutivo y operarios, por lo que mensualmente se incurrirá en costos asociados a sus respectivas remuneraciones. Estas se detallan en la tabla 6.2.

El ejecutivo de la planta se encargará de coordinar y supervisar el funcionamiento de esta, de la comercialización de los áridos reciclados y de dar a conocer la existencia de la planta y sus tarifas a las empresas del segmento de mercado establecido. Además, deberá encargarse de llevar a cabo y cumplir con los ensayos (E) periódicos que se establecieron para el estabilizado reciclado.

En cuanto a los operarios, estos serán 2 en total y serán los responsables de realizar la clasificación definitiva de los RCD entrantes a la planta, se encargarán del correcto funcionamiento de la máquina y de sus respectivas mantenciones, por lo tanto, estarán presentes durante todas las horas de funcionamiento de la planta, es decir serán trabajadores de jornada completa de lunes a viernes.

Tabla 6.2: Remuneraciones brutas.

Cargo	Remuneración fija	Dotación personal	Total, cargo
Ejecutivo planta de valorización de RCD	\$ 2.000.000	1	\$ 2.000.000
Operarios	\$ 1.250.000	2	\$ 2.500.000
Total, mensual			\$ 4.500.000
Total, anual			\$ 54.000.000

Fuente: Elaboración propia.

- **Ensayos (E) para estabilizado reciclado:** como se mencionó anteriormente, para efectos del estudio económico de este proyecto, se estableció que estos ensayos (E) se realizarán cada 6 meses. Estos tienen una tarifa de 10 UF por muestra, por lo que considerando la UF a \$36.072 CLP, se tiene que cada 6 meses se incurrirá en un costo fijo de \$360.720 CLP.
- **Arriendo máquinas de cargador frontal:** estas máquinas serán las encargadas de

transportar y cargar los RCD a la máquina de tratamiento y de movilizar los áridos reciclados a sus respectivos acopios. Con el fin de evitar la compra de estas y evitar incurrir en costos extras asociados a sus mantenimientos y contratación de maquinista, se tomó la decisión de arrendarlas. Al cotizar este servicio se obtuvo que el precio del arriendo de cada una es de \$45.000 CLP + IVA por hora (con petróleo y operador), y considerando que ambas máquinas trabajan 7 horas al día, 5 días a la semana, las 4 semanas del mes se tiene un costo total fijo de \$12.600.000 CLP al mes.

- **Mascarillas para operarios (EPP):** con el fin de brindar protección respiratoria contra partículas sólidas y líquidas sin aceite, uno de los elementos de protección personal que se exigen para estos trabajos son las mascarillas. Considerando la jornada laboral de los operarios, y en base a precios de mercados, se estableció la compra mensual de 2 cajas de 20 mascarillas, por las cuales se incurrirá en un costo total de \$32.800 CLP al mes.
- **Renovación EPP:** para este proyecto se estableció una renovación anual de EPP, por lo tanto, considerando precios de mercado y estimando cantidades usadas por cada trabajador anualmente, se obtiene un costo fijo de \$438.400 CLP en el que se incurrirá cada año. El detalle de estos EPP con sus respectivos precios y cantidades anuales estimadas para los 2 operarios se presenta en el Anexo 4.
- **Gastos generales:** en este caso, los gastos generales como las cuentas de luz, agua, gas, etc asociados al sitio donde se ubicará este proyecto y la oficina, no serán considerados. Esto se debe principalmente a que estos gastos tienen relación con las nuevas contrataciones de personal, que en este caso son pocos en comparación al total de trabajadores con los que actualmente cuenta Hidronor, por lo que la incorporación de 1 administrativo más a la oficina y 2 operarios más a la planta de tratamiento no harán gran diferencia en estas cuentas. Sin embargo, lo que sí será incluido serán los cargos fijos asociados a la tarifa BT2 mencionada anteriormente, que tienen relación con la instalación eléctrica para el funcionamiento de la máquina, y que se presentan en la tabla 6.1.

Para el caso del “cargo por potencia contratada” se consideraron 1000 kW contratados, por lo que se tiene un costo fijo mensual de \$5.644.404 CLP para este cargo.

Capítulo 7. Evaluación económica

A continuación, se muestran los resultados de la evaluación económica que se realizó para este proyecto y para el cual se consideró un horizonte de tiempo de 5 años.

7.1 Modelo de Valoración de Activos Financieros (CAPM)

El modelo CAPM es una de las herramientas más utilizadas en el área financiera para determinar la tasa de retorno requerida para cierto activo y que en este caso será utilizado para determinar la tasa de descuento, ya que corresponde a un proyecto de una empresa en funcionamiento y con capital propio, es decir, no se tienen deudas con terceros (Sapag Chain, 2008).

Para su cálculo, se utiliza la formula (3) presente a continuación:

$$\text{Tasa de descuento} = R_f + (\beta \times ERP) \quad (3)$$

- Tasa libre de riesgo (Rf): Corresponde a la rentabilidad que se obtendría al invertir en un activo financiero que no tienen ningún riesgo de impago, es decir, que está libre de riesgo.

En este caso, este valor presente en la tabla 7.1 se obtuvo a través de información sobre los bonos emitidos por el Banco Central de Chile en pesos chilenos considerando el periodo de evaluación de este proyecto, es decir, con expectativa de 5 años (BCP 5).

Tabla 7.1: Tasa libre de riesgo (RF).

País	RF
Chile	7,51

Fuente: Elaboración propia a partir de indicadores de mercado (Larrain Vial, 2023).

- Beta: El beta mide la sensibilidad de un cambio de la rentabilidad de una inversión indicada al cambio de la rentabilidad del mercado (Sapag Chain, 2008).

Como se mencionó anteriormente, no existe deuda, por lo tanto, se utiliza el beta desapalancado de la industria de este proyecto. En este caso, se consideró el beta propuesto por Aswath Damodaran para la industria “Environmental & Waste Services”, presente en la tabla 7.2.

Tabla 7.2: Beta desapalancado para la industria del proyecto.

Industria	Beta desapalancado
Environmental & Waste Services	0,85

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Damodaran Online (Damodaran, 2023a).

- **ERP:** Corresponde a la prima de riesgo y representa la diferencia entre la tasa de rentabilidad esperada del mercado (R_m) y la tasa libre de riesgo (R_f). El concepto de prima de riesgo de mercado se refiere al exceso de rentabilidad que exigen los inversores por invertir en el activo medio con riesgo sobre la rentabilidad ofrecida por el activo libre de riesgo (Serrano, 2013), es decir, es lo que espera recibir el inversionista a cambio de agregar el factor de riesgo en su inversión.

Para la obtención de este dato se utilizó otro estudio realizado por Aswath Damodaran y su resultado se muestra en la tabla 7.3.

Tabla 7.3: Prima de riesgo Chile.

País	ERP
Chile	1,46

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Damodaran (Damodaran, 2023b).

De esta forma, reemplazando todos estos datos en la ecuación (3) se obtiene una tasa de descuento de 8,75%.

7.2 Inversión inicial

La inversión requerida para llevar a cabo este proyecto se desglosa en los siguientes activos intangibles y tangibles, presentes en las tablas 7.4 y 7.5 respectivamente.

Tabla 7.4: Inversión en Activos Intangibles.

Activo Intangible	Precio
Trámite “Aprobación de proyecto de la instalación de valorización o eliminación de residuos no peligrosos”.	\$ 413.800
Publicidad inicial	\$ 4.000.000
Ingenieros de prueba de producción	\$ 1.134.000,00
Total	\$ 5.547.800

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7.5: Inversión en Activos Tangibles (sin IVA).

Activo Tangible	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Maquina tratamiento RCD	1	\$ 298.296.432	\$ 298.296.432
Repuestos máquina	2	\$ 1.417.500	\$ 2.835.000
Instalación eléctrica	1	\$ 13.000.000	\$ 13.000.000
Computadores	1	\$ 405.000	\$ 405.000
Sillas	1	\$ 40.500	\$ 40.500
Escritorios	1	\$ 81.000	\$ 81.000
Total			\$ 314.657.932

Fuente: Elaboración propia.

Para el caso del costo del trámite de “Aprobación de proyecto de instalaciones de valorización o eliminación de residuos no peligrosos”, que hay que presentar ante el Seremi de Salud, se tenían distintas tarifas dependiendo del tamaño de la población al que está dirigido el proyecto. Así, asumiendo que este proyecto estará ubicado en la Región del Biobío, la cual cuenta con aproximadamente 1.556.805 habitantes (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2023), se consideró la tarifa asociada a una población de más de 500.001 habitantes (Seremi en Línea, 2023), detallado en la tabla 7.4.

En cuanto al costo de la instalación eléctrica que se necesita para el funcionamiento de esta planta, se buscó información en base a plantas industriales que hicieran trabajos similares a estos. Así, en conversaciones con el eléctrico de una planta chancadora, las cuales utilizan máquinas similares a la que se planteó para este proyecto, se obtuvo un valor aproximado de \$13.000.000 CLP, presentado en la tabla 7.5, para la implementación del tablero de distribución de fuerza (TDF). Este precio incluye el suministro de elementos, mano de obra, tendidos eléctricos desde TDF a la planta y las pruebas de puesta en marcha.

Para el caso de los costos de los activos relacionados con la máquina de tratamiento de RCD, estos se obtuvieron a través del documento entregado por la empresa SPOM & WOCAT GROUP, mencionada en el capítulo anterior, el cual entrega información sobre especificaciones técnicas, capacidad de producción, dimensiones, peso, costos asociados al modelo de máquina que se considerará para este estudio y su respectiva instalación. Con respecto a esto último, todos los proveedores exigen al comprador pagar un aproximado de \$100 USD por día a cada ingeniero encargado de las pruebas de producción de la máquina,

para lo cual se consideraron 2 personas durante 1 semana (Chen, 2023), lo que da un total de \$1.134.000 CLP, como se presenta en la tabla 7.4, considerando el valor del dólar a \$810 CLP. Además, esta máquina propuesta por el proveedor tiene un valor de \$227.140 USD (Chen, 2023), en pesos chilenos \$183.983.400 CLP, sin considerar sus repuestos. Con respecto a esto último, se consideran 3 repuestos necesarios para cada mantención de la máquina, los cuales tienen un costo total de \$1.417.500 CLP. Según recomendaciones del proveedor, estas mantenciones, deben realizarse idealmente cada 9 meses considerando que la máquina trabaja al 100% de su capacidad, 10 horas diarias durante este periodo. Sin embargo, para efectos de este proyecto, y considerando un horizonte de tiempo de 5 años, se considera que la máquina alcanzará como máximo el 50% de su capacidad, por lo tanto, se considerarán 2 mantenciones para estos 5 años de funcionamiento. Así, con el fin de facilitar el tema logístico de envíos desde china, se solicitarán 2 lotes de repuestos para mantenciones juntos con la compra de la máquina, por lo que se incurrirá en un costo total de \$2.835.000 CLP asociado a las mantenciones.

Luego, hay que considerar todo lo relacionado con la importación de la maquina desde China, es decir, valor de envío, seguro, tributos aduaneros y costos asociados al puerto de llega en Chile. Para efectos de este proyecto, se consideró como puerto de llegada el Puerto de San Vicente, a través del cual se obtuvieron los datos de algunos costos asociados a esta importación. Para el caso del valor de envío, solo se podía obtener mediante el proveedor si la compra era segura, por lo tanto, en conversaciones con el Puerto de San Vicente, se estimó el valor del envío de esta máquina en un contenedor de aproximadamente \$2000 USD, y con una prima de seguro de \$0,6 USD por tonelada. Por lo tanto, considerando un peso de 45 toneladas para la máquina, se tiene un costo de \$27.000 USD asociado al seguro otorgado por el puerto. Así, con estos datos, y aplicando la ecuación (4), se puede obtener el valor CIF de la máquina, sobre el cual se calcula el pago del derecho ad valorem (derecho aduanero), a través de la ecuación (5) (Aduanas Chile, 2023).

$$\text{Valor CIF} = \text{Costo máquina} + \text{Envío} + \text{Prima del seguro} \quad (4)$$

$$\text{Derecho ad valorem} = 0,6 \times \text{Valor CIF} \quad (5)$$

Ahora, lo último a considerar para obtener la inversión total en la máquina son los costos

asociados al trabajo de manejo de carga del Puerto de San Vicente. En este caso se consideró una tarifa de \$1.600 USD por el servicio de “desconsolidación con retiro directo”, es decir, se encargan de bajar el contenedor del buque, sacar la máquina y enviarla a la planta.

Así, con todo lo anterior se obtiene el valor de la inversión en la máquina de tratamiento de RCD que se consideró para este proyecto. La tabla 7.6 muestra el resumen de los resultados de estos cálculos en pesos chilenos considerando el valor del dólar a \$810 CLP.

Tabla 7.6: Inversión total en Máquina (sin IVA).

Peso máquina (Ton)	45
Costo máquina	\$183.983.400,00
Envío	\$1.620.000,00
Prima del seguro (0,6 USD por Ton)	\$21.870
Valor CIF máquina	\$185.625.270,00
Derecho ad valorem (6%)	\$111.375.162,00
Desconsolidación de carga	\$1.296.000,00
Total, Inversión Máquina	\$298.296.432,00

Fuente: Elaboración propia.

En conclusión, la inversión inicial que se requiere para este proyecto corresponde a la suma de la inversión en activos intangibles y en activos tangibles, en este caso \$5.547.800 CLP y \$314.657.932 CLP, respectivamente. Así, se tiene como resultado una inversión inicial de \$320.205.732 CLP.

7.3 Definición de escenarios

Para realizar el análisis de sensibilidad de este proyecto se establecieron tres escenarios diferentes en base a las cantidades de toneladas anuales de RCD recibidas en la planta, con sus respectivos incrementos durante el tiempo, y a la proporción que se vende de árido reciclado con respecto a lo que se produce anualmente.

Algunas cosas que hay que tener en consideración para todos estos escenarios:

- Se plantea como meta para este proyecto llegar a abarcar el 10% del mercado de la generación anual de RCD de la Región del Biobío, es decir, al quinto año estar valorizando el 10% del total de las toneladas de RCD que se generan en un año en esta región.

Para efectos de cálculos, se utilizó la información y datos obtenidos del análisis de la demanda para el servicio de gestión de RCD presentes en la sección 4.2.2 de este documento.

- Para calcular cuánto árido reciclado se obtiene de las toneladas de RCD que se procesan en la máquina se aplica la fórmula (6), considerando el rechazo de la máquina de un 10%, según información proporcionada por el proveedor, y la densidad aparente del árido de 1,4 Ton/m³.

$$m^3 \text{ Árido reciclado} = ((1 - \text{rechazo}) \times \text{Ton RCD}) \div \text{Densidad aparente} \quad (6)$$

- Como no se tiene información sobre la demanda específica por tipo de árido que se genera en esta planta (árido fino, árido grueso y estabilizado), y con el fin de simplificar los datos en el flujo de caja, se sacó un promedio simple entre los tres precios que se establecieron para los tres tipos de áridos, asumiendo que todos se venden y producen en la misma proporción. Así, el precio que se obtuvo para los “áridos reciclados en general” fue de \$14.250 CLP por m³.

7.3.1 Escenario realista

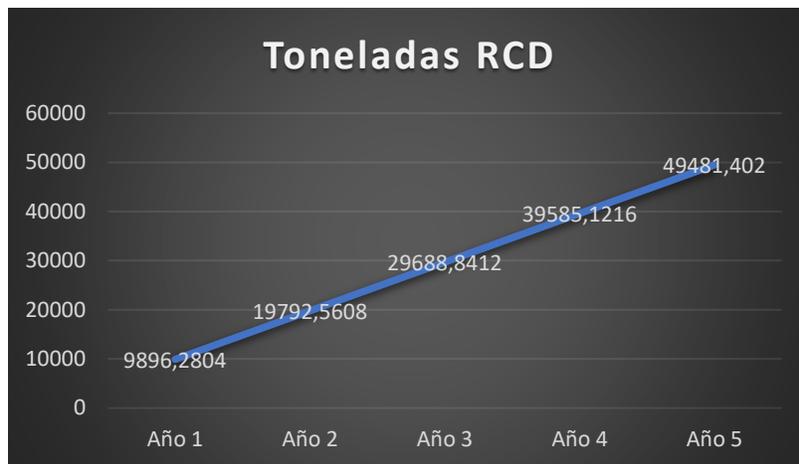
Para este escenario se establecieron las siguientes consideraciones:

- La cantidad de toneladas de RCD valorizadas cada año irá aumentando de forma constante durante el horizonte de tiempo. Se comenzará el primer año recibiendo el 2% de la generación anual de RCD de la región y luego cada año aumentará un 2% hasta llegar al quinto año a valorizar el 10% de la generación anual de RCD de la región. Esto suponiendo que se lograrán más avances normativos con los años que obligarán a las empresas a contratar este tipo de servicio.
- A pesar de la poca cantidad que se producirá de árido reciclado en comparación con la demanda promedio anual que hay en la región, se considerará que el primer año de

funcionamiento de la planta se venderá el 60% de lo producido en el año. A partir del segundo año, y suponiendo que el árido reciclado comienza a tener mejor aceptación en el mercado y aumenta el interés por las certificaciones de atributos circulares por parte de las empresas, se asume la venta anual del 100% de la producción.

A continuación, la figura 7.1 muestra el gráfico que representa el incremento en las toneladas de RCD que serán tratadas anualmente en la planta para el horizonte de tiempo definido para este proyecto.

Figura 7.1: Incremento de toneladas de RCD admitidas al año para el “Escenario realista”.



Fuente: Elaboración propia.

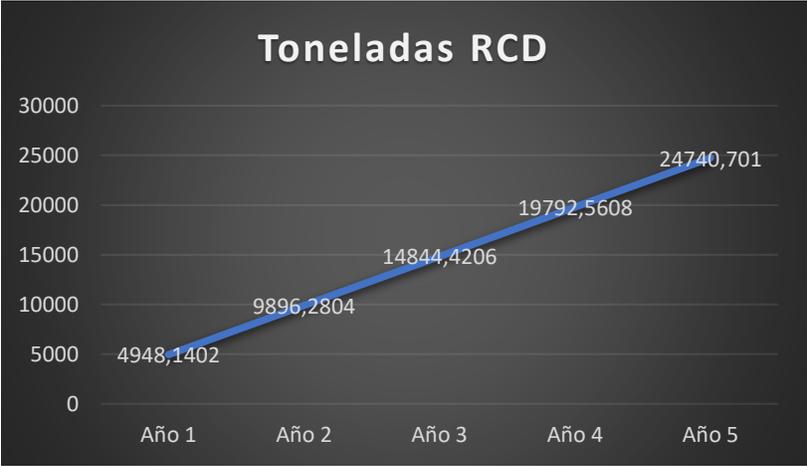
7.3.2 Escenario pesimista

Para este escenario se tienen las siguientes consideraciones:

- Al igual que para el escenario anterior, se considerará una venta anual del 60% de la producción anual de árido reciclado, pero en este caso para todo el horizonte de tiempo.
- Se considerará un incremento lineal del 1% en la cantidad de toneladas de RCD recibidas para cada periodo, con respecto a la generación total anual de la región. Así, comenzando el primer año con el 1% de esta cantidad, se llega al 5% del mercado el quinto año, es decir, no se alcanza la meta establecida para este proyecto.

A continuación, la figura 7.2 muestra las cantidades de toneladas que serán recibidas anualmente para este escenario, con su respectivo incremento en el tiempo.

Figura 7.2: Incremento de toneladas de RCD admitidas al año para el “Escenario pesimista”.



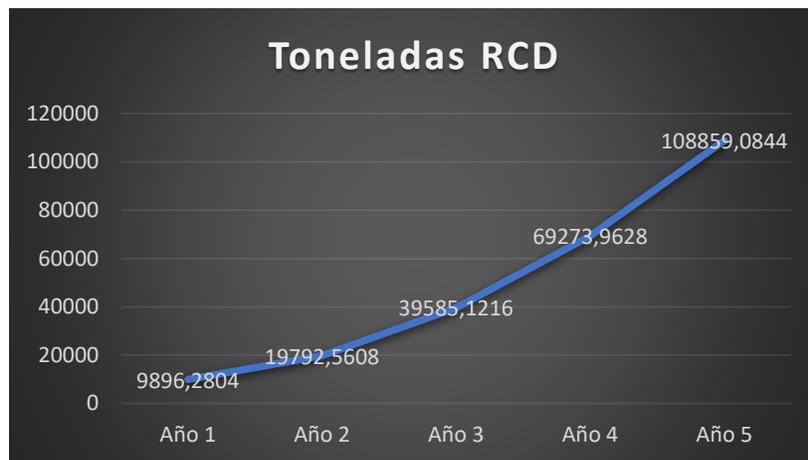
Fuente: Elaboración propia.

7.3.3 Escenario optimista

- A diferencia de los otros dos escenarios, en este caso se considera un incremento exponencial en la cantidad de RCD recibido en la planta cada año. Se inicia el primer periodo con el 2% de la generación anual de la región y luego incrementa al 4%, 8%, 14% y 22%, cada periodo respectivamente. Por lo tanto, el tercer año de funcionamiento se supera la meta establecida.
- Se considera la venta total de la producción anual de árido reciclado.

A continuación, se presenta la figura 7.3, que representa lo mismo que las anteriores 7.1 y 7.2, pero con las cantidades de toneladas de RCD y sus incrementos establecidos para este caso.

Figura 7.3: Incremento de toneladas de RCD admitidas al año para el “Escenario optimista”.



Fuente: Elaboración propia.

7.4 Capital de Trabajo

Para el cálculo del capital de trabajo se utilizó el “Método del déficit acumulado máximo” considerando el caso hipotético de que en los 3 primeros meses de funcionamiento de la planta no se reciben toneladas de RCD para valorizar, lo que en el flujo de caja mensual se vería reflejado en las utilidades operacionales negativas resultantes para estos meses. Así la sumatoria del valor de estas tres utilidades operacionales da un valor de \$72.135.391 CLP, lo que correspondería a la inversión en capital de trabajo para este proyecto.

7.5 Punto de equilibrio

El punto de equilibrio se obtiene cuando los ingresos cubren todos los gastos del proyecto, ya sean fijos o variables, es decir, en este caso es la cantidad de toneladas de RCD que se necesitan para que la empresa no gane ni pierda dinero.

Como se mencionó anteriormente, una de las diferencias de cada escenario es la proporción de la venta anual de árido con respecto a su producción. Así, se definió un punto de equilibrio para el escenario pesimista y otro que será considerado para los escenarios optimistas y realistas.

Para este cálculo se utilizó la fórmula (7) presentada a continuación:

$$Ton RCD_{eq} = \frac{Costos\ fijos + Gastos\ generales}{Precio - Costos\ variables\ unitarios} \quad (7)$$

Es importante mencionar que, para poder realizar este cálculo, considerando el ingreso por venta de las toneladas de RCD y el ingreso por venta del árido reciclado, se deben considerar ambos precios. Para esto se suma el precio para los RCD con el precio promedio calculado anteriormente para los áridos ajustado por el factor de producción de áridos de la máquina. Además, para trabajar todo en términos de toneladas se debe dividir este último precio por la densidad aparente del árido de 1,4 toneladas por m³. Todo esto está representado por la ecuación (8) que se presenta a continuación:

$$Precio = Precio\ Ton\ RCD \left(\frac{\$}{Ton} \right) + ((1 - rechazo) \times \left(Precio\ árido \left(\frac{\$}{m^3} \right) \times \frac{1}{1,4} \left(\frac{m^3}{Ton} \right) \right)) \quad (8)$$

La única diferencia que tendrá cada punto de equilibrio será con respecto al precio, en el cual para el caso del escenario pesimista se deberá multiplicar el último factor de la ecuación (8) por 0,6, que corresponde a la proporción de árido que se venderá anualmente del total de su producción.

La tabla 7.7 muestra los valores de las componentes de la fórmula (7) para cada escenario, con su respectiva cantidad de equilibrio mensual que resulta de cada cálculo.

Tabla 7.7: Resultado de las cantidades de equilibrio mensuales para cada escenario.

	Escenarios optimista y realista	Escenario pesimista
Costos fijos mensuales	\$ 17.229.453	\$ 17.229.453
Gastos generales mensuales	\$ 6.645.957	\$ 6.645.957
Precio	\$ 63.240	\$ 59.587
Costo variable unitario	\$ 615,95	\$ 615,95
Ton RCD de equilibrio mensual	381,25	404,86

Fuente: Elaboración propia.

Así, para poder obtener utilidades de este proyecto, anualmente se deben valorizar como mínimo 4.575,01 y 4.858,39 toneladas de RCD para los escenarios realista – optimista y pesimista, respectivamente.

7.6 Valor Actual Neto (VAN)

A continuación, en la tabla 7.8 se presentan los valores obtenidos para el Valor Actual Neto de cada escenario, a partir de sus respectivos flujos de caja anuales que se muestran en detalle en el Anexo 5.

Tabla 7.8: Valor Actual Neto para cada escenario.

Escenario	VAN
Realista	\$ 3.501.180.499
Pesimista	\$ 1.077.850.155
Optimista	\$ 6.380.109.971

Fuente: Elaboración propia.

7.7 Tasa Interna de Retorno (TIR)

En la tabla 7.9, se exponen los valores obtenidos para la Tasa Interna de Retorno para cada caso, en base a sus respectivos flujos de caja anuales.

Tabla 7.9: Tasa Interna de Retorno para cada escenario.

Escenario	TIR
Realista	135%
Pesimista	58%
Optimista	161%

Fuente: Elaboración propia.

7.8 Periodo de retorno de la inversión (PRI)

Para el cálculo del Periodo de retorno de la inversión se observaron los valores de los flujos de caja acumulado para cada escenario. En el caso de que se tenga un valor negativo para este valor en un respectivo periodo, quiere decir que la inversión aún no se ha recuperado, por lo tanto, se considerará el periodo donde se recupera la inversión, en el cual ocurra el cambio de signo del valor del flujo de caja acumulado.

Así, la tabla 7.10 muestra los resultados para este análisis.

Tabla 7.10: Periodo de retorno de la inversión para cada escenario.

Escenario	PRI
Realista	Año 2
Pesimista	Año 3
Optimista	Año 2

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo 8. Discusión y Conclusiones

La evaluación de un proyecto se basa principalmente en recopilar, crear y analizar una serie de antecedentes, ya sean cuantitativos o cualitativos, que permiten evaluar las ventajas y desventajas de asignar recursos a una determinada iniciativa.

En este estudio específicamente, se realiza una profunda investigación enfocada principalmente a la industria y entorno a la que pertenece este proyecto en particular, con el fin de comprender y analizar la situación actual que está viviendo nuestro país y los posibles cambios que se vienen a futuro. Esta primera investigación entregó mucha información y conocimientos que fueron la base para el desarrollo adecuado de este proyecto.

Como primera conclusión, se puede decir que efectivamente estamos frente a una situación crítica en cuanto a la problemática de la inadecuada disposición de los residuos en Chile, específicamente los RCD. Ante esto, surge la necesidad de crear nuevas iniciativas de negocio que aporten a un desarrollo sustentable en la industria de la construcción. Sin embargo, es importante mencionar que uno de los pilares principales para el éxito de este tipo de proyectos son las actualizaciones en la normativa chilena, que aún están en consulta, y su adecuada implementación.

Dicho esto, y en base al estudio de prefactibilidad realizado, se puede concluir que el proyecto analizado presenta un potencial significativo para su implementación exitosa como nuevo negocio para Hidronor. Esto se debe principalmente al gran ahorro en costos operacionales, de terreno, permisos, mano de obra, pesaje, etc, por el hecho de pertenecer a una empresa en funcionamiento y que además tiene experiencia en el rubro.

En primer lugar, se ha determinado que el proyecto cuenta con una sólida base técnica, evidenciando la factibilidad de llevar a cabo las actividades propuestas. Se han identificado los recursos necesarios y se ha evaluado la disponibilidad de estos, así como los requisitos técnicos para su implementación.

En términos financieros la rentabilidad de este proyecto se evaluó mediante los criterios del VAN y TIR, con respecto a distintos escenarios. Considerando los valores para el VAN obtenidos, se puede concluir que los tres escenarios son factibles para su realización, ya que todos presentaron un $VAN > 0$.

Analizando los valores de la TIR obtenidos, se tiene que todos los escenarios presentan una $TIR > 0$ y que, además, es mayor a la tasa de descuento calculada, por lo tanto, también se consideran los tres escenarios factibles.

Al obtener estos resultados, es importante visualizar e identificar los posibles errores que puede haber para el planteamiento de este proyecto. En este caso, se hace importante mencionar que pueden surgir costos adicionales que están más allá del conocimiento adquirido hasta el momento y que pueden resultar en un desafío para el presupuesto y la planificación previa del proyecto. Sin embargo, esta evaluación fue realizada de la manera más realista posible en cuanto a términos económicos asociados a la inversión y costos operacionales que tienen un impacto directo en la ejecución y éxito del proyecto.

Así, los resultados obtenidos indican que el proyecto tiene un potencial positivo de rentabilidad y recuperación de la inversión, lo cual brinda confianza en su viabilidad financiera a largo plazo. Esto se evidencia principalmente en las cantidades de equilibrio obtenidas, de las cuales se puede concluir que, incluso abarcando la mínima parte del mercado, que en este caso corresponde a la generación anual de RCD en la Región del Biobío, se pueden obtener utilidades positivas.

De esta forma se puede concluir que, al ser un proyecto basado en la economía circular, se generan dos ingresos por venta, uno asociado a la materia prima y otro al producto resultante, para los cuales se incurre en costos de operación mínimos, por lo que se tiene una alta probabilidad de éxito y viabilidad en sus diferentes aspectos. Los resultados obtenidos respaldan su implementación, tanto desde el punto de vista técnico como financiero y económico.

Referencias

- Aduanas Chile. (2023). *¿Cuánto impuesto se paga al importar?* Aduanas Chile. <https://www.aduana.cl/cuanto-impuesto-se-paga-al-importar/aduana/2022-06-29/121230.html#:~:text=5.,m%C3%A1s%20el%20derecho%20ad%20valorem.>
- Armstrong, & Kotler. (2012). *Marketing*.
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (2023). *Región del Biobío*. Información Territorial. <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/nuestropais/region8/>
- Cámara Chilena de la Construcción. (2023). *INACOR* . <https://cchc.cl/centro-de-informacion/indicadores/inacor>
- Canals De la Puente. (2022, May 30). *Reglas claras, el desafío pendiente de los RCD*. Construye2025. <https://construye2025.cl/tag/nch-3562/>
- CEPAL. (2023). *Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)*. <https://www.cepal.org/es/temas/agenda-2030-desarrollo-sostenible/objetivos-desarrollo-sostenible-ods>
- Certificación Edificio Sustentable. (2022, November 7). *Construcción podrá capacitar a cero costo para impulsar “cero residuos en sus obras.”* Certificación Edificio Sustentable . <https://www.certificacionsustentable.cl/tag/rcd/>
- CGE. (2023a). *Tarifa-de-Suministro-Elctrico-a-Precio-preferente-para-consumos-medianos-vigente-desde-el-01-de-junio-2023*.
- CGE. (2023b). *Tarifas*. CGE. <https://www.cge.cl/informacion-comercial/tarifas-y-procesos-tarifarios/>
- Chen. (2023). Propuesta máquina 100-120 TPH Crushing & Screening Line. In *SPOM & WOCAT GROUP*.
- Construye2025. (2019, November 5). *Escombros de la construcción llenarían 15 veces el Estadio Nacional para 2025 ¿Qué hacemos para evitarlo?*

<https://construye2025.cl/2019/11/05/escombros-de-la-construccion-llenarian-15-veces-el-estadio-nacional-para-2025-que-hacemos-para-evitarlo/>

CORFO. (2021). *Guía Técnica-Reto de Innovación*. www.economiacircularconstruccion.cl.

CTeC, Tecnalía, CORFO, & Gobierno de Chile. (2020). *Boletín de Robotización en la Construcción*. www.ctecinnovacion.cl

Damodaran. (2023a). *Betas by Sector*.

Damodaran. (2023b). *Diferenciales de incumplimiento de países y primas de riesgo*. https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/ctryprem.html

Proyecto de Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos de Actividades de la Construcción y Demolición, (2021) (testimony of Departamento Salud Ambiental, División Políticas Públicas Saludables y Promoción, & Ministerio de Salud).

Dirección de Ingeniería. (2023). *El Hormigón y sus Materiales Componentes*.

Economipedia. (2023). *5 Fuerzas de Porter*. Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/las-5-fuerzas-de-porter.html>

Equipo de Análisis Territorial del Centro de Estudios de Ciudad y Territorio, & Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2021). *Dinámica de Crecimiento Urbano de las Ciudades Chilenas*.

Facultad de Economía UNAM. (2023). *IV. EVALUACIÓN ECONÓMICA*.

Gobierno de Chile. (2008). *VOLUMEN N° 8 ESPECIFICACIONES Y METODOS DE MUESTREO, ENSAYE Y CONTROL MANUAL DE CARRETERAS*.

Gobierno de Chile, Construye2025, & CORFO. (2020). *HOJA DE RUTA RCD ECONOMIA CIRCULAR EN CONSTRUCCIÓN 2035*.

Greendot. (2023). *Greendot*. www.greendot.cl

Hidronor. (2023). *Hidronor*. <https://www.hidronor.cl/>

Hill, & Jones. (2015). *Administración estratégica: Un enfoque integral, 9na Edición*.

- Holz. (2022). *Evolución del Índice de precios de materiales de la construcción: actualización a septiembre de 2022*.
- Larrain Vial. (2023). *Indicadores de Mercado*. Larrain Vial. <https://larrainvial.finmarketslive.cl/www/v2/index.html?mercado=chile>
- LEY REP. (2023). *Ley REP*. <https://leyrep.cl/>
- Malhotra, Ortiz Salinas, & Benassini. (2008). *Investigación de mercados*. Pearson Educación.
- Ministerio de Desarrollo Social y Familia. (2019). *RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN RCD*.
- Ministerio de Obras Publicas, Ministerio De Vivienda Y Urbanismo, & Cámara Chilena de la Construcción. (2001). *INDUSTRIA DEL ÁRIDO EN CHILE*.
- Norma 3562*, (2019) (testimony of Ministerio de Vivienda y Urbanismo).
- Ministerio del Medio Ambiente. (2020). *IEMA 10-residuos*.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2023). *¿Qué son los ODS?* <https://ods.mma.gob.cl/que-son-los-ods/>
- Ossio, & Faúndez. (2021). *Diagnóstico Nacional de Sitios de Disposición Ilegal de Residuos*. OECD. <https://doi.org/10.1787/b6bccb81-en>
- Ossio, Molina-Ramírez, & Larrain. (2020). *CAPÍTULO IX Políticas municipales estandarizadas para el manejo sustentable de residuos de construcción y demolición Políticas Municipales Estandarizadas para el Manejo Sustentable de Residuos de Construcción y Demolición View project Policies for the implementation of Circular Strategy in Construction View project*. <https://www.researchgate.net/publication/340350099>
- Peters Quiroga. (2022, May 26). *Residuos de construcción y demolición*. CDT. <https://www.cdt.cl/residuos-de-construccion-y-demolicion/>
- Programa Construye2025. (2022, November 30). *Webinar “De residuos a nuevos materiales.”* <https://www.youtube.com/watch?v=6OLJpiSvRGs&t=9s>

- Programa en Derecho, A. y C. C. (DACC). (2021). *TRATADOS INTERNACIONALES SOBRE MEDIO AMBIENTE VIGENTES EN CHILE*.
<https://www.bcn.cl/leychile/consulta/listaresultadostratados?palabra=MEDIO%>
- Rojas. (2023). *Comisión Nacional de Productividad Estudio Productividad en el Sector Construcción Sostenibilidad en la Industria de la Construcción Semana de la Productividad*.
- Rojo, & Ossio. (2022). *RCD: más allá de los residuos sólidos*. Instituto de La Construcción.
<https://www.iconstruccion.cl/opinion/rcd-mas-alla-de-los-residuos-solidos/>
- Sapag Chain. (2008). *Preparación y evaluación de proyectos*. www.FreeLibros.me
- Seremi en Línea. (2023). *Residuos no peligrosos*. Aprobación de Proyecto de La Instalación de Valorización o Eliminación de Residuos No Peligrosos.
<https://seremienlinea.minsal.cl/asdigital/index.php?tramites#>
- Serrano. (2013). *¿Cómo se determina la prima de riesgo de mercado?*

Anexo 1: Tabla resumen análisis PESTEL

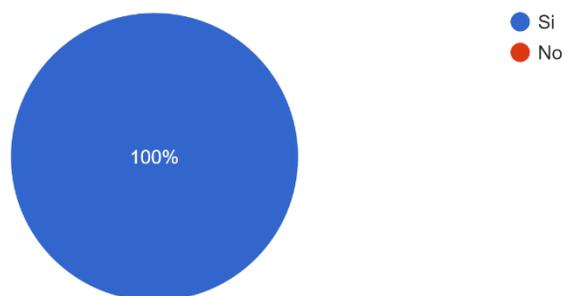
	Factor	Impacto
Político	Acuerdo, tratados y convenios, vigentes en Chile, relacionados con la gestión de residuos y la economía circular.	Positivo
	Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)	Positivo
	Hoja de Ruta RCD Economía Circular en Construcción 2035.	Positivo
Económico	Pandemia Covid-19	Negativo
	Aumento Inflación	Negativo
	Índice de precios de materiales de la construcción elevado	Negativo
	Disminución Índice de Actividad de la Construcción Regional (INACOR)	Negativo
	Economía circular en el sector de la construcción	Positivo
Social	Educación y conciencia ambiental	Positivo / Negativo
	Expansión urbana en Chile	Positivo
Tecnológico	Innovación tecnológica	Positivo
	Disponibilidad de tecnologías avanzadas	Negativo
Ambiental	Permisos ya aprobados	Positivo
	“Aprobación de proyecto de la instalación de valorización o eliminación de residuos no peligrosos”	Negativo
Legal	NCh3562 “Gestión de residuos – RCD – Clasificación y directrices para el plan de gestión” (2019)	Positivo
	Plan de Gestión de RCD homologado para todas las obras MOP (2020)	Positivo
	“Proyecto de Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos de Actividades de la Construcción y Demolición” (2021)	Positivo
	NCh163 “Áridos para morteros y hormigones. Requisitos Generales” (2016)	Positivo
	Normas Técnicas para obras de pavimento	Positivo
	Manual de Carreteras, Volumen N°9, “Estudios y Criterios Ambientales en Proyectos Viales” (2021)	Positivo

	Ley 20.920 “Responsabilidad extendida del Productor” (Ley REP)	Positivo
	Ley 20.879 “Sanciona el transporte de desechos hacia vertederos clandestinos”	Positivo
	Ley 19.300 “Bases generales del Medio Ambiente”	Positivo
	Ley 21.455 “Marco de Cambio Climático”.	Positivo

Anexo 2: Encuesta “Gestión de residuos de la construcción y demolición”

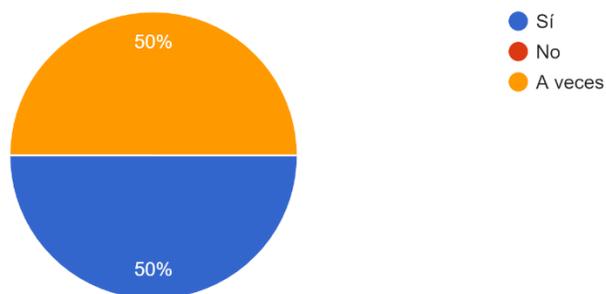
Pregunta 1. ¿Es una problemática para ustedes deshacerse de los residuos generados en obra?

7 respuestas



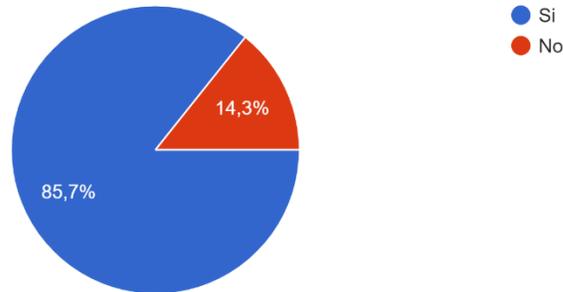
Pregunta 2. ¿Hacen algún tipo de separación según el tipo de material de sus residuos generados en obra?

6 respuestas



Pregunta 3. ¿Cuentan con alguna empresa o persona particular que se encargue del transporte y disposición final de sus residuos de la construcción y demolición?

7 respuestas

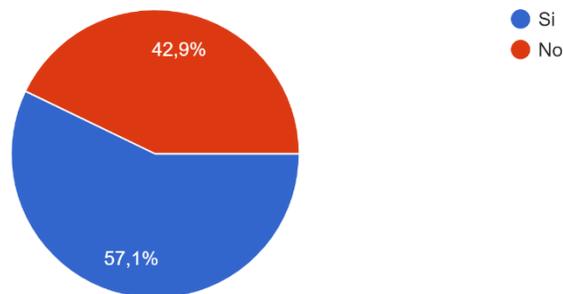


Pregunta 4. Si la respuesta anterior es SI y corresponde a una empresa, ¿cuál es el nombre de la empresa?

Constructora ARS
No lo sé
Ars
Unisan
No la recuerdo

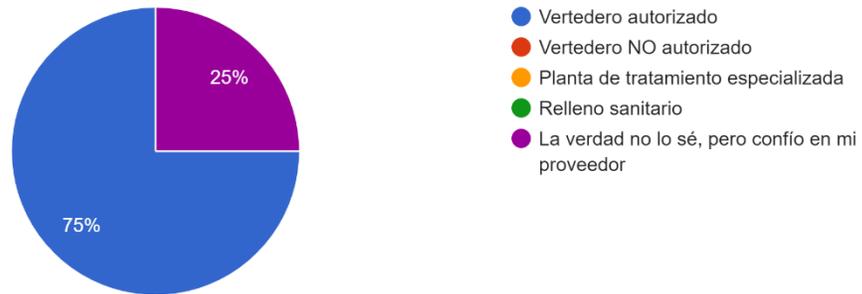
Pregunta 5. ¿Tienen conocimiento del destino final de estos residuos retirados por terceros?

7 respuestas



Pregunta 6. Si la respuesta anterior es SI, ¿a dónde son enviados estos residuos?

4 respuestas



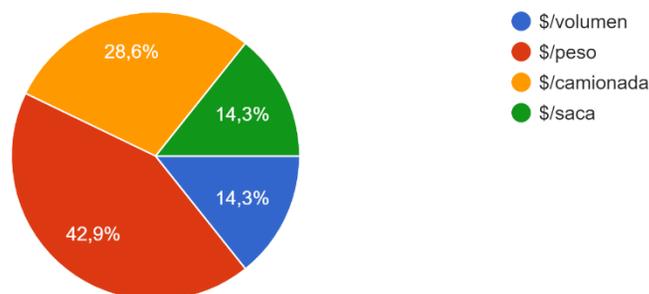
Pregunta 7. ¿Cada cuánto tiempo se hacen estos retiros de residuos?

7 respuestas



Pregunta 8. ¿Cuál es la modalidad de cobro por recibir estos residuos?

7 respuestas



Con respecto a la modalidad de cobro:

Pregunta 9. ¿Cuánto cobran por volumen?

10.000 por saca
12.000 \$/m ³
N/A

Pregunta 10. ¿Cuánto cobran por peso?

1.3 UF/Ton
30 pesos/kilo aprox
N/A
1.5 UF/Ton

Pregunta 11. ¿Cuánto cobran por camionada?

220.000 + IVA
90.000 pesos aprox
No puedo aportar ese dato

Pregunta 12. ¿Cuánto cobran por saca?

10.000
N/A

Pregunta 13. ¿Cuánto cobran por “otra” modalidad de cobro?

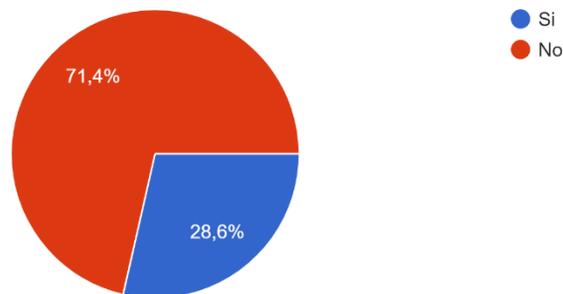
N/A

"Proyecto de Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos de Actividades de la Construcción y Demolición (RCD)"

El "Proyecto de Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos de Actividades de la Construcción y Demolición (RCD)", próximo a ser publicado, obligaría a las empresas generadoras de estos residuos a tener trazabilidad de estos (segregación, almacenamiento, transporte y valorización o eliminación), contar con un Plan de Manejo de RCD a disposición de la Autoridad Sanitaria y declararlos en el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC).

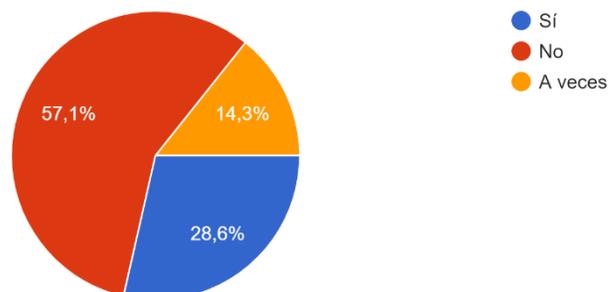
Pregunta 14. Como empresa, ¿están al tanto sobre esta nueva normativa?

7 respuestas



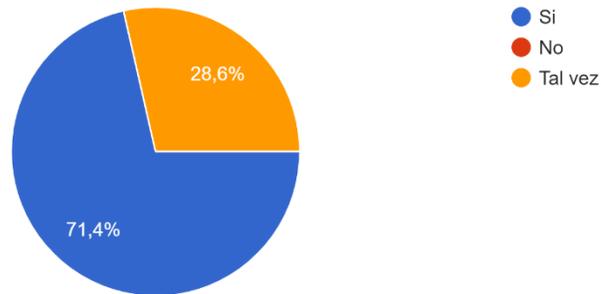
Pregunta 15. Actualmente, ¿hacen declaración de sus residuos en el RETC?

7 respuestas



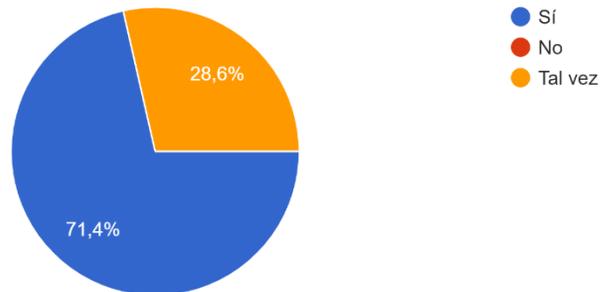
Pregunta 16. ¿Es de su interés ser parte o aportar a un modelo de economía circular en el sector de la construcción?

7 respuestas



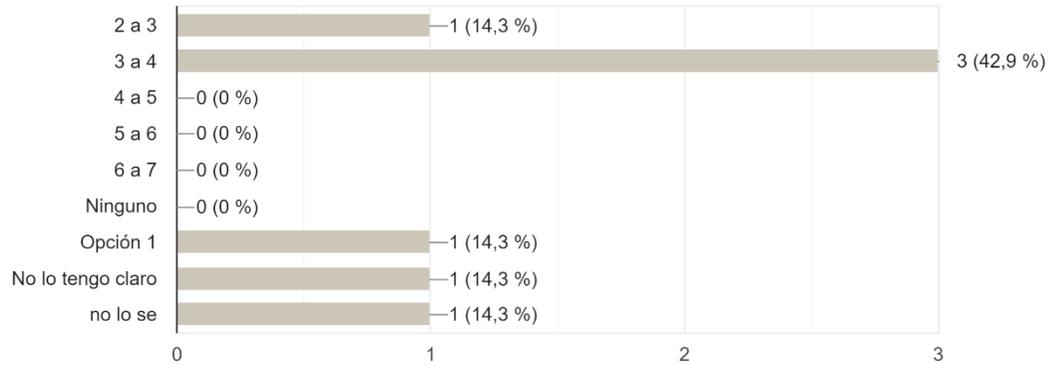
Pregunta 17. ¿Están dispuestos a pagar por un servicio que se encargue del tratamiento y reciclaje de sus residuos generados en obra?

7 respuestas



Pregunta 18. Considerando una modalidad de cobro UF/Ton + IVA, ¿Cuánto estarían dispuestos a pagar por este servicio?

7 respuestas

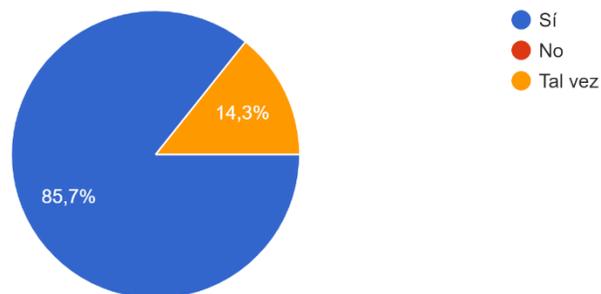


Materiales Reciclados en el sector de la Construcción

Uso de materiales reciclados en el sector de la construcción provenientes de sus propios residuos.

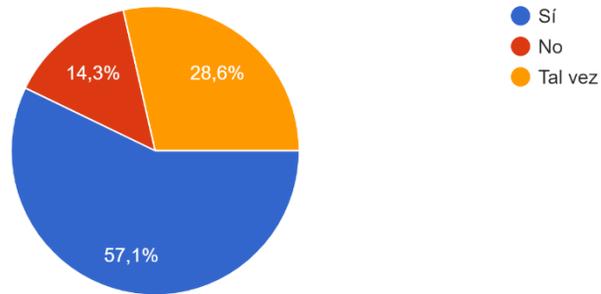
Pregunta 19. El cuidado del medio ambiente, ¿es un tema de interés para ustedes como empresa?

7 respuestas



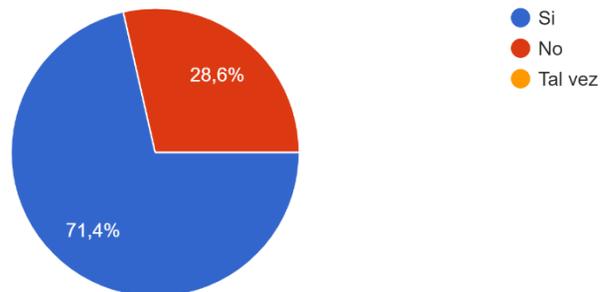
Pregunta 20. ¿Usarían materiales reciclados, provenientes de estos mismos residuos, para sus obras?

7 respuestas



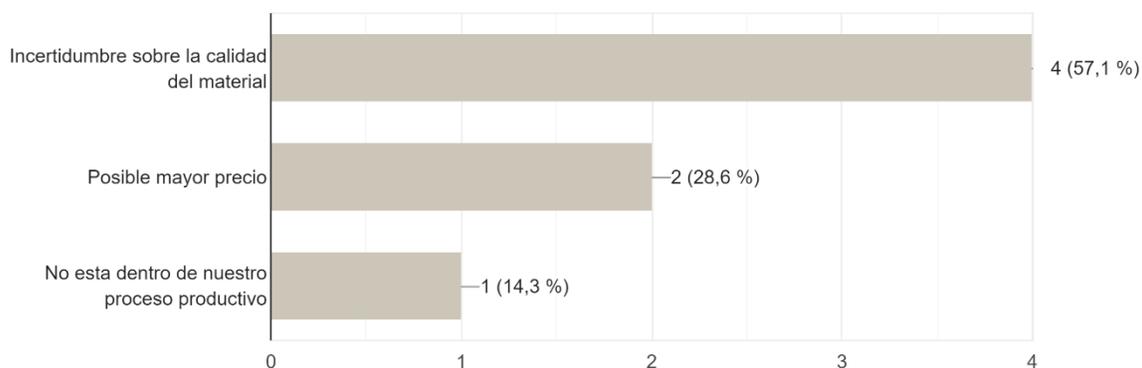
Pregunta 21. Mas específicamente, ¿comprarían áridos reciclados obtenidos de los propios residuos de la construcción y demolición?

7 respuestas



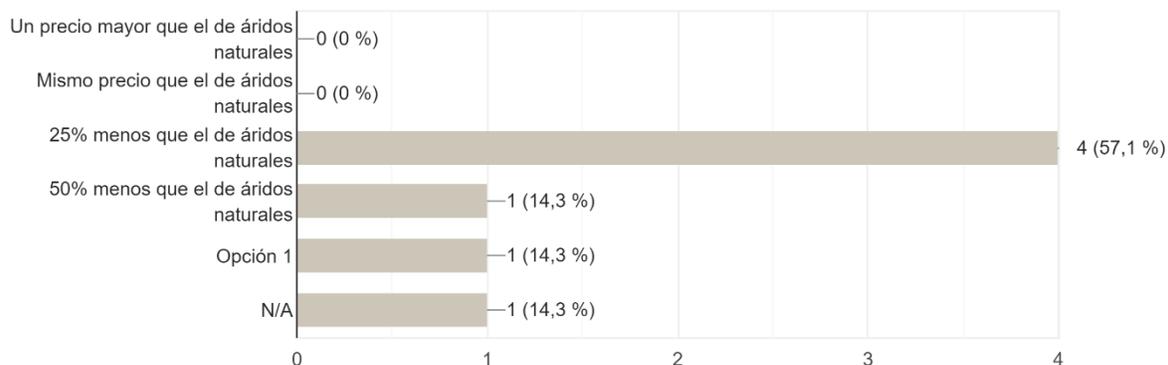
Pregunta 22. ¿Por qué razón/es NO compraría áridos reciclados?

7 respuestas



Pregunta 23. ¿Cuánto estaría dispuestos a pagar por estos áridos reciclados?

7 respuestas

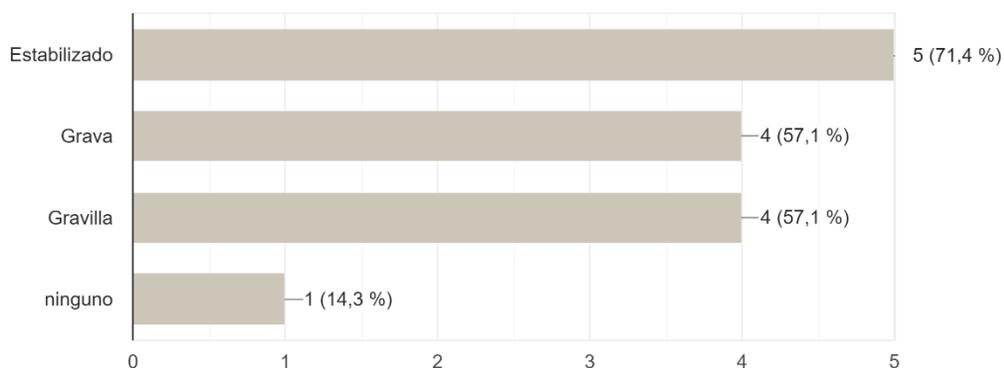


Pregunta 24. ¿Cuál es el nombre de la o las empresas a la que le compran áridos generalmente?

Áridos Bonitos SPA
ARS, Áridos ccp
Ingemac ltda
N/A
No conozco las plantas
Áridos LZ

Pregunta 25. ¿Qué tipo de áridos compran?

7 respuestas



Pregunta 26. ¿A qué precio compran ESTABILIZADO?

15.336 m3 Neto
36.900 + IVA
13.000 pesos x m3
N/A
18.250/m3 con IVA incluido

Pregunta 27. ¿A qué precio compran GRAVA?

\$20.924 m3 Neto
\$24.900/m3 con IVA incluido

Pregunta 28. ¿A qué precio compran GRAVILLA?

\$22.689 m3 Neto
\$22.689 + IVA
\$27.000/m3 con IVA incluido

Anexo 3: Tabla resumen FODA

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> - Alineación con el modelo de economía circular en el sector de la construcción. - Garantía de trazabilidad de los RCD. - Disposición de residuos NO valorizables en la planta. - Experiencia en manejo de residuos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Capital inicial. - Necesidad de estudios y ensayos técnicos para el árido reciclado.
Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> - Marco normativo. - Expansión urbana. - Apoyo e incentivos. - Avances tecnológicos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Baja aceptación del material reciclado. - Marco regulatorio mal definido. - Falta de segregación de materiales en origen.

Anexo 4: Detalle renovación anual EPP

EPP	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Cascos	4	\$ 2.600	\$ 10.400
Zapatos de seguridad	2	\$ 40.000	\$ 80.000
Ropa técnica operarios	8	\$ 15.000	\$ 120.000
Gafas de seguridad	6	\$ 6.000	\$ 36.000
Guantes	14	\$ 8.000	\$ 112.000
Protección auditiva	8	\$ 10.000	\$ 80.000
Total			\$ 438.400

Anexo 5: Flujos de caja anuales

Flujo de caja para escenario realista.

	T0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ton RCD valorizado en la máquina		9896,2804	19792,5608	29688,8412	39585,1216	49481,402
PRECIO X TON		\$ 54.108	\$ 54.108	\$ 54.108	\$ 54.108	\$ 54.108
Ingreso x venta RCD		\$ 535.467.940	\$1.070.935.880	\$1.606.403.820	\$2.141.871.760	\$2.677.339.699
Costo x venta RCD		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Cantidad árido reciclado		6361,894543	12723,78909	19085,68363	25447,57817	31809,47271
PRECIO X M3		\$ 14.205	\$ 14.205	\$ 14.205	\$ 14.205	\$ 14.205
Ingreso x venta árido reciclado		\$ 54.222.427	\$ 180.741.424	\$ 271.112.136	\$ 361.482.848	\$ 451.853.560
Costo x venta árido reciclado		\$ 6.095.628	\$ 12.191.256	\$ 18.286.884	\$ 24.382.512	\$ 30.478.140
INGRESO X VENTA TOTAL		\$ 589.690.367	\$1.251.677.304	\$1.877.515.956	\$2.503.354.607	\$3.129.193.259
COSTO X VENTA TOTAL		\$ 6.095.628	\$ 12.191.256	\$ 18.286.884	\$ 24.382.512	\$ 30.478.140
Utilidad Bruta		\$ 583.594.739	\$1.239.486.048	\$1.859.229.072	\$2.478.972.095	\$3.098.715.119
COSTOS FIJOS						
Arriendo Máquina cargador frontal		\$ 151.200.000	\$ 151.200.000	\$ 151.200.000	\$ 151.200.000	\$ 151.200.000
Remuneraciones		\$ 54.000.000	\$ 54.000.000	\$ 54.000.000	\$ 54.000.000	\$ 54.000.000
Ensayos para estabilizado reciclado		\$ 721.440	\$ 721.440	\$ 721.440	\$ 721.440	\$ 721.440
Mascarillas		\$ 393.600	\$ 393.600	\$ 393.600	\$ 393.600	\$ 393.600
Renovación EPP		\$ 438.400	\$ 438.400	\$ 438.400	\$ 438.400	\$ 438.400
GASTOS GENERALES						
Publicidad		\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000
Cargo fijo mensual electricidad		\$ 18.638	\$ 18.638	\$ 18.638	\$ 18.638	\$ 18.638
Cargo fijo por potencia contratada		\$ 67.732.848	\$ 67.732.848	\$ 67.732.848	\$ 67.732.848	\$ 67.732.848
TOTAL COSTOS		\$ 286.504.926	\$ 286.504.926	\$ 286.504.926	\$ 286.504.926	\$ 286.504.926
Utilidad Operacional		\$ 297.089.813	\$ 952.981.122	\$1.572.724.146	\$2.192.467.170	\$2.812.210.193
Depreciación		\$ 24.382.782	\$ 24.382.782	\$ 24.382.782	\$ 24.382.782	\$ 24.382.782

Utilidad antes de impuestos		\$ 272.707.031	\$ 928.598.340	\$1.548.341.364	\$2.168.084.387	\$2.787.827.411
Impuestos		\$ 73.630.898	\$ 250.721.552	\$ 418.052.168	\$ 585.382.785	\$ 752.713.401
Utilidad despues de impuestos		\$ 199.076.133	\$ 677.876.788	\$1.130.289.195	\$1.582.701.603	\$2.035.114.010
Depreciación		\$ 24.382.782	\$ 24.382.782	\$ 24.382.782	\$ 24.382.782	\$ 24.382.782
Inversión inicial	\$-320.205.732					
Capital de trabajo	\$ -72.135.391					
FLUJO DE CAJA	\$-392.341.123	\$ 223.458.915	\$ 702.259.570	\$1.154.671.978	\$1.607.084.385	\$2.059.496.792
FLUJO DE CAJA ACUMULADO	\$-392.341.123	\$ -168.882.209	\$ 533.377.361	\$1.688.049.339	\$3.295.133.724	\$5.354.630.516

Flujo de caja escenario pesimista

	T0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ton RCD valorizado en la máquina		4948,1402	9896,2804	14844,4206	19792,5608	24740,701
PRECIO X TON		\$ 54.108	\$ 54.108	\$ 54.108	\$ 54.108	\$ 54.108
Ingreso x venta RCD		\$ 267.733.970	\$ 535.467.940	\$803.201.910	\$1.070.935.880	\$1.338.669.850
Costo x venta RCD		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Cantidad árido reciclado		3180,947271	6361,894543	9542,841814	12723,78909	15904,73636
PRECIO X M3		\$ 14.205	\$ 14.205	\$ 14.205	\$ 14.205	\$ 14.205
Ingreso x venta árido reciclado		\$ 27.111.214	\$ 54.222.427	\$ 81.333.641	\$ 108.444.854	\$ 135.556.068
Costo x venta árido reciclado		\$ 3.047.814	\$ 6.095.628	\$ 9.143.442	\$ 12.191.256	\$ 15.239.070
INGRESO X VENTA TOTAL		\$ 294.845.184	\$ 589.690.367	\$884.535.551	\$1.179.380.734	\$1.474.225.918
COSTO X VENTA TOTAL		\$ 3.047.814	\$ 6.095.628	\$ 9.143.442	\$ 12.191.256	\$ 15.239.070
Utilidad Bruta		\$ 291.797.370	\$ 583.594.739	\$875.392.109	\$1.167.189.478	\$1.458.986.848
COSTOS FIJOS						
Arriendo Máquina cargador frontal		\$ 151.200.000	\$ 151.200.000	\$151.200.000	\$ 151.200.000	\$ 151.200.000
Remuneraciones		\$ 54.000.000	\$ 54.000.000	\$ 54.000.000	\$ 54.000.000	\$ 54.000.000

Ensayos para estabilizado reciclado		\$ 721.440	\$ 721.440	\$ 721.440	\$ 721.440	\$ 721.440
Mascarillas		\$ 393.600	\$ 393.600	\$ 393.600	\$ 393.600	\$ 393.600
Renovación EPP		\$ 438.400	\$ 438.400	\$ 438.400	\$ 438.400	\$ 438.400
GASTOS GENERALES						
Publicidad		\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000
Cargo fijo mensual electricidad		\$ 18.638	\$ 18.638	\$ 18.638	\$ 18.638	\$ 18.638
Cargo fijo por potencia contratada		\$ 67.732.848	\$ 67.732.848	\$ 67.732.848	\$ 67.732.848	\$ 67.732.848
TOTAL COSTOS		\$ 286.504.926	\$ 286.504.926	\$ 286.504.926	\$ 286.504.926	\$ 286.504.926
Utilidad Operacional		\$ 5.292.444	\$ 297.089.813	\$ 588.887.183	\$ 880.684.552	\$ 1.172.481.922
Depreciación		\$ 24.382.782	\$ 24.382.782	\$ 24.382.782	\$ 24.382.782	\$ 24.382.782
Utilidad antes de impuestos		\$ -19.090.339	\$ 272.707.031	\$ 564.504.401	\$ 856.301.770	\$ 1.148.099.140
Impuestos		\$ -	\$ 73.630.898	\$ 152.416.188	\$ 231.201.478	\$ 309.986.768
Utilidad despues de impuestos		\$ -19.090.339	\$ 199.076.133	\$ 412.088.212	\$ 625.100.292	\$ 838.112.372
Depreciación		\$ 24.382.782	\$ 24.382.782	\$ 24.382.782	\$ 24.382.782	\$ 24.382.782
Inversión inicial	\$ -320.205.732					
Capital de trabajo	\$ -72.135.391					
FLUJO DE CAJA	\$ -392.341.123	\$ 5.292.444	\$ 223.458.915	\$ 436.470.995	\$ 649.483.074	\$ 862.495.154
FLUJO DE CAJA ACUMULADO	\$ -392.341.123	\$ -387.048.680	\$ -163.589.765	\$ 272.881.229	\$ 922.364.304	\$ 1.784.859.458

Flujo de caja escenario optimista

	T0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ton RCD valorizado en la máquina		9896,2804	19792,5608	39585,1216	69273,9628	108859,0844
PRECIO X TON		\$ 54.108	\$ 54.108	\$ 54.108	\$ 54.108	\$ 54.108
Ingreso x venta RCD		\$ 535.467.940	\$ 1.070.935.880	\$ 2.141.871.760	\$ 3.748.275.579	\$ 5.890.147.339
Costo x venta RCD		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -

Cantidad árido reciclado		6361,894543	12723,78909	25447,57817	44533,2618	69980,83997
PRECIO X M3		\$ 14.205	\$ 14.205	\$ 14.205	\$ 14.205	\$ 14.205
Ingreso x venta árido reciclado		\$ 90.370.712	\$ 180.741.424	\$ 361.482.848	\$ 632.594.984	\$ 994.077.832
Costo x venta árido reciclado		\$ 6.095.628	\$ 12.191.256	\$ 24.382.512	\$ 42.669.396	\$ 67.051.908
INGRESO X VENTA TOTAL		\$ 625.838.652	\$ 1.251.677.304	\$ 2.503.354.607	\$ 4.380.870.563	\$ 6.884.225.171
COSTO X VENTA TOTAL		\$ 6.095.628	\$ 12.191.256	\$ 24.382.512	\$ 42.669.396	\$ 67.051.908
Utilidad Bruta		\$ 619.743.024	\$ 1.239.486.048	\$ 2.478.972.095	\$ 4.338.201.167	\$ 6.817.173.263
COSTOS FIJOS						
Arriendo Máquina cargador frontal		\$ 151.200.000	\$ 151.200.000	\$ 151.200.000	\$ 151.200.000	\$ 151.200.000
Remuneraciones		\$ 54.000.000	\$ 54.000.000	\$ 54.000.000	\$ 54.000.000	\$ 54.000.000
Ensayos para estabilizado reciclado		\$ 721.440	\$ 721.440	\$ 721.440	\$ 721.440	\$ 721.440
Mascarillas		\$ 393.600	\$ 393.600	\$ 393.600	\$ 393.600	\$ 393.600
Renovación EPP		\$ 438.400	\$ 438.400	\$ 438.400	\$ 438.400	\$ 438.400
GASTOS GENERALES						
Publicidad		\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000
Cargo fijo mensual electricidad		\$ 18.638	\$ 18.638	\$ 18.638	\$ 18.638	\$ 18.638
Cargo fijo por potencia contratada		\$ 67.732.848	\$ 67.732.848	\$ 67.732.848	\$ 67.732.848	\$ 67.732.848
TOTAL COSTOS		\$ 286.504.926	\$ 286.504.926	\$ 286.504.926	\$ 286.504.926	\$ 286.504.926
Utilidad Operacional		\$ 333.238.098	\$ 952.981.122	\$ 2.192.467.170	\$ 4.051.696.241	\$ 6.530.668.337
Depreciación		\$ 24.382.782	\$ 24.382.782	\$ 24.382.782	\$ 24.382.782	\$ 24.382.782
Utilidad antes de impuestos		\$ 308.855.316	\$ 928.598.340	\$ 2.168.084.387	\$ 4.027.313.459	\$ 6.506.285.554
Impuestos		\$ 83.390.935	\$ 250.721.552	\$ 585.382.785	\$ 1.087.374.634	\$ 1.756.697.100
Utilidad despues de impuestos		\$ 225.464.381	\$ 677.876.788	\$ 1.582.701.603	\$ 2.939.938.825	\$ 4.749.588.455

Depreciación		\$ 24.382.782	\$ 24.382.782	\$ 24.382.782	\$ 24.382.782	\$ 24.382.782
Inversión inicial	\$ -320.205.732					
Capital de trabajo	\$ -72.135.391					
FLUJO DE CAJA	\$ -392.341.123	\$ 249.847.163	\$ 702.259.570	\$ 1.607.084.385	\$ 2.964.321.607	\$ 4.773.971.237
FLUJO DE CAJA ACUMULADO	\$ -392.341.123	\$ -142.493.961	\$ 559.765.609	\$ 2.166.849.994	\$ 5.131.171.602	\$ 9.905.142.838

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN-FACULTAD DE INGENIERIA

RESUMEN DE MEMORIA DE TÍTULO

Departamento: Departamento de Ingeniería Civil Industrial

Carrera: Ingeniería Civil Industrial

Nombre del memorista: Macarena Prado Opazo

Título de la memoria: Estudio de prefactibilidad para la empresa Greendot sobre proyecto de nueva planta de valorización de residuos de la construcción y demolición para la obtención de áridos reciclados.

Fecha de la presentación oral:

Profesor(a) Guía: Profesora María Magdalena Jensen

Profesor(es) Revisor(es): Profesor Alejandro Andalaft

Concepto:

Calificación:

Resumen

Este proyecto tiene como propósito proponer una solución a la problemática que se vive hoy en día sobre la inadecuada disposición de los residuos provenientes de la industria de la construcción, y las graves consecuencias sociales, económicas y ambientales que esto conlleva.

A través de un detallado estudio sobre el macroentorno del proyecto, se obtuvo que la Región del Biobío corresponde a la segunda región más generadora de RCD, después de la Región Metropolitana, con una generación aproximada de 494.814 toneladas de RCD anuales. Estos residuos tienen un potencial de reciclaje que supera el 90% y aun así no existen competidores en el mercado de la valorización de estos residuos en la Región del Biobío.

Por esto, y considerando las modificaciones que se han hecho los últimos años en la normativa chilena asociada a la gestión de los RCD, como también al uso de materiales reciclados en el sector de la construcción, se observa un potencial segmento de clientes para Greendot e Hidronor, por lo que se plantea la implementación de una planta de valorización de residuos de la construcción y demolición (RCD) para la obtención de áridos reciclados, la cual pretende reciclar y dar salida a los RCD generados en la Región del Biobío, y para ello se aprovecharán los espacios con los que ya cuenta Hidronor en Concepción.

Los beneficios más destacables aportados por este tipo de plantas son el aprovechamiento de los residuos

tratados como material para la construcción y proporcionar a los generadores de estos residuos un lugar apto para su valorización, y así aportar a un modelo de economía circular en el sector.

Con el fin de evaluar la factibilidad económica del proyecto planteado para Hidronor, se realiza una evaluación económica en donde, a través de los criterios VAN y TIR, se pudo observar que, considerando el caso más pesimista se obtiene un VAN de \$1.077.850.155 y una TIR del 58%, lo que evidencia la alta probabilidad de éxito y viabilidad del proyecto en sus diferentes aspectos. Esto se debe principalmente al gran ahorro en costos operacionales e inversión inicial que se genera por implementar este proyecto en una empresa en funcionamiento y que, además, tiene experiencia en el rubro del reciclaje industrial.