



ESTUDIO DE DISPOSICIÓN A PAGAR PARA UN MANEJO SUSTENTABLE DE
RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN EN CHILE

GONZALO ANTONIO RAMÍREZ RODRÍGUEZ

Tesis para optar al Título de Ingeniero Civil Industrial y el Grado de Magíster en
Ciencias de la Ingeniería con Mención en Industrias

Profesora Guía: Karina Veliz Rojas

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL

Santiago, Chile

2021



ESTUDIO DE DISPOSICIÓN A PAGAR PARA UN MANEJO SUSTENTABLE DE
RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN EN CHILE

GONZALO ANTONIO RAMÍREZ RODRÍGUEZ

Tesis para optar al Título de Ingeniero Civil Industrial y el Grado de Magíster en
Ciencias de la Ingeniería con Mención en Industrias

Profesora Guía: Karina Veliz Rojas

Profesor Comisión: Felipe González Rojas

Profesor Examinador: Felipe Ossio Castillo

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL

Santiago, Chile

2021

Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría agradecer a todos aquellos que hicieron posible este proyecto de título, a la profesora Karina Veliz y a Felipe Ossio, que, sin su ayuda, esto no habría sido posible como lo vemos hoy. Gracias por guiarme con sus conocimientos para mi aprendizaje, por la dedicación y por ayudar a mantener siempre el rumbo de este proyecto.

Cuando entré a la universidad, nunca imagine el proceso de la forma en como transcurrió, dentro de este espacio conocí a personas que espero me acompañen durante mucho tiempo más en mi vida, me encariñe en nuestras similitudes y diferencias, en esos lazos invisibles que llamamos amistad. A ellas, también quiero agradecerles por el cariño que siempre demostraron, en especial a Constanza Edding y Valeria Cordova quienes me apoyaron en cada proceso del proyecto de título.

A mi familia por apoyarme en todo momento, por ser una parte invaluable de mi vida, y que sin lugar a duda se convirtió en mi pilar durante todo este proceso. A mi mamá y papá por aconsejarme sabiamente cuando lo necesite, y ayudarme a lo largo de esta travesía.

Por último, quiero agradecer a todas las personas que aportaron en mis procesos de práctica profesional, específicamente a Rubén González y a toda el área de Economía Circular del Ministerio de Medio Ambiente, por confiar en mí y en mis conocimientos, sin ellos nada de esto habría sido posible, gracias por entregarme su sabiduría y por dejarme aprender de cada uno de ustedes. Gracias a todos los que formaron parte de esta odisea finita que hemos recorrido, por hacer de este espacio un lugar de acogida y a aprendizaje, y por dejar que pudiese cumplir este sueño.

Resumen

Para fomentar el aumento de las tasas de clasificación, reciclaje y desviación de los vertederos de residuos de construcción y demolición (RCD), las economías desarrolladas del mundo han avanzado en la formación de sociedades sostenibles, innovando en nuevas tecnologías y estudios. Por esto es imprescindible poner esfuerzos en la elaboración de esquemas tarifarios y estudios para conocer la disposición de la sociedad para mejorar la gestión de los residuos de la construcción. En primera instancia se realizaron cuatro entrevistas a expertos en el área de medio ambiente o construcción, quienes respondieron sobre la base de su experiencia con respecto a la situación actual de los residuos de construcción y demolición en Chile. A su vez, se analizó a través del contingent valuation method (CVM) la disposición a pagar (DAP) para mejorar la gestión de RCD de empresas constructoras de Chile. Este estudio tiene como objetivo entregar antecedentes analíticos e información de mercado a modelos de negocio circulares no consolidados y, a su vez, información para la definición de políticas públicas en la materia como aporte a futuros desarrollos normativos. Se encuestó a la industria de la construcción de Chile y se recolectó un total de 57 cuestionarios válidos. Los resultados muestran un DAP medio para RCD inerte, no inerte, mezclado con mayor cantidad de residuos inertes y mezclado con mayor cantidad de residuos no inertes, fue de 8.77 [US \$/ton], 7.73 [US \$/ton], 7.98 [US \$/ton] y 8.22 [US \$/ton] respectivamente. Además, el costo por retiro y eliminación de residuos tiene un valor medio de 9.68 [US \$/ton]. A través del análisis de regresión, se descubrió que las variables relacionadas con el conocimiento, acciones del Estado, gestión y productividad tienen un efecto significativo en el DAP. Estos resultados proporcionan información relevante para la elaboración de políticas públicas apropiadas para abordar el problema de los residuos de la construcción y mejorar la gestión de los RCD en Chile.

Abstract

To encourage increased rates of sorting, recycling, and diversion from landfills of construction and demolition waste (C&DW), the world's developed economies have advanced in the formation of sustainable societies, innovating in new technologies and studies. As a result, it is essential to put efforts towards the preparation of landfill charging schemes and studies, to ascertain the willingness of society to improve the management of construction waste. In the first instance, four interviews were conducted with experts in the area of the environment or construction, who responded based on their experience regarding the current situation of construction and demolition waste in Chile. Moreover, the Contingent Valuation Method (CVM) analyzed the willingness to pay (WTP) to improve the C&DW management of construction companies in Chile. This study aims to provide an analytical background and market information to unconsolidated circular business models, and simultaneously provides information for the definition of public policies on the matter as a contribution to future regulatory developments. The Chilean construction industry was surveyed, and a total of 57 valid questionnaires were collected. The results show an average WTP for inert, non-inert C&DW, mixed with a greater quantity of inert waste and mixed with a greater quantity of non-inert waste, was 8.77 [US \$ / ton], 7.73 [US \$ / ton], 7.98 [US \$ / ton] and 8.22 [US \$ / ton] respectively. In addition, the cost for removal and disposal of waste has an average value of 9.68 [US \$ / ton]. Through regression analysis, it was discovered that the variables related to knowledge, state actions, as well as management and productivity, have a significant effect on the WTP. These results provide relevant information for the development of appropriate public policies that are able to address the problem of construction waste and improve C&DW management in Chile.

Índice de Contenidos

| | |
|--|------|
| Resumen..... | iv |
| Abstract..... | v |
| Índice de Tablas..... | viii |
| Índice de ilustraciones..... | ix |
| 1. Introducción..... | 1 |
| 1.1. Marco Teórico..... | 1 |
| 1.2. Estado del Arte..... | 5 |
| 2. Problemática de la investigación..... | 18 |
| 2.1. Descripción del problema a resolver..... | 18 |
| 2.1.1. Problemas detectados..... | 21 |
| 2.2. Objetivos Generales y Específicos:..... | 24 |
| 3. Metodología..... | 24 |
| 4. Hipótesis..... | 28 |
| 5. Resultados..... | 28 |
| 5.1. Disposición a pagar..... | 30 |
| 5.2. Análisis de las practicas derivadas del transporte..... | 36 |
| 5.3. Análisis de las practicas derivadas a la gestión de RCD..... | 40 |
| 5.4. Productividad - Factores estratégicos dentro de la organización..... | 43 |
| 5.5. Implicancias políticas y potenciales acciones del Estado..... | 45 |
| 5.6. Entrevistas sobre la situación actual en Chile..... | 47 |
| 6. Conclusiones y recomendaciones..... | 53 |
| Bibliografía..... | 57 |
| Anexos..... | 66 |
| Anexo 1: Encuesta de la investigación..... | 66 |
| Anexo 2: Estadísticos descriptivos de Costos y Máxima Disposición a Pagar (\$/m ³) ... | 72 |
| Anexo 3: Disposición a pagar estimada por tipo de residuo (\$/m ³)..... | 73 |
| Anexo 4: Supuesto normalidad de los datos..... | 73 |

Índice de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Planificación de RCD: (a) Incorporación de la reducción de RCD en la planificación. (b) Conocimiento de las empresas en la planificación utilizando criterios de economía circular..... | 36 |
| Figura 2. Proveedores(as) estables. (a) Organizaciones con proveedores(as) estables. (b) Tabla cruzada proveedores estables - rubro de edificación en altura..... | 37 |
| Figura 3. Destino y gestión de RCD: (a) Organizaciones que gestionan y destinan RCD en el mismo lugar. (b)Tabla cruzada destino y gestión- rubro edificación en altura. (c) Tabla cruzada destino y gestión- Región Metropolitana..... | 38 |
| Figura 4. Formalidad en el transporte de RCD: (a) Organizaciones con relación formal con empresa de transporte de RCD. (b) Tabla cruzada formalidad en el transporte de RCD - Región Metropolitana. (c) Tablas cruzadas formalidad en el transporte de RCD – rubro edificación en altura..... | 39 |
| Figura 5. Responsabilidad del destino de RCD: (a) Empresas que creen que las organizaciones deben tomar la responsabilidad del destino final. (b) Empresas que creen que el mandante debe tomar la responsabilidad del destino final..... | 40 |
| Figura 6. Sistema de gestión ambiental: (a) Organizaciones con sistema de gestión ambiental. (b) Tabla cruzada sistema de gestión ambiental - Región Metropolitana..... | 41 |
| Figura 7. Certificación Ambiental: (a) Organizaciones con certificación ambiental..... | 41 |
| Figura 8. Clasificación de RCD: (a) Organización que separa los residuos inertes de los no inertes. (b) Tasas de clasificación de las organizaciones..... | 42 |
| Figura 9. Recolección de RCD: (a) Recolección de las organizaciones. (b) Tabla cruzada entre la recolección y empresas del rubro de edificación en altura..... | 42 |
| Figura 10. Potenciales acciones del estado. (a) Impuesto asociado a la actividad de construcción. y (b) Impuesto asociado a la actividad inmobiliaria..... | 46 |
| Figura 11. Responsabilidad de Estado. (a) Existencia de infraestructura para la disposición final de RCD, (b) Empadronamiento de transportistas autorizados. (c) Garantizar el transporte legal de RCD..... | 47 |

Índice de Tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Características de las personas encuestadas y sus organizaciones de pertenencia | 29 |
| Tabla 2: Estadísticos descriptivos de Costos y Máxima Disposición a Pagar..... | 30 |
| Tabla 3: Disposición a pagar estimada por tipo de desperdicio | 32 |
| Tabla 4: Disposición a Pagar por RCD, estudios internacionales..... | 34 |
| Tabla 5: Influencia de factores en la estrategia comercial y de operaciones de la organización. | 44 |
| Tabla 6: Factores que motivan a la organización a implementar acciones de prevención, separación y gestión diferenciada de RCD. | 45 |

Índice de ilustraciones

| | |
|---|----|
| Ilustración 1: Jerarquización de la Gestión Integral de Residuos Sólidos, Fuente: Instituto Nacional de Normalización (Chile) | 4 |
| Ilustración 2: Grafica de la encuesta difundida..... | 26 |

1. Introducción

1.1. Marco Teórico

Durante los últimos años las políticas gubernamentales han prestado especial atención al concepto de sostenibilidad asociada a los proyectos de construcción, haciendo esfuerzos por disminuir los impactos ambientales de los mismos y por realizar una mejor y más eficiente gestión de los recursos. El diseño de proyectos sostenibles requiere un cambio de paradigma, logrando que su desarrollo no sea sinónimo de desperdicio, mal uso y desecho sin control, sino más bien que reemplace ciclos de producción lineales por ciclos circulares (Bedoya, 2011). Se requiere desarrollar procesos que reduzcan la cantidad de material necesario para la construcción de edificios y que reincorporen sus residuos al sistema para así reducir los residuos resultantes de dicha actividad.

Dentro de todos los residuos sólidos que se generan, se encuentran los Residuos de Construcción y Demolición (RCD), que según la Norma Chilena 3562, se definen estos como residuos peligrosos o no, que se generan en obras de construcción y/o demolición y cuyo generador elimina o tiene la intención u obligación de eliminar de acuerdo con la legislación vigente (NCh 3562:2019). Estos son combinaciones entre residuos inertes y no inertes (Mahpour c.p Zheng et al., 2017) que forman parte de entre un 30% y un 40% de todos los residuos sólidos que se generan. Esto insta a la industria de la construcción como la responsable de la generación y producción del flujo de residuos más grande del mundo (Ding, Yi, Tam, & Huang, 2016; Marzouk & Azab, 2014), por otro lado, su tasa de recuperación no supera el 30% a nivel mundial (Ruiz, Ramon & Domingo c.p Agenda, 2016).

La cantidad generada de RCD dependen netamente de la variación de las actividades de construcción que se hayan empleado (Ding, Yi, et al., 2016), por lo tanto, si este rubro está dentro de las actividades económicas principales del país, es necesario establecer medidas que ayuden a reducir esta cantidad, con el fin de prevenir su disposición final en vertederos. A medida que no se tomen decisiones que ayuden a controlar la generación de RCD, los problemas ambientales, sociales y económicos aumentarán.

Los residuos de construcción y demolición se han vuelto una preocupación pública a nivel mundial, estudios han demostrado que la disposición en vertederos provoca un desperdicio de recursos. Además, impactan de forma negativa el medio ambiente, contaminando el agua y deteriorando la integridad de suelo, lo que conduce a cambios en el entorno natural vegetal y ecosistema, incrementando la concentración de nitratos, afectando a las localidades aledañas de sitios donde se dispone inadecuadamente (Ding, Yi, et al., 2016). Asimismo, la ineficiencia de los procesos productivos en el área de la construcción provoca que aumente el consumo de materias primas, los cuales tienen también sus propios efectos sobre el medioambiente (Juan-Valdés et al., 2020).

En términos sociales, la disposición ilegal afecta directamente a la calidad de vida de los habitantes de sectores vulnerables, afectando sobre todo a espacios públicos y privados. Sus principales impactos se dan en los suelos, provocando problemas urbanísticos, impacto visual y creación de plagas e infecciones. Dentro de estos problemas, los vertederos ilegales son los causantes de la inestabilidad del suelo, logrando un desprendimiento de tierra, riesgo de incendios y catástrofes que dañan la salud pública (Corporación de Desarrollo Tecnológico de la CChC, 2020).

Económicamente, la generación de RCD representa un gasto y consumo de recursos humanos y económicos para producir y trasladar estos residuos a su disposición final, en promedio un metro cúbico de RCD tiene un costo asociado de 50 mil pesos chilenos (J. Bravo, Valderrama, & Ossio, 2019).

La economía lineal enfocada en producir, consumir y desechar provoca que la contaminación atmosférica, del aire, del agua, el uso inadecuado del suelo y el cambio climático sean problemas que se acrecientan cada vez más, afectando tanto a la calidad de vida como al medio ambiente (Ellen Macarthur Foundation, 2017). Es por esto, que la presente situación se ha mirado y abordado de distinta forma en el mundo, entendiendo la importancia de la Economía Circular, donde la prevención, reutilización y reciclaje son los principales enfoques para reducir la acumulación de residuos en vertederos y así progresar a una economía responsable con el medio ambiente (Li et al. c.p Cordella & Kaps, 2018).

Para integrar la economía circular dentro del rubro de la construcción y así generar estrategias y política públicas, se deben realizar prácticas de gestión de RCD guiadas por el principio de las “tres R”: reducción (prevención), reutilización y reciclaje (Huang et al., 2018), su adopción garantiza el uso compatible de los materiales de construcción con los recursos de una región en específico (Sieffert, Huygen, & Daudon, 2014).

Las medidas que se deben impulsar deben incorporar conceptos claves como lo son el manejo y la gestión. Por un lado, el manejo se entiende como acciones tales como recolección, almacenamiento, transporte, pretratamiento y tratamiento. Y por otro lado, la gestión son operaciones de manejo referidas a residuos como la planificación, normativas, administrativas, financieras, organizativas, educativas, evaluación, de seguimiento y fiscalización (Corporación de Desarrollo Tecnológico, 2018).

La gestión se utiliza como una herramienta que pretende cambiar el modelo económico lineal en el cual vivimos, con el objetivo de minimizar los volúmenes de RCD generados, optimizando stock, flujos de materiales, energía y residuos, enfocándose en un uso eficiente de las actividades y/o acciones operativas de RCD (Corporación de Desarrollo Tecnológico, 2018).

Por otra parte, el manejo de RCD se realiza tanto al interior como al exterior de la obra, estas tareas deben ser tratadas continuamente y de forma planificada, cumpliendo normativas y legislaciones vigentes. Al interior de la obra se realizan actividades como generación, recolección, almacenamiento y traspaso. Mientras que al exterior de la obra se realizan transporte, disposición final y declaración de residuos. Este último, fue incorporado hace poco, mediante la nueva ley promulgada el año 2013 donde se establece un reglamento de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes RETC (Corporación de Desarrollo Tecnológico, 2018).

Las acciones que se deben realizar para un manejo y una gestión eficiente de los recursos deben ir sujetos al siguiente orden según su jerarquía: Prevención,

reducción, reutilización, reciclaje, valorización energética y disposición final (Huang et al., 2018).

Ilustración 1: Jerarquización de la Gestión Integral de Residuos Sólidos, Fuente: Instituto Nacional de Normalización (Chile)



Las políticas, planes o programas se han utilizado como una herramienta de mitigación medioambiental, con la intención de prevenir y controlar los impactos negativos que se producen, satisfaciendo las necesidades de la sociedad y promoviendo un desarrollo sustentable. Esto permite llegar a compromisos y acuerdos dentro de un rubro en específico, logrando que las partes interesadas de la industria convivan en un entorno amigable con el medio ambiente.

Trabajar hacia una gestión y manejo sostenible de RCD, es hoy en día una necesidad debido a la situación en la que vivimos. Los avances tecnológicos y la aplicación de nuevos modelos económicos ayudan a impulsar medidas que contribuyen con el uso eficiente de los recursos. La industria de la construcción no puede abstenerse a estos cambios, ya que en nuestra sociedad es un rubro trascendental, por lo tanto, es fundamental integrar la sustentabilidad dentro de él, esperando lograr un próspero y más saludable futuro.

En el presente documento se estudiará analíticamente el comportamiento de las empresas constructoras en Chile, con la intención de obtener información relevante de mercado y de uso público, como la disposición monetaria a pagar por servicios de recolección segregada de distintos tipos de RCD. Con ello se podrá entregar antecedentes analíticos e información de mercado a modelos de negocio circulares

no consolidados e información para la definición de políticas públicas en la materia como aporte a futuros desarrollos normativos.

En primer lugar, se abordarán los motivos de la importancia de la realización de esta investigación, considerando las temáticas principales que sitúan a los RCD como unos de los principales contaminadores a nivel nacional y mundial, demostrando que la aplicación de ciencias de la ingeniería puede ser utilizadas como una herramienta que impulse nuevas modalidades enfocadas en la Economía Circular. Esto a través precisar las variables significativas que determinan la disposición a pagar de las empresas constructoras en Chile.

Luego, se profundizan los principales conceptos tales como: gestión de residuos, economía circular, valorización de RCD, disposición a pagar, situacional internacional y nacional de RCD. Posteriormente se explica el conjunto de métodos que se siguieron en la investigación de principio a fin, con las acciones cometidas durante todo el trabajo que se llevó a cabo.

Finalmente, a base de todo lo descrito es que se pretende establecer el cumplimiento del objetivo general planteado al comienzo del proceso investigativo, exponiendo a su vez los resultados obtenidos y sus respectivas conclusiones. Los que enmarcan la información y antecedentes analíticos expuestos que aporten a la ejecución de políticas públicas, planes y/o acciones privadas apropiadas que puedan abordar el problema de los residuos de la construcción y mejorar la gestión de los RCD en Chile.

1.2. Estado del Arte

La gestión sostenible de RCD ha sido investigada por muchas personas y organizaciones competentes, para solucionar y/o mitigar los efectos negativos que traen estos residuos a nuestra sociedad y medio ambiente. Por estas razones se ha vuelto una necesidad reducir la cantidad generada de RCD, aumentando las tasas de valorización (Ding, Yi, et al., 2016) y cambiando la visión actual en el percibir y pensar de los residuos, es decir, transformar el pensamiento de “basura o desecho” a “residuos y recurso”(Ministerio de Medio Ambiente, 2016).

Para ello el concepto de Economía circular es fundamental, ya que ayuda a minimizar la cantidad de residuos y el uso de recursos, permitiendo utilizar estos RCD como insumos y disminuyendo la disposición final en rellenos sanitarios u otro lugar donde se deposite de manera final los residuos (Ministerio de Medio Ambiente, 2016). Existe un manejo jerárquico en el manejo y gestión de RCD que estipula el orden de las acciones que se deben realizar para minimizar los residuos de la mejor manera (Ministerio de Medio Ambiente, 2016).

Esta se inicia con la prevención, que es el conjunto de acciones que reflejan un cambio en los hábitos de consumo. En el rubro de la construcción, la acción más importante es la planificación de los diseños de edificación (ecodiseño, coordinación modular, estandarización de productos y materiales de construcción), considerando el ciclo de vida y procurando la reducción de RCD. Lo anterior debe ir acompañado con reglamentación y normas técnicas que permitan la ejecución de estas acciones (Ministerio de Medio Ambiente, 2016; Comité Consultivo Público de la Mesa Interministerial, 2020).

Luego de la prevención, viene la valorización, esta contiene, en orden de importancia, la reutilización, reciclaje y valorización energética, las primeras dos son acciones que principalmente le otorgan un valor a los residuos para los procesos productivos, utilizándolos como materia prima o insumos, por otro lado la valorización energética es un acto donde se aprovecha el poder calorífico del residuo para generar energía y/o calor, esta medida genera fracciones de escorias o humos inutilizables que no pueden ser reciclados ni reutilizados nuevamente (Ministerio de Medio Ambiente, 2016).

En el último escalafón de la pirámide invertida se encuentra la eliminación de residuos o disposición final, es decir, es todo procedimiento cuyo objetivo es disponer en forma definitiva o destruir un residuo en sitios como basurales, vertederos y rellenos sanitarios (Corporación de Desarrollo Tecnológico, 2018; Ministerio de Medio Ambiente, 2016)

El constante uso de la disposición final, han incentivado a estudiar acciones para prevenir la cantidad de estos residuos en vertederos y además aumentar la productividad en el rubro de la construcción. Las principales dos acciones para la reducción de RCD y el aumento en las tasas de valorización son dos, la gestión de materiales en obra y la clasificación en obra, para la primera se establecen medidas como la gestión de materiales en el sitio, la gestión del personal, las tecnologías de bajo desperdicio para reducir la generación de desperdicios desde la etapa de planificación inicial y la reutilización de material desechado en obra (Ding et al., 2016; Li, Zuo, Cai, & Zillante, 2018).

Si estas medidas de prevención fuesen concretadas en el rubro nos encontraríamos con varios beneficios. Uno de ellos es la reducción de hasta un 27,05% en la generación de residuos, lo que también podría llegar a provocar una disminución de un 53,77% de la capacidad del relleno sanitario (Ding, Yi, et al., 2016).

A su vez, la clasificación en obra mejora la segregación de los residuos y actúa como una herramienta previa para poder valorizar a estos residuos de manera exitosa (Li, Zuo, Wang, He, & Tam, 2020), sin embargo, esta tiene un alto costo y limitaciones en obras para realizar la clasificación. Para promover las medidas de clasificación es necesario establecer regulaciones y/o aumentar costos o tarifas para la disposición final (Li et al., 2010).

Es importante enfatizar que para una exitosa prevención de RCD se debe fomentar la clasificación, la conciencia de las partes interesadas (empresas constructoras, servicios ambientales, transportes de residuos, municipalidades etc), fortalecer la supervisión gubernamental y controlar la creación de vertederos ilegales (Ding, Yi, et al., 2016). En China los bajos costos de eliminación, las fallas en el diseño de edificación estándar, sumado a la ineficiente planificación urbana, ha interrumpido la óptima prevención de RCD (Huang et al., 2018). Para la reducción en sitio, es necesario tener una regulación adecuada y beneficios impulsados por el mercado (Jaillon, Poon, & Chiang, 2009).

Actualmente el concepto de reciclaje de RCD es declarado según su impacto ambiental, como la alternativa más sana para tratar y eliminar los residuos de construcción y demolición, sobrepasando la incineración y el relleno sanitario (Marzouk & Azab, 2014), a esto también se le agrega los beneficios económicos, ambientales y sociales que trae consigo (Zhang et al., 2018). Esta medida permite reducir la cantidad de desechos en vertederos y disminuye el daño ambiental generado por la explotación de materias primas, estableciéndose como la principal acción acorde con el principio de Economía Circular (Ghisellini, Ripa, & Ulgiati, 2018). Si bien la inversión inicial puede llegar a ser alta, la recuperación de esta misma se estima en aproximadamente dos años (Coelho & Brito, 2013).

Este concepto fue propuesto por primera vez luego de la segunda guerra mundial, en 1946, Gluzhge propuso el reciclaje enfocado en hormigón desechado, utilizando los escombros generados por la guerra (Huang et al., 2018).

Actualmente se puede llegar a reciclar desde un 50% a un 90% de los RCD (Zhang et al., 2018). Los productos con mayor porcentaje de reciclabilidad son el hormigón, la mampostería, desechos de mortero y cerámica. Estos materiales representan aproximadamente un 90% de los RCD en China (Marzouk & Azab, 2014). A los RCD se les puede dar diferentes usos, como material de relleno de tuberías, bases de carreteras, se puede crear cemento o cumplir la función como sustituto de este para producir mortero (Wu et al., 2016).

Para ejecutar la acción de reciclaje, existen plantas de reciclaje, estas tienen una respectiva eficiencia que depende netamente de la tecnología y el nivel de segregación de residuos, que normalmente funcionan con maquinaria automática de trituración móvil que realizan las actividades de separación y transporte con separadores magnéticos y cintas transportadoras. A medida que mejora la tecnología de estas plantas, las técnicas de separación y clasificación se vuelven más rigurosas (Galán, Viguri, Cifrian, Dosal, & Andres, 2019).

Medioambientalmente el reciclaje tiene varias ventajas, disminuye la extracción de materias primas en ríos y costas, también minimiza la trituración de rocas para la

producción de arena, lo que ayuda a mitigar el calentamiento global ya que disminuye las emisiones de monóxido de carbono, por último, ayuda a evitar el vertido ilegal de RCD (Wu et al., 2016).

Sin embargo, para realizar bien el reciclaje, se debe tener en cuenta el conocimiento de las fuentes de generación de residuos, planificar la ubicación de las plantas y mejorar la gestión de RCD en términos de tecnología y mercado. También, generar investigaciones que promuevan estas acciones, generarán grandes cambios en las tasas de la tasa de reciclaje y el interés del mercado (Wu et al., 2016). Y como se dijo anteriormente tratamientos como el reciclaje necesitan de una exitosa clasificación en sitio (Dupré, 2014; Tam & Tam, 2007).

Como herramienta para aumentar la tasa de reciclaje y clasificación, se han implementado políticas de incentivos económicos, tales como impuestos y tarifas que se determinan incorporando las opiniones de los principales actores en la generación de RCD. Los estudios de disposición a pagar incorporan este factor humano, brindando información fundamental para definir políticas públicas, estimar beneficios y otorgarles valor a los servicios ambientales. Incluso, estos estudios permiten determinar la situación actual del país, es decir, si están o no en una posición favorable para la ejecución de una política pública (Li et al., 2020; Begum, Siwar, Pereira, & Jaafar, 2007; Li, Zuo, Guo, He, & Liu, 2018).

Para establecer la disposición a pagar de las partes interesadas, se utiliza un método de valorización contingente, que consiste en una encuesta que no necesariamente debe ser presencial, este procedimiento es el más utilizado para estimar beneficios de bienes y servicios ambientales, debido a que crea realidades hipotéticas, que ayudan a obtener la voluntad o el interés a pagar de las personas (Afroz & Masud, 2011), que sirve como punto de partida y como valor teórico ideal para definir política pública, estimar beneficios, valorizar bienes y servicios ambientales (Begum, Siwar, Pereira, & Jaafar, 2007; Lu, Peng, Webster, & Zuo, 2015).

La finalidad de estos estudios puede variar según el resultado que se quiera obtener, en particular para los RCD, se han realizado investigaciones específicas para la eliminación de estos residuos, develando el punto de inflexión en el cambio de comportamiento de las partes interesadas con el manejo de los RCD (Li et al., 2020).

Los análisis estadísticos develan los factores significativos que determinan el monto que se está dispuesto a pagar, acompañado con las sugerencias e implicaciones políticas que podrían estar presentes para una mejora en la gestión de RCD (Begum et al., 2007). El valor máximo que se está dispuesto a pagar para un servicio o bien, representa la magnitud de sus prioridades por dicho beneficio (Begum et al., 2007; Basili, Di Matteo, & Ferrini, 2006).

Los resultados de estos estudios han permitido obtener una correlación entre la disposición a pago y variables asociadas a características socioeconómicas y escenarios de clasificación, como: tipo de empresa, años de experiencia en la construcción, categoría de tamaño de los contratistas, capital pagado, frecuencia de recolección de desechos existentes, prácticas de reducción de fuentes y niveles de satisfacción con respecto a los existentes de recolección (Begum et al., 2007). Además, existe una fuerte relación entre las políticas, regulaciones, comportamiento de las empresas con respecto a la reducción de RCD, gestión en obra e impactos ambientales (Ding, Yi, et al., 2016).

A menudo se considera que los bajos costos de eliminación de residuos son los responsables de impedir una exitosa prevención, reutilización y reciclaje de residuos en sitios de construcción, por lo que las empresas han estado dispuestas a estandarizar tarifas, precios o costos de eliminación y tratamientos de RCD en distintas partes del mundo (Li, Zuo, Guo, et al., 2018). Sin embargo, es importante mencionar que en Hong Kong hubo un aumento de vertido ilegal al implementar una tarifa estándar para la disposición final de RCD, por lo que es necesario realizar estas medidas contemplando la situación a nivel nacional, además de considerar un periodo de adaptación natural (Li et al., 2020).

Si bien las empresas presentan un comportamiento reactivo en las encuestas para la clasificación, en países como Malasia, el 68% de las empresas encuestadas tienden a estar dispuestas a pagar por un servicio de recolección y eliminación de RCD (Begum et al., 2007). Es importante mencionar que los valores que se obtienen como DAP, varían según el nivel de desarrollo del país y su situación socioeconómica (Li et al., 2020).

La industria de la construcción a nivel mundial ha tenido efectos nocivos en el medio ambiente que se reflejan con la cantidad de residuos generados en el rubro (Begum et al., 2007). Es más, las actividades de construcción y demolición son consideradas como los mayores productores de desechos sólidos a nivel mundial y el mayor consumidor de materias primas y energía (Galán et al., 2019; Marzouk & Azab, 2014).

Países como China, España, Alemania, Holanda y la nación del Reino Unido han incorporado cambios hacia una economía de bajo carbono y alto reciclaje para una gestión ambiental y ellos reconocen que esta transición es la más dramática por sobre la revolución industrial (Wang, Li, & Tam, 2015).

En Europa, la construcción es uno de los rubros más activos y grandes en el continente (Galán et al., 2019), el 2008, la Directiva del Marco de Residuos de la Unión Europea (DMA), estableció una meta mínima para el año 2020, la cual significaba tener una tasa de reciclaje de RCD no peligroso de un 70% (UE, 2008). Estas medidas tomadas por la DMA fortalecen y ayudan a impulsar como medida principal la prevención de residuos, denotándola como el enfoque con mejores resultados y la más preferible a usar (Ghaffar, Burman, & Braimah, 2020).

En la Unión Europea (UE) el 2016 se pudo obtener una tasa de recuperación de un 90%, sin embargo en países como Malta, España, Eslovaquia, Chipre y Polonia el tipo de reciclaje donde se obtuvo un mayor porcentaje fue en la conversión a material de calidad inferior (Deloitte, 2017; Ferriz-Papi & Thomas, 2020; European Commission, 2018).

Las políticas establecidas por la UE enfocadas en el reciclaje han permitido disminuir notablemente la cantidad de RCD generado y vertido en basurales o relleno sanitarios. Para ello se ejecutaron herramientas usadas por las partes interesadas como: estado de fin de residuos (EoW) ; Reglamento de Productos de Construcción (CPR); y la Declaración Ambiental de Producto (EDP). Parte del éxito de estas medidas, es tener un constante conocimiento local sobre la recuperación y/o reciclaje que se puede llegar a tener de RCD (Galán et al., 2019).

Las cifras que se manejan en la UE es que para el 2008 se generaron 859 millones de toneladas (Gangoellés, Casals, Forcada, & Macarulla, 2014) y el 75% de estos residuos fueron llevado a disposición final, sin embargo, hay países que lograron sobresalir de esta realidad, por ejemplo, países como Dinamarca, los Países Bajos y Bélgica alcanzaron a tener un reciclaje de un 80% (Galán et al., 2019).

Por otro lado, en otros países o naciones se han implementado diversas estrategias para aumentar la tasa de reciclaje y clasificación, ejemplo de ello es el Reino Unido, quienes implementaron estrategias, con el objetivo de reducir, reutilizar y reciclar los residuos con el estudio (European Commission, 2011; Ghaffar et al., 2020). Además de promulgar normativas como el Reglamento de Residuos (Inglaterra y Gales) 2011 y más en específico para la industria de la construcción, la Estrategia de Construcción Sostenible que establece objetivos generales para desviar RCD de los vertederos (Ghaffar et al., 2020).

La situación en el Reino Unido, si bien ha ido mejorando con un porcentaje de recuperación de un 89,9% (López Ruiz et al., 2020), la realidad es que actualmente la disposición final sigue siendo la acción más usual para el manejo de RCD. Para el año 2013, del total de los residuos generados, el 44% fue por la industria de la construcción, un año más tarde se contabilizó un total de 59 millones de toneladas de RCD generados en la nación insular del noroeste de Europa (Ghaffar et al., 2020),

En China se implementaron esquemas tarifarios (Lu & Tam, 2013), mediante estudios y políticas públicas, que lograron reducir significativamente la cantidad de

RCD en vertederos y aumentar la tasa de reciclaje y valorización (Ding, Yi, et al., 2016). De todas formas, la cantidad de RCD generado en estos países es preocupante, en primer lugar por la rápida y expansiva urbanización en las ciudades, particularmente en las capitales o ciudades comerciales, que han contribuido a un mayor uso de recursos o materias primas no renovables, lo que ha significado en un aumento en la generación de RCD (Wu et al., 2016).

En China se producen 1.500 millones de toneladas al año, con una tasa de recuperación de un 5% (Huang et al., 2018), no obstante, la situación de estos países ha ido mejorando paulatinamente. En Hong Kong, se pudo corroborar una disminución de 70 toneladas durante la primera mitad de la última década gracias a los estudios y estrategias gubernamentales realizadas para el rubro de la construcción (Lu & Tam, 2013).

En Estados Unidos en el 2016 se generaron 534 millones de toneladas (US Environmental Protection Agency, 2016), Francia, España y Alemania tienen una tasa de recuperación de 47,5%, 37,9% y 34% respectivamente (López Ruiz et al., 2020). En Malasia se ha podido detectar que gran porcentaje de las empresas constructoras muestran respuestas positivas para la gestión circular de los residuos (Begum et al., 2007).

En Chile para el 2050 el 93% de la población va a vivir en la ciudad (ONU, 2016), lo que significa una mayor demanda para el rubro de la construcción y que se expresa año a año con un aumento de los permisos de edificación autorizados, actualmente la mayoría (83%) de las construcciones son en altura (Corporación de Desarrollo Tecnológico, 2018).

El aporte del rubro es del 7,1% del Producto Interno Bruto (PIB), y 8,5% de los empleos son de la construcción (CChC, 2016). Son aproximadamente 30 mil empresas dedicadas al rubro, de las cuales el 90% de ellas son pymes que aportan el 34% de la facturación (Comité Consultivo Público de la Mesa Interministerial, 2020). Si bien actualmente el país vive circunstancias difíciles en términos

económicos, producto de una crisis sociopolítica y posterior pandemia, se prevé un crecimiento del PIB entre un 1,7 y 2% entre 2020-2029 (Lagos & Leyton, 2020).

En nuestro país, entre el 2002 y 2018 se generaron entre 30 a 50 millones de m^3 de toneladas de RCD (Ossio, F.; Molina-Ramírez, J., Schmitt, C. y Larrain, 2020), se estima por año una generación de 7 millones de toneladas. La Región Metropolitana representa un 31% del total nacional. Además, se deben agregar los residuos generados por desastre naturales (más aun en un país donde estos acontecimientos suceden a menudo), el Ministerio de Medio Ambiente estima que solo para el terremoto del año 2010, se generaron 20 millones de toneladas de RCD (MMA, 2020).

Todos estos residuos de construcción son depositados en su mayoría en sitios no autorizados (humedales, orillas de ríos, piscinas aluvionales, quebradas, zonas con patrimonio arqueológico, sitios con valor ambiental, histórico o cultural), causando impactos ambientales, sociales y económicos importantes, relacionados a la formación de vertederos ilegales, daño a ciudades, ecosistemas naturales y problemas de salud, provocando un mayor gasto público y empeorando los procesos productivos (Comité Consultivo Público de la Mesa Interministerial, 2020).

Dentro de las normativas más actuales e importantes se encuentra el Decreto Supremo N°148, promulgada el 2004 por el Ministerio de Salud, que decreta reglamento sanitario para el manejo seguro de residuos peligrosos, también el Decreto Supremo N°189 promulgada el 2008 por el Ministerio de Salud que regula las condiciones sanitarias y de seguridad básicas en los rellenos sanitarios, el 2013 el Ministerio de Medio Ambiente promulgó el DS N°1, que establece un reglamento de registro de emisiones y transferencia de contaminantes RETC, para el 2015 el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones promulga la Ley N°20.879, en la cual sanciona el transporte de desechos hacia vertederos clandestinos, en bienes nacionales de uso público o en la vía pública y por último el año 2016 el Ministerio de Medio Ambiente promulga la Ley N°20.920, que establece un marco para la

gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento del reciclaje (Corporación de Desarrollo Tecnológico, 2018).

En entrevistas realizadas por la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT), a empresas constructoras, se pudo encontrar brechas importantes en términos de conocimiento de la normativa, separación de residuos en origen, industrialización y en relaciones con agentes externos (como transportistas o municipalidades). Principalmente las empresas del rubro no tienen un apto conocimiento normativo sobre las institucionalidades competentes, también el trabajo de separación de residuos es por lo general externalizado a empresas encargadas de la disposición final, esto debido al poco espacio y la falta de incentivos para la segregación, por otro lado, no se observan actitudes que fomenten el diseño industrializado que permitiría reducir los residuos en gran magnitud, por último, existen pocos transportistas autorizados para trasladar residuos y los municipios no son partícipes ni en la gestión con empresas constructoras ni en la ejecución de multas (Corporación de Desarrollo Tecnológico, 2018).

De una encuesta a 40 empresas constructoras realizada por la CDT (2018), se obtuvo los siguientes resultados, el 58% de los encuestados no tienen conocimientos sobre la ley N° 20.879 (que Sanciona el Transporte de Desechos hacia Vertederos Clandestinos) y N° 20.920 (Marco para la Gestión de Residuos la Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje), el 50% de los encuestados no utiliza el Sistema Nacional de Declaración de Residuos, el 38% no realiza segregación de residuos en obra, el 67% no cuenta con capacitaciones relacionadas a la gestión de residuos en obra, 63% no cuenta con actividades de reutilización y por último, bajo la pregunta de qué aspectos que atentan contra el manejo adecuado de RCD, el 73% indicó que por desconocimiento del tema, 58% por falta de espacio y el 40% por falta de recursos (Corporación de Desarrollo Tecnológico, 2018).

Una de las principales causas relacionadas a la generación de RCD es la escasa valorización, es más, las municipalidades reportan que el 1,9% de los residuos no peligrosos son valorizados, el resto es eliminado (MMA, 2019). Además, con un

mercado poco competitivo, bajas fiscalizaciones y fallas del Estado en esta temática, se generan brechas estratégicas que provocan una realidad dispar, ya que la eliminación forma parte considerable del presupuesto municipal (Chamizo-González, Cano-Montero, & Muñoz-Colomina, 2018).

El porcentaje de toneladas valorizadas en el año 2017 y declaradas en RETC es de un 8,4%, el resto es eliminada (Comité Consultivo Público de la Mesa Interministerial, 2020), además, la declaración bajo el capítulo 17 del código LER, indican que se declaró para el 2018 apenas un 7% de lo estimado (MMA,2020).

Los índices de generación anual y los factores de riesgo de disposición ilegal indican que en Chile hay 134 comunas generadoras, 200 comunas receptoras y 79 comunas que, si bien son generadoras, tiene un riesgo asociado a su disposición final ilegal (Ossio, F.; Molina-Ramírez, J., Schmitt, C. y Larrain, 2020).

La hoja de Ruta de RCD, generada por el Comité Consultivo Público de la Mesa Interministerial, pretende incorporarse como una política de Estado que impulse la gestión eficiente y responsable de los recursos en el rubro de la edificación e infraestructura, en el marco de una economía circular. Su principal objetivo es alcanzar una gestión ambientalmente racional de los residuos, impactando positivamente en los ámbitos social, ambiental y económico.

La presente investigación se enmarca dentro de los cinco ejes estratégicos generados y conformado por el comité intersectorial que expresan a continuación; planificación territorial e infraestructura sustentable para la valorización y eliminación de RCD, coordinación y alineamiento público para la fabricación de procesos, procedimientos y regulación, cadena de valor, diseño, construcción, valorización y eliminación responsable, Información e indicadores para el desarrollo de mercados, iniciativas públicas e innovación y restauración de pasivos ambientales y de riesgo.

Las capitales y/o grandes ciudades son los grandes generadores de RCD en un país y en Chile no es la excepción, para el 2019, las comunas donde se

construyeron más de 200 m² fueron 11 (Ñuñoa, Peñalolén, La Florida, Santiago, Temuco, La Cisterna, Concepción, Padre Hurtado, Viña del Mar, Lo Barnechea y Las Condes) y de esas, 8 son de la Región Metropolitana (Ramírez, Silva, & Ossio, 2019).

En la Región Metropolitana hay 12 empresas que representan la mitad de los permisos de edificación de la región, de estas, la gran mayoría está concentrada en comunas como Ñuñoa, Providencia, Santiago y las Condes, con una participación de 14%, 10%, 10% y 8% respectivamente (Corporación de Desarrollo Tecnológico, 2018).

En la Región Metropolitana hay 73 grandes basurales trabajando de forma ilegal (Ministerio de Medio Ambiente, 2017), y en su gran mayoría estos están en comunas de la periferia y de menores ingresos, las cuales deben gastar de sus recursos económicos en el retiro y limpieza de estos materiales, por ejemplo, en el caso de Puente Alto, deben invertir 2,5 veces en limpiar los escombros por sobre la inversión que realiza anualmente esta comuna en áreas verdes (Soto, 2019). Marcel Szanto, investigador de la U. Católica de Valparaíso en el área de residuos, señala que el 80 % de estos residuos son producto de la actividad de construcción (Fundación Terram, 2017).

Los botaderos de escombros o sitios de escombros de la construcción operan con autorización sanitaria y/o permisos municipales. En nuestro país, nueve regiones no cuentan con lugares para disposición autorizada de escombros.

Actualmente, según el catastro hecho (SUBDERE, 2018), se identificaron 123 sitios de disposición final, 97 centros de acopio, 64 puntos limpios y 5.294 puntos verdes para residuos sólidos. Por otro lado, los RCD se vierten en distintos tipos de sitios, en Chile se identificaron 215 clasificados de la siguiente forma: vertederos, basural, estación de transferencia, relleno sanitario, relleno manual, relleno de seguridad, monorelleno y sitios de escombros de la construcción. Para este último solo se identificaron 47 lugares en todo Chile, dentro de los cuales el 60% no tiene un reglamento de sanidad (MINVU, 2019).

Las empresas constructoras terminan siendo partícipes y actores fundamentales en la generación de RCD, por lo que entender su comportamiento es clave para la implementación de medidas de reducción de residuos. Investigaciones han estudiado la efectividad de entender este factor humano sobre la conciencia ambiental que tiene todas las empresas generadoras de RCD (Li, Zuo, Cai, et al., 2018).

El código de buenas prácticas establece que los socios de la Cámara Chilena de la Construcción deberán cumplir con obligaciones para la prevención y protección del medio ambiente. Se observan actividades y medidas para mitigar las emisiones de GEI u otros contaminantes atmosféricos, ruidos y generación de residuos (MINCETUR, 2018).

En conclusión, este proyecto de título va a abordar la problemática de valorización y/o tratamiento de RCD, enfocado en la factibilidad para el desarrollo de proyectos ambientales públicos o privados y desarrollo de políticas públicas en la materia, enmarcado en el camino definido por los ejes estratégicos del comité intersectorial y aportando en 3 de los 17 objetivos planteados por la Organización de las Naciones Unidas creados para desarrollar un mundo más sostenible y resistente al cambio climático (ONU, 2015).

- Objetivo N°9 Industria innovación e infraestructura
- Objetivo N°11 Ciudades y comunidades sostenibles
- Objetivo N°12 Producción y consumo responsable

2. Problemática de la investigación

2.1. Descripción del problema a resolver

Las constantes prácticas ejecutadas por las empresas constructoras en la labor de gestión y manejo de RCD provocan que, en Chile, y en el mundo, existan diversos problemas ambientales, sociales y económicos. Con respecto a la generación de RCD se sabe que por cada metro cuadrado construido en Europa se genera entre 0,14 y 0,15 metros cúbicos de residuos, bajo el mismo procedimiento en Chile se genera 0,26 metros cúbicos de RCD por cada metro cuadrado construido (MMA,

2020). Mirando desde otra perspectiva, en Chile cada vez que se construye un edificio de 20.000 metros cuadrados se están generando y enviando a disposición final aproximadamente 26 viviendas de 200 metros cúbicos. Utilizando este mismo estándar, en Chile en los últimos 8 años se han generado un equivalente a 19,3 cerros santa lucía, sin tomar en cuenta los residuos generados por catástrofes naturales y antrópicos.

Los problemas surgidos producto de las prácticas realizadas en la gestión de RCD tienen un enfoque social, económico y medioambiental. Los impactos asociados de RCD se observan en la disposición ilegal, que provocan problemas urbanísticos, impacto visual y creación de plagas e infecciones que afecta directamente a la calidad de vida de los habitantes de sectores vulnerables. Por otro lado, la generación de RCD representa un gasto y consumo de recursos humanos y económicos para producir y trasladar estos residuos a su disposición final. En promedio un metro cúbico de RCD tiene un costo asociado de 50 mil pesos chilenos.

Los impactos sociales generados por la disposición ilegal de RCD, tales como la inestabilidad del suelo, creación de plagas e infecciones, riesgo de incendios y catástrofes naturales, son producto del vertido ilegal que termina en espacios públicos como calles, plazas, entre otros lugares; provocando fuentes de vectores ambientales, contaminación e inseguridad. Por otro lado, la recuperación de estos pasivos ambientales que se crean a partir de la disposición ilegal es costosa debido a la cantidad de escombros que se deben transportar y mover.

La distribución de los impactos no es uniforme en el territorio nacional. Existen comunas donde la vulnerabilidad es mayor, en ellas se pueden encontrar la mayor cantidad de sitios de disposición final legal e ilegal. Estas comunas por lo general generan menos RCD y además deben lidiar en mayor medida con el impacto que los RCD generan, gastando más en la gestión de estos residuos que en los ingresos que reciben anualmente por concepto de permiso de edificación en su propio territorio. Este hecho implica una desigualdad territorial importante ya que las comunas generadoras de RCD normalmente no deben lidiar con ciertas necesidades que involucren un mayor gasto público, lo que no ocurre con las

comunas receptoras, por ende, el presupuesto para estas dos tipos de comunas termina siendo utilizado de forma completamente distinta otorgándole a las comunas generadoras un privilegio (mayor presupuesto para actividades que no estén relacionadas con la gestión de RCD) sobre las otras comunas.

Para poder atacar este gran problema, es necesario empezar a crear herramientas, proyectos o planes que ayuden a enfrentar esta realidad y que permitan prevenir y valorar estos residuos uniendo el mundo público, privado y académico.

Hoy estamos ante un escenario climático no menor, que implica tomar decisiones pensadas para un mayor resguardo del medio ambiente, cuidando y protegiendo a nuestro planeta, para que así las próximas generaciones puedan disfrutar y conocer de las riquezas que ofrece la naturaleza. Existen grandes desafíos para lograr una gestión responsable y un uso eficiente de los recursos que generen grandes ahorros económicos, y que permitan avanzar hacia una economía circular y sostenible. El foco de este proyecto es entregar información económica útil de mercado que permitirá construir, incentivar y promover la inversión para servicios de recolección de RCD no peligrosos, dado que aproximará la demanda de las empresas constructoras en esta materia. Este estudio cumple el rol de ser la primera investigación de RCD relacionada con la disposición a pagar en Chile. Además de conocer la situación actual sobre los RCD, el nivel de segregación y responsabilidad ambiental que implementan las empresas constructoras, características socioeconómicas, opiniones intrínsecas sobre el deber del Estado y decisiones organizacionales que motivan la implementación de acciones de prevención, separación y gestión diferenciada de RCD.

El uso de esta información va de la mano con la hoja de ruta que sienta bases en la gestión sustentable de RCD y permite adentrarse a un nuevo modelo de economía circular, aprovechando los materiales que entran al ciclo productivo durante el mayor tiempo posible o eventualmente de forma definitiva. La creación de nuevas normativas y/o políticas públicas diseñadas específicamente para la gestión y manejo de RCD, son unas de las acciones que se pueden desarrollar con la información del estudio.

2.1.1. Problemas detectados

Los grandes generadores en Chile provienen del mundo privado y público (MINVU, MOP, Municipalidades). Sus construcciones corresponden a las áreas de edificación (vivienda, no vivienda y ampliaciones), demoliciones y obras de infraestructura. También es importante mencionar que existe una generación de RCD proveniente de catástrofes de origen natural y antrópico, tales como terremotos, sistemas frontales o accidentes atribuidos al ser humano.

Los RCD generados por las actividades de construcción y demolición, que en su mayoría son dispuestos irregularmente en zonas no adecuadas, ni autorizadas, provocan impactos ambientales, sociales y económicos de gran envergadura, formando vertederos ilegales, daños a ciudades, paisaje, patrimonio, salud y calidad de vida.

Los problemas específicos detectados que devela la investigación están relacionados con el conocimiento, el transporte, la gestión de RCD, las implicancias políticas y la productividad.

El conocimiento por parte de los trabajadores de la construcción es fundamental, sin un entendimiento sobre reglamentos sanitarios y/o prácticas que mejoran la gestión de residuos, es muy difícil lograr que el rubro trabaje minimizando los daños ambientales. El nivel de información entregado por distintas encuestas en Chile, han demostrado que hoy en día el grado de conocimiento por parte de los trabajadores es preocupante y desalentador.

El transporte cumple con ser un medio para trasladar los residuos, la contaminación que se genera es variable ya que va a depender netamente de donde disponen los residuos, ya que, para minimizar los costos del transporte, los residuos terminan siendo depositados en bienes nacionales de uso público, generando vertederos ilegales. El retiro ilegal es hoy en día un servicio más barato y fácil que la disposición regular, lo que lo hace poco competitiva incentivando la creación de vertederos irregulares.

Actualmente en transporte se realizan cotizaciones formales, informales y de ambas formas. Además, las empresas constructoras no siempre tienen una única empresa que mueva sus residuos, muchas veces son varias las empresas transportistas que ejecutan esta acción. La cotización informal fomenta el vertido ilegal de residuos, ya que las constructoras no tienen el conocimiento de donde caerán sus residuos, por lo tanto, los transportistas tienen el poder de elegir donde depositarlos. En la mayoría de los casos por motivos de tiempo y dinero, los transportistas informales terminan depositando sus residuos en vertederos ilegales.

Dentro de la gestión de los RCD, es importante mencionar que tanto la segregación en origen como la prevención y la valorización, pueden formar un mercado circular que además de disminuir los residuos, también genera un ahorro importante para las empresas. Sin embargo, la prevención, valorización y la disposición final que existe en Chile no forman un mercado competitivo en la industria que se encargue de la recuperación, reciclaje, reutilización y distribución de residuos. Actividades como el diseño, rehabilitación, mantenimiento, desmontaje y/o demolición no contemplan la prevención de residuos ni ejecutan acciones de manejo y gestión de materiales con potencial de valorización.

Además, la escasa oferta de servicios ambientales que cumplan la función de valorización, acopio o transferencia de RCD, acompañado con la insuficiente educación ambiental y una participación de la ciudadanía existente, hace que la circularidad dentro de la industria no se pueda efectuar.

La recolección de los RCD se define como una “Operación consistente en recoger residuos, incluyendo su almacenamiento inicial, con el objeto de transportarlos a una instalación de almacenamiento, una instalación de valorización o de eliminación, según corresponda” (CDT, 2018). Esta operación actualmente la realizan las empresas constructoras en conjunto con los transportistas de residuos, esta se efectúa sin una segregación previa y en la gran mayoría los desechos se terminan depositando en vertederos, lo que imposibilita su valorización.

La falla pasiva del Estado ha generado que hoy en día exista una escasa legislación, instrumentos medioambientales, políticas públicas específicas para el control, creación de conciencia y cambio de la perspectiva de RCD en Chile, esto ha causado dificultades para interpretar los procedimientos legales para el manejo y gestión sostenible de RCD.

Las empresas constructoras no se sienten alentados ni obligados a tener que cambiar la perspectiva sobre los residuos, ya que dentro de su trabajo estos se naturalizan como escombros y no son vistos como parte de ineficiencias en la productividad dentro de la obra.

Es necesario iniciar acciones para la ejecución de actividades que logren cambiar la forma en que concebimos y diseñamos edificios e infraestructura mejorando el bien estar del ser humano con empatía e inclusión reduciendo el mal uso de los recursos y el impacto al medio ambiente.

Las improductividades en los trabajos de construcción terminan generando ineficiencias que producen RCD, esto altera la línea de trabajo perjudicando también la acción recolectar y disponer. Es necesario tener en cuenta que para aminorar el trabajo de recolección es necesario llevar a cabo protocolos dentro de la obra que mejoren la clasificación y la reducción de RCD generado con la intención de minimizar los RCD y que estos se clasifiquen según su naturaleza.

Complementariamente, un uso ineficiente de los recursos materiales por parte de los procesos de construcción implica un desperdicio de materiales que tienen costos que requieren transporte y que deben ser gestionados generando una disminución de la productividad de las obras de su rentabilidad y al generar residuos se demanda espacio en obra, aumentan los riesgos de accidentes, mayor demanda de transporte, uso de espacio en la obra y costos de gestión y disposición final.

El mal manejo de los RCD implica además una destinación de mayor presupuesto municipal y de los SSPP con competencias sobre el espacio, destinado a remover y dar disposición final adecuada a los residuos para resolver reclamos y fiscalizar estas materias, que pudieren tener mejor destino.

2.2. Objetivos Generales y Específicos:

General:

Identificar la disposición a pagar de las empresas constructoras a nivel nacional con foco en la Región Metropolitana, a través del método de valorización contingente, que entregará antecedentes analíticos e información de mercado a modelos de negocio circulares aportando con un valor monetario máximo a pagar por el servicio de recolección segregada de distintos tipos de RCD, entre otras conclusiones útiles a políticas públicas.

Específicos:

- Identificar al grupo objetivo que será encuestado y entrevistado.
- Aplicar una encuesta y realizar un análisis cuantitativo que permita establecer la intención a pagar del sector.
- Examinar la perspectiva de expertos en residuos y/o del gremio de la construcción en relación con la situación de los RCD en Chile.
- Identificar las variables significativas en el análisis estadístico de regresión múltiple.
- Establecer información relevante para la elaboración de políticas públicas, planes y/o acciones privadas apropiadas para abordar los problemas relacionado con los residuos de la construcción en Chile.

3. Metodología

En el presente documento se estudiará analíticamente el comportamiento de las empresas constructoras en Chile, con la intención de obtener información relevante de mercado y de uso público, como la disposición monetaria a pagar por servicios de recolección segregada de distintos tipos de RCD no peligrosos (inerte, no inerte, valorizado y mezclado). Esto con la finalidad de analizar la factibilidad de tener una gestión ambiental responsable de escombros generados por la industria de la construcción. Para lo anterior, se pretende utilizar un enfoque cuantitativo.

Se realizó una encuesta basada en el contingent valuation method (CVM) para determinar la disposición a pagar por parte de las empresas constructoras y con ello establecer un punto de inflexión para que estas organizaciones modifiquen su comportamiento con respecto a la gestión de RCD (Li et al., 2020; Begum et al., 2007). Además, en esta encuesta se midió la percepción sobre conocimiento, transporte, gestión, productividad e implicancias en políticas públicas del manejo de RCD. El análisis estadístico fue realizado con el software SPSS.

Por otro lado, se efectuaron cuatro entrevistas a profesionales de la Seremi de Medio ambiente, Municipalidad de La Pintana, Municipalidad de Lo Barnechea y Revaloriza Chile. Con esto se analizó la situación a nivel nacional y los problemas que aquejan a cada organización.

La encuesta se realizó de forma online en la plataforma Typeform. Esta se compone de 4 secciones, la primera consiste en determinar la información personal de la persona encuestada (por ejemplo: años de experiencia, nivel educacional y cargo en la organización) e información de la empresa (tamaño, actividad y tipo de organización). En la segunda sección se le preguntó a la persona encuestada sobre la forma en la que se realizan algunas actividades de gestión de RCD en su organización, tal como la frecuencia en la recolección de residuos, tasa de clasificación que se realiza en la organización y la relación con empresas transportistas. En la tercera parte se preguntó sobre los costos por los servicios de retiro y disposición final de residuos, así como por la valorización de estos. En dicha sección se profundiza en la disposición máxima a pagar por un servicio de recolección segregada de distintos tipos de RCD (inerte, no inerte, mezclado con más residuos inertes y mezclado con más residuos no inertes). Finalmente, en la cuarta sección se preguntó por la percepción de la persona sobre el deber del Estado y decisiones organizacionales que motivan la implementación de acciones de prevención, segregación y gestión diferenciada de RCD. La difusión de la encuesta fue realizada por los autores de este documento de investigación con la ayuda del Ministerio de Medio Ambiente y el programa Construye 2025 que articula

los sectores público, privado y académico en pos de una transformación productiva y sostenible del rubro de la construcción (Gráfico 1).

Ilustración 2: Grafica de la encuesta difundida



Para estimar la relación entre la disposición máxima a pagar por el servicio de recolección segregada de distintos tipos de RCD no peligrosos y las prácticas y opiniones de las empresas constructoras analizamos el siguiente modelo estadístico usando mínimo cuadrados ordinarios (MCO):

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \varepsilon \quad (1)$$

donde y_i corresponde a la máxima DAP de la empresa constructora de acuerdo a su composición i , con $i=\{\text{inerte, no inerte, mezclado 1, mezclado 2}\}$ definido de la siguiente forma:

y_{inerte} : RCD que no experimenta transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas, tales como concreto, ladrillo, baldosas y cerámicas.

$y_{no-inerte}$: RCD que no se puede clasificar como residuo inerte, como por ejemplo la madera, el yeso y el plástico.

$y_{mezclado 1}$: RCD mixto (combinación entre inerte y no inerte) donde los residuos no inertes son inferiores al 50% del peso total.

$y_{mezclado 2}$: RCD mixto (combinación entre inerte y no inerte) cuya proporción de residuos no inertes son iguales o superiores al 50% del peso total.

β_0 es el término constante, $\beta_1 - \beta_4$ son los coeficientes de las variables independientes cuantitativas discretas $x_i \forall i= 1, 2, 3, 4$, y e es el término de error o perturbación no observable. La definición de cada variable independiente es la siguiente:

x_1 = Conozco cómo planificar las obras incorporando una gestión de materiales y residuos con criterios de economía circular. (2)

x_2 = El Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones debería empadronar a transportistas autorizados para gestionar residuos. (3)

x_3 = La gestión de residuos permite mejorar la venta o servicio que presta mi organización. (4)

x_4 = El aumento de la productividad mejora la estrategia comercial y de operaciones de la organización. (5)

Cada variable x_i toma un valor dentro del rango 1 a 6 según el grado de acuerdo o desacuerdo. Donde 1 significa muy en desacuerdo, 2 desacuerdo, 3 medianamente desacuerdo, 4 medianamente de acuerdo, 5 de acuerdo, y 6 muy de acuerdo.

Así:

$x_i \in \{1,2,3,4,5,6\}, \forall i=1,2,3,4.$ (6)

El análisis da a conocer información sobre las prácticas y opiniones de las empresas constructoras de Chile, además de dar a conocer el valor monetario máximo a pagar por el servicio de recolección segregada de distintos tipos de RCD no peligrosos. Con estos datos se analizaron las posibles causas que puedan generar estas costumbres y el porqué de ciertas posiciones o decisiones organizacionales. También se determinaron asociaciones y dependencias entre algunas variables,

además de realizar una regresión múltiple para determinar un modelo significativo sobre la disposición a pagar.

4. Hipótesis

Las variables significativas que determinan la disposición a pagar por parte de las empresas constructoras se relacionan con el escenario de clasificación de RCD, responsabilidad ambiental, características socioeconómicas y políticas medio ambientales. Al mismo tiempo, estas variables son explicadas por el rol del Estado y de las empresas privadas, brechas y oportunidades de nuestro país.

5. Resultados

La encuesta fue contestada por 57 profesionales de empresas constructoras situadas en Chile, correspondiente a una tasa de respuesta de 21.1%. Los 57 profesionales se distribuyen del siguiente modo: 36 profesionales se desempeñan a nivel gerencial (Gerenta(e) de Seguridad, Gerenta(e) de Medio Ambiente, Gerenta(e) General /Director(a), Gerenta(e) de Recursos Humanos, Propietaria(o) / Socia(o) o Accionista, otra(o)), mientras que los 21 restantes trabajan directamente en obra (Administradoras(es) de Obra, Superior de Obra, Jefa(e) Oficina Técnica, Encargada(o) de Bodega, otra(o)). De los encuestados, un 64.9% desempeñan sus labores en empresas ubicadas en la Región Metropolitana (capital de Chile), a su vez un 64.9% de las respuestas fueron por parte de profesionales dedicados al rubro de la edificación residencial en altura.

De los 57 cuestionarios válidos, la distribución porcentual con respecto a los años de experiencia en el rubro de la construcción es la siguiente; el 8.8% indicó tener menos de 5 años de experiencia, el 10.8% entre 6 a 10 años, el 26.3% entre 11 a 15 años, el 17.5% entre 17 a 20, el 15.8% indicó tener entre 21 a 25 años de experiencias, mientras que el 21.1% restante manifestó tener más de 25 años de experiencia. Desde el punto de vista educacional, 28% de los encuestados tiene estudios de posgrado, 66.7% cuenta con formación universitaria y un 3.5% y 1.8% tiene una educación proveniente de un Instituto profesional y Técnica respectivamente.

Tabla 1: Características de las personas encuestadas y sus organizaciones de pertenencia.

| Actividad principal | Posición | Porcentaje de participación |
|-----------------------------|---|------------------------------------|
| Inmobiliaria | Subgerente(a) de innovación; Subgerente(a) de construcción; Jefe(a) de proyectos; Inspector(a) Técnico de Obras | 7% |
| Construcción e Inmobiliaria | Administrador(a) de obra; Contralor de Obras; Director(a) ejecutivo; Encargada(o) de medio ambiente; Gerente(a); Gerente(a) General; Gerente(a) Operaciones; Gerente(a) Proyectos; Jefe(a) de proyecto; Jefe(a) de terreno; | 28.1% |
| Construcción | Administrador(a) de obra; Asistente técnico; Coordinador(a) de calidad y medio ambiente; Dueño(a); Gerente(a) comercial y desarrollo; Gerente(a) de proyectos; Gerente(a) general; Gerente(a) técnico; Jefe(a) de ingeniería y proyectos; Jefe(a) de adquisición y logística; Jefe(a) general de terreno; Jefe(a) prevención de riesgo; Jefe(a) medio ambiente; Presidente(a); Socio(a) gestión y supervisión en obra; Subgerente(a) de calidad e innovación; Visitador de obra | 47.4% |
| Otro | Administrador(a) de Proyectos; Asesor(a) en Construcción Sustentable; Ingeniero proyectista; Inspector(a) Técnico de Obras; Jefe(a) Proyectos; Profesional división de infraestructura | 12.3% |

5.1. Disposición a pagar

De los 57 profesionales personas encuestados (tabla 2), se obtuvo 31-32 datos válidos de disposición a pagar para los distintos tipos de RCD no peligrosos. El rango de datos válidos varía dependiendo del tipo de residuo que se analice (inerte, no inerte, mezclado con más cantidad de inerte que de no-inerte y mezclado con menos cantidad de inerte que de no-inerte). Se consideran datos perdidos, todas aquellas respuestas que indicaron 0 (entre 13-17 valores) y a todo valor atípico (entre 8-12 outliers) que estadísticamente indique ser distante de acuerdo con el test de Tukey. En los estadísticos descriptivos se puede observar que la media en el costo actualmente asociado a las actividades del retiro y disposición final de RCD es de 1.1 a 1.25 veces mayor a la disposición a pagar de los cuatro tipos de residuos. Dicho de otro modo, las empresas no sólo no están dispuestas a pagar más de lo que actualmente pagan, sino que prefieren pagar menos.

La disposición a pagar de los RCD inertes tienen un valor monetario 1.13 veces mayor a la disposición a pagar de los RCD no inertes (Tabla 2). Esto sucede en primer lugar porque en Chile existe una mayor cantidad de residuos inertes que no inertes (53% versus 37%, respectivamente de acuerdo a MINVU,2019), además el metal (cobre, bronce, aluminio o zinc) y la madera son materiales no inertes que tienen un alto potencial de valorización (Kartam, Al-Mutairi, Al-Ghusain, & Al-Humoud, 2004). Actualmente en obra es el RCD inerte el residuo que más se genera en construcción y es por esto que las empresas están más dispuestas a pagar por un servicio de recolección de RCD inerte. Que la DAP del RCD mezclado 1 y RCD mezclado 2 sea 1.03 y 1.06 veces mayor, respectivamente, a la DAP del RCD no inerte puede explicarse por el bajo trabajo, y por tanto costo, asociado al manejo de residuos mezclados no clasificados. A su vez, el mayor DAP de RCD inerte respecto a los dos DAP de RCD mezclados, 1.06 y 1.09 respectivamente, permite evidenciar el interés por parte de los encuestados de retirar los RCD inerte, ya sea por el espacio utilizado dentro de la obra o porque los RCD mezclados son considerados no valorizables y por tanto su eliminación en vertederos ya fue predeterminada.

Tabla 2: Estadísticos descriptivos de Costos y Máxima Disposición a Pagar

| | N | Mínimo | Máximo | Media | Desv. Desviación |
|--|----|--------|--------|-------|---------------------|
| Costo por retiro y disposición final actual en Chile (US \$/ton) | 32 | 1.29 | 22.69 | 9.68 | 4.73 |
| DAP de RCD inerte (US \$/ton). | 32 | 1.82 | 18.15 | 8.77 | 4.37 |
| DAP de RCD no inerte (US \$/ton). | 32 | 0.91 | 18.15 | 7.73 | 4.79 |
| DAP de RCD mezclado 1 (US \$/ton). | 31 | 0.91 | 15.43 | 7.98 | 4.21 |
| DAP de RCD mezclado 2 (US \$/ton). | 31 | 0.91 | 18.15 | 8.22 | 4.68 |

La estimación de disposición a pagar para los cuatro tipos de residuos estudiados depende de manera significativa ($p < 0.01$) de la variable x_1 "Conozco cómo planificar las obras incorporando una gestión de materiales y residuos con criterios de economía circular" (Tabla 3). El coeficiente positivo de esta variable indica que existe una relación directamente proporcional entre la disposición a pagar por gestión de RCD por parte de los profesionales encuestados y el nivel de conocimiento percibido por ellos respecto a esta logística.

Para las siguientes tres variables (x_2 , x_3 y x_4) hubo distintos niveles de significancia, según el tipo de residuo. La percepción autoreportada por los profesionales encuestados sobre la afirmación "El Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones debería empadronar a transportistas autorizados para gestionar residuos" (x_2), tuvo resultados significativos con proporcionalidad inversa en la estimación estadística, lo que indica que a medida que aumenta el grado de acuerdo de x_2 , disminuye la disposición a pagar. Para la variable x_3 "La gestión de residuos permite mejorar la venta o servicio que presta mi organización" se observó un nivel de significancia con respecto a la estimación de la disposición a pagar con una proporcionalidad directa. Finalmente, la variable "El aumento de la productividad mejora la estrategia comercial y de operaciones de la organización" (x_4), resultó tener una significancia

con una proporcionalidad directa entre la disposición a pagar y el nivel de acuerdo o desacuerdo con respecto al aumento de la productividad.

Así, para el caso de los residuos inertes, frente a cambios en una unidad en x_1 , el cambio en la DAP de RCD inerte es de 1.34 (US \$/ton) manteniendo todas las demás variables constantes. De la misma manera, cambios en una unidad en x_2 , x_3 , y x_4 , implican cambios en -1.29 (US \$/ton), .8 (US \$/ton) y 1.9 (US \$/ton), respectivamente, en la DAP.

Tabla 3: Disposición a pagar estimada por tipo de residuo.

| Variables independientes | Inerte | | No inerte | | Mezclado 1 | | Mezclado 2 | |
|--------------------------|--------|-----------|-----------|----------|------------|----------|------------|----------|
| | Coef. | t | Coef. | t | Coef. | t | Coef. | t |
| x_1 | 1.34 | 3.118*** | 1.61 | 2.841*** | 1.72 | 3.857*** | 1.83 | 3.633*** |
| x_2 | -1.29 | -3.575*** | -.83 | -1.669 | -.88 | -2.259** | -.76 | -1.739* |
| x_3 | .8 | 2.181** | .73 | 1.483 | .6 | 1.498 | .71 | 1.588 |
| x_4 | 1.9 | 1.772* | 2.68 | 1.977* | 2.39 | 2.087** | 2.61 | 2.021* |
| Constante | -4.99 | -.702 | -12.94 | -1.436 | -10.93 | -1.48 | -13.35 | -1.607 |
| R2 | | .54 | | .622 | | .527 | | .491 |
| Adj R2 | | .461 | | .28 | | .441 | | .398 |
| Prueba F | | .001 | | .02 | | .002 | | .004 |

Nota: ***p <0.01; **p <0.05; *p <0.1

A nivel internacional, investigaciones centradas en la gestión de RCD, disposición a pagar de las partes interesadas para la eliminación y/o recolección de RCD, conocimiento asociado al concepto de construcción circular (reutilización, reciclaje y recuperación de materiales) e implementación de prácticas y medidas para una gestión de residuos de construcción más sostenible (Tabla 4) han permitido establecer tarifas monetarias para controlar la disposición final y políticas públicas que ayuden a mejorar la gestión de RCD (Li et al., 2020; Begum, Siwar, Pereira, &

Jaafar, 2007; H. Ghaffar, Burman, & Braimah, 2020; Gangolells et al., 2014; Li et al., 2018). Cuatro de estos estudios fueron realizados con datos de China, país que tiene una producción de RCD de aproximadamente 2,000 millones de toneladas al año y una tasa de recuperación de 5% (Huang et al., 2018; Zheng et al., 2017). De estos, tres de estos estudios se focalizan en la ciudad de Shenzhen, moderna metrópolis del sudeste de China. Shenzhen sufrió fuertes deslizamientos de tierras en el año 2015 provocados por enormes residuos depositados en una colina fuera del parque industrial Hengtaiyu, es por este hecho que hubo un precipitado aumento en el desarrollo económico en esta ciudad (Yang, Xia, Thompson, & Flower, 2017; Li et al., 2020).

Tanto Li (2020), como Li (2018) y Wang (2019) realizaron encuestas con el objetivo de determinar un valor monetario para la eliminación de RCD, los primero dos establecen un nivel de carga para la eliminación en vertederos, mientras que este último generó, a través del DAP, un método para optimizar una tarifa integral unitaria considerando los impactos ambientales del ciclo de vida. Por otro lado, Begum (2007) y Lu (2015) realizaron una encuesta utilizando el método de valoración contingente, con la diferencia de que su objetivo fue obtener información sobre el DAP para mejorar la gestión de RCD. Esta diferencia se puede observar en los valores, debido a que es notoria la distancia entre los DAP. Los resultados de Li (2020), Li (2018) y Wang (2019), varían entre .9 (US \$/ton) y 7.49 (US \$/ton), mientras que los valores de Begum (2007) y Lu (2015) varían entre 18.71 y 32.71 dólares por tonelada.

Los valores estimados por DAP en el presente estudio son mayores en un 258%, 149% y 219% que los valores estimados respectivamente por Li (2020), Li (2018) y Wang (2019). Esto se justifica debido a que en nuestro estudio establecemos la disposición a pagar por un servicio de recolección segregada de distintos tipos de RCD utilizando el concepto de economía circular, mientras que en Li (2020), Li (2018) y Wang (2019) se estima la DAP para establecer esquemas tarifarios para la eliminación de residuos de la construcción. En Shenzhen el cargo actual por la disposición en vertedero público es de 0.88–1.47 (US \$/ton). Por otro lado, los resultados de DAP de Begum (2007) y Lu (2015) son 320% e 400% mayores, lo que

demuestra que tanto en Hong Kong como en Malasia los Stakeholders están dispuestos a pagar más que en Chile. Esto se puede explicar debido a que el gobierno en Hong Kong quiere formar una industria de la construcción autosuficiente y por lo tanto considera importante el mejorar la gestión de los residuos de construcción. Por otro lado, en el año 2007 en Malasia se esperaba un aumento de las prácticas de reducción, reutilización y reciclaje de fuentes, debido a que los cierres de sitios de descarga en Klang Valley (impulsado por instituciones gubernamentales, debido a la invasión de zonas residenciales) provocarían un aumento en los costos de recolección y eliminación de RCD (Fauziah & Agamuthu, 2010; Begum et al., 2007; Lu et al., 2015).

El DAP en Chile de este estudio es alrededor 8.17 [US \$/ton] y estamos pagando en la actualidad de 9.68 [US \$/ton]. Por lo tanto, estamos dispuestas(os) a pagar un 16% menos de lo que estamos pagando. Lo interesante es que esta disposición a pagar aumenta en promedio un 20% en la medida de que el nivel de conocimiento aumenta (Tabla 2 y 3).

Tabla 4: Disposición a Pagar por RCD, estudios internacionales.

| Autor | País (Ciudad) | Descripción del estudio | DAP [US \$/ton] ¹ año 2020 |
|---|----------------------------|---|---|
| 1.-Disposición a pagar para la eliminación de RCD | | | |
| Li et al 2020 | China (Shenzhen) | Esquema de relleno sanitario para la eliminación de RCD según el nivel de clasificación. | RCD inerte: .9 [US \$/ton] RCD medio mezclado: 3.58[US \$/ton] RCD mixto: 5.01 [US \$/ton] |
| Li et al 2018 | China (Shenzhen y Qingdao) | Disposición a pagar de las partes interesadas por la eliminación de los residuos de la construcción en el relleno sanitario | DAP Shenzhen contratistas 5.97 [US \$/ton] DAP Qingdao contratistas 4.14 [US \$/ton] DAP Shenzhen propietario 7.49 [US \$/ton] DAP Qingdao propietarios 4.34 [US \$/ton] |

¹ Datos deflactados con el Índice de Precios al Consumidor (IPC) interanual estadounidense

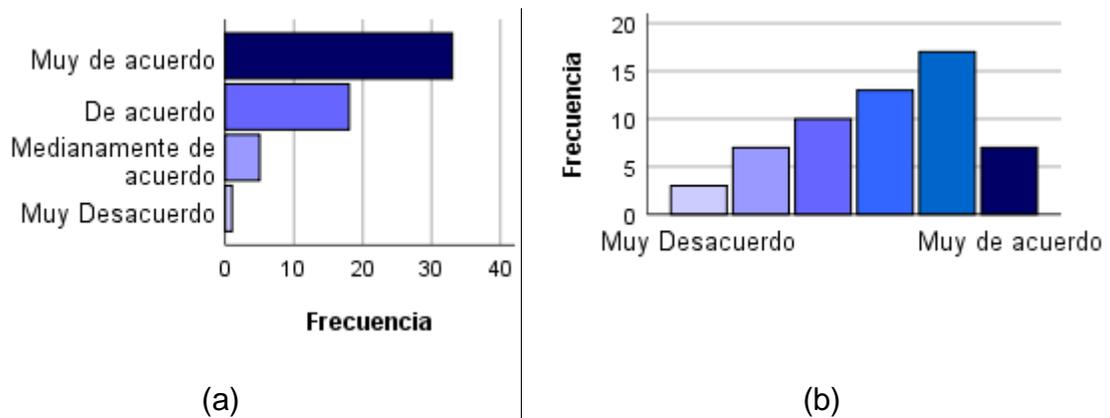
| | | | |
|---|-------------------|---|--|
| Wang et al 2019 | China (Shenzhen) | Construcción de tarifa considerando los impactos ambientales del ciclo de vida de los desechos de la construcción y la voluntad de la sociedad. | Tarifa media de gestión de residuos para los residuos de la construcción integral unitaria de todo tipo de edificios 3.74[US \$/ton] |
| 2.-Disposición a pagar para mejorar la gestión de RCD | | | |
| Lu et al 2015 | China (Hong Kong) | Disposición de las partes interesadas a pagar (DAP) para mejorar la gestión de residuos de la construcción. | DAP máxima promedio 32.71[US \$/ton] |
| Begum et al 2007 | Malasia | Disposición por servicios de recolección y eliminación de desechos | Máxima disposición a pagar: 26.15 [US \$/ton] Costo de los servicios de recolección y eliminación de desechos:18.71 [US \$/ton] |

Para convertirse en una sociedad participativa que promueva la gestión eficiente y sostenible de RCD es fundamental fomentar conciencia y conocimiento en las motivaciones personales de responsables políticos, instituciones reguladoras, agentes de la industria y del mundo académico (Jain, Singhal, Jain, & Bhaskar, 2020;Xiao, Zhang, Zhu, & Lin, 2017). En Chile la educación en el rubro es baja. El 58% de las personas encuestadas declaran no tener conocimientos sobre las leyes N° 20879 (que Sanciona el Transporte de Desechos hacia Vertederos Clandestinos) y N° 20920 (Marco para la Gestión de Residuos la Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje), mientras que el 73% indica que desconoce los aspectos que atentan contra el manejo adecuado de RCD (CDT, 2018).

Nuestros resultados se alinean con esta evidencia. Un 30% y 12.2% de las personas encuestadas indicó estar de acuerdo y muy de acuerdo, respectivamente, con la afirmación “Conozco cómo planificar las obras incorporando una gestión de materiales y residuos con criterios de economía circular”. Por otro lado, el 24% de las personas con nivel educacional universitario contestó estar de acuerdo,

asimismo el 50% de las personas con postgrado contestó de igual forma bajo la misma premisa. Por lo tanto, si bien en Chile hay un nivel de desconocimiento sobre leyes y gestión de los residuos. Se puede dilucidar la existencia de un sector con cierto nivel de entendimiento sobre la relevancia del conocimiento acerca de la planificación de obras basada en estrategias de economía circular que puede cambiar según el nivel educacional cursado.

Figura 1. Planificación de RCD: (a) Incorporación de la reducción de RCD en la planificación. (b) Conocimiento de las empresas en la planificación utilizando criterios de economía circular.



5.2. Análisis de las practicas derivadas del transporte

Las prácticas organizacionales que se desarrollan en la industria de la construcción enfocadas en el transporte requieren de un manejo formal y estable con el proveedor que transporta los RCD para que su disposición final sea realizada conforme a la ley y así se certifique el vertido legal. Según la encuesta realizada, un 57.89% de las empresas indican no tener un proveedor estable para el transporte de RCD, además un 47.37% gestiona y destina los residuos con el mismo transportista y lugar. Por último, existe un porcentaje importante de empresas que no tiene una relación formal (contrato) con la empresa de transporte.

Si se analizan los datos separando las empresas que trabajan dentro del rubro de edificación en altura y que ejerzan sus funciones dentro de la Región Metropolitana, se encuentra que en el rubro un 51.4% si cuenta con proveedor estable. También un 45.9% no gestiona ni destina los residuos a un mismo lugar y además existe una asociación significativa (chi cuadrado: .004) de intensidad media (V de Cramer:

.441) con respecto a la formalidad en el contrato. Por otro lado, con respecto a la misma gestión y destino de los residuos, existe una paridad entre las personas encuestadas que se encuentran dentro de la Región Metropolitana, además hay una abultada superioridad en la formalidad con respecto a las empresas que se encuentran fuera de la capital y que no se dediquen al rubro de la edificación en altura.

Estos datos revelan que actualmente existe una diferencia con respecto a las empresas que se dedican al rubro de edificación en altura y las que no, sucede lo mismo con las empresas que realizan sus actividades en la región Metropolitana. Esto se debe a que actualmente hay una mayor concentración de la actividad constructora dentro de los segmentos de edificación en altura y en la capital.

Figura 2. Proveedores(as) estables. (a) Organizaciones con proveedores(as) estables. (b) Tabla cruzada proveedores estables - rubro de edificación en altura.

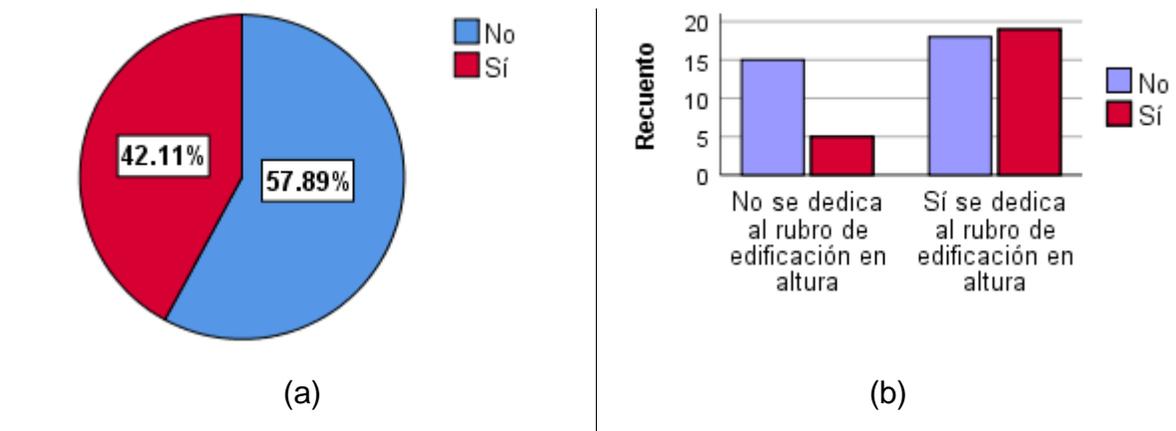


Figura 3. Destino y gestión de RCD: (a) Organizaciones que gestionan y destinan RCD en el mismo lugar. (b)Tabla cruzada destino y gestión- rubro edificación en altura. (c) Tabla cruzada destino y gestión- Región Metropolitana.

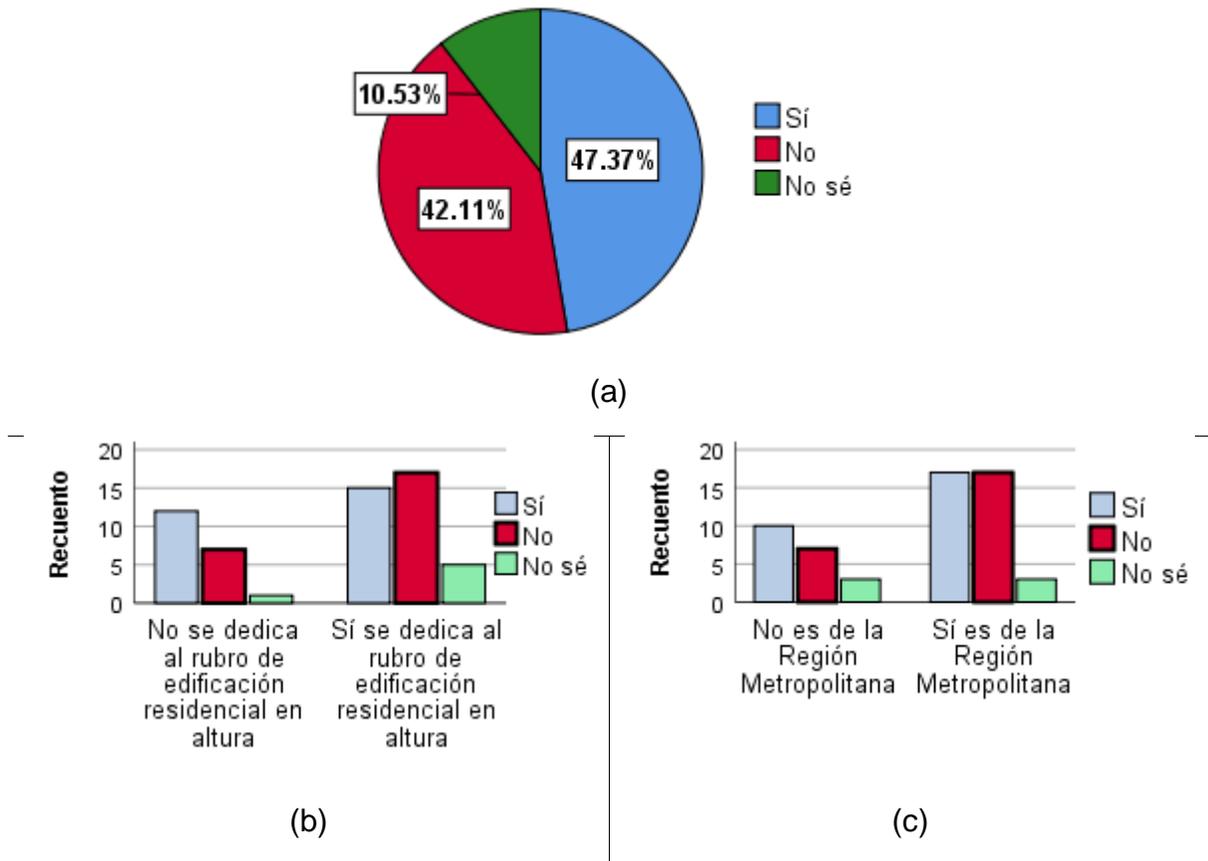
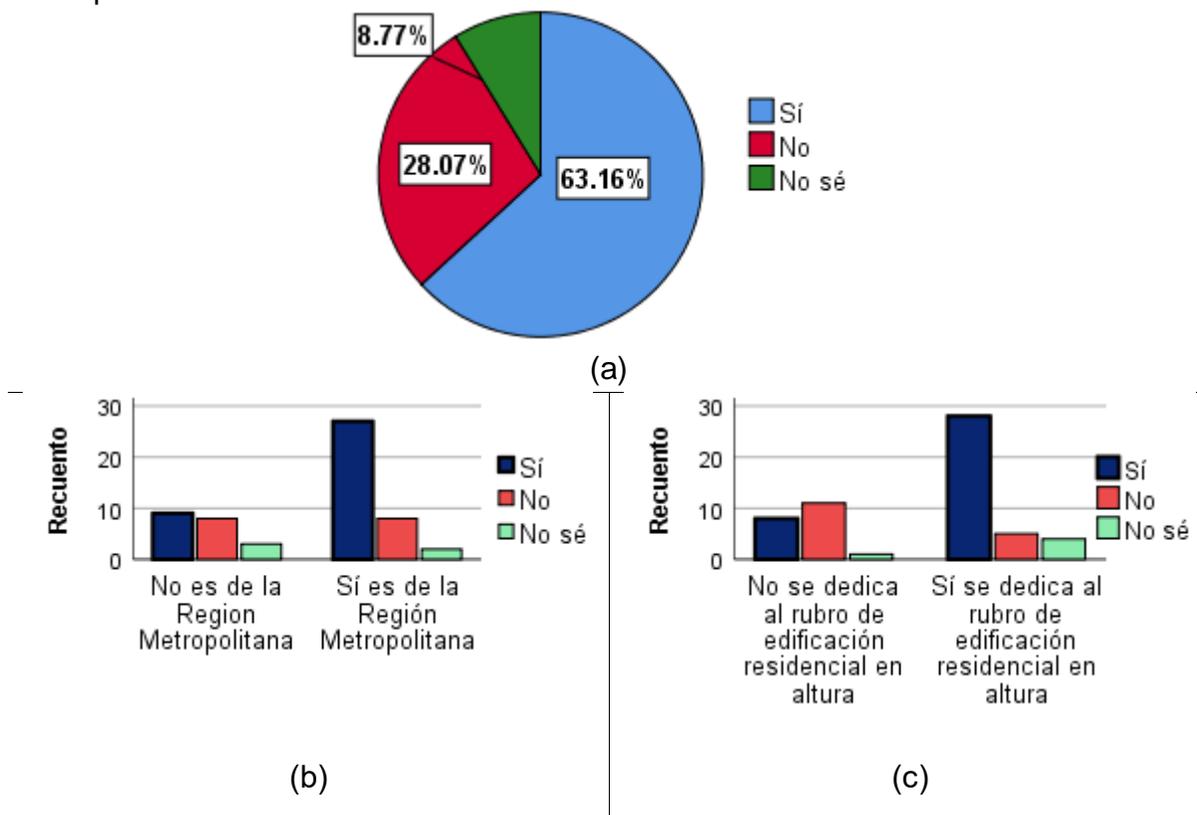


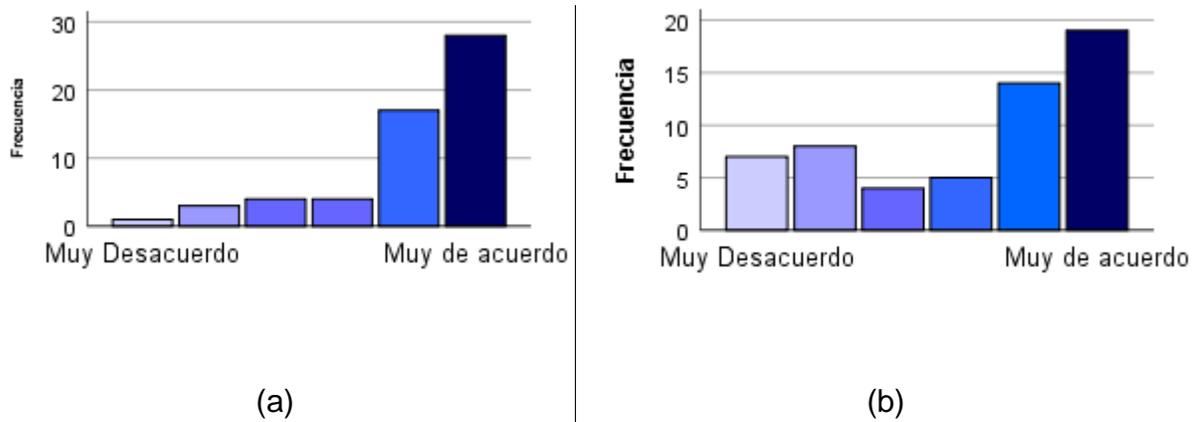
Figura 4. Formalidad en el transporte de RCD: (a) Organizaciones con relación formal con empresa de transporte de RCD. (b) Tabla cruzada formalidad en el transporte de RCD - Región Metropolitana. (c) Tablas cruzadas formalidad en el transporte de RCD – rubro edificación en altura.



Por otro lado, como se observa en la figura 5 se les preguntó a los profesionales sobre la responsabilidad por el destino final de los residuos calificando de 1 al 6 según el grado de acuerdo o desacuerdo. Los resultados indican que las empresas están mayormente de acuerdo con que la organización sea la responsable del destino final de los residuos (media: 5.05; desviación estándar: 1.27). No sucede lo mismo con el mandante ya que los encuestados no indicaron una representatividad clara (media: 4.19; desviación estándar: 1.83).

Que los profesionales hoy en día estén de acuerdo con que las empresas mismas debieran ser las responsables del destino final, permite deducir que son ellas las que entienden la responsabilidad asociada al proceso de transporte.

Figura 5. Responsabilidad del destino de RCD: (a) Empresas que creen que las organizaciones deben tomar la responsabilidad del destino final. (b) Empresas que creen que el mandante debe tomar la responsabilidad del destino final



Que aumente la cantidad de residuos desechados en vertederos, significa una mayor demanda en el uso de transporte, lo que provoca un aumento en la emisión de gases, polvos y contaminación acústica (Ding, Wang, & Zou, 2016). Por esto mismo es necesario controlar el consumo de materias primas y cantidad de RCD llevado a vertederos (M. Bravo, De Brito, Pontes, & Evangelista, 2015). En Chile el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones promulgó la Ley N°20879 en el 2015, donde sanciona el transporte de residuos hacia vertederos clandestinos, en bienes nacionales de uso público o en la vía pública. Sin embargo, este tipo de medidas no han podido lograr un cambio a nivel nacional, ya que hoy en día el transporte se lleva a cabo sin un proveedor estable y destinando todos los residuos a un mismo lugar, lo que significa que este se practica de manera inadecuada (Larsen et al., 2009).

5.3. Análisis de las practicas derivadas a la gestión de RCD

Para controlar la generación de RCD y mejorar su uso, existen sistemas de gestión y certificación ambiental, que permiten perfeccionar las actividades, servicios y productos que desarrollen las empresas. Según la encuesta, el 50.88% de las empresas si tienen un sistema de gestión ambiental, sin embargo, la gran mayoría no tiene un sistema de certificación ambiental tales como CES o LEED.

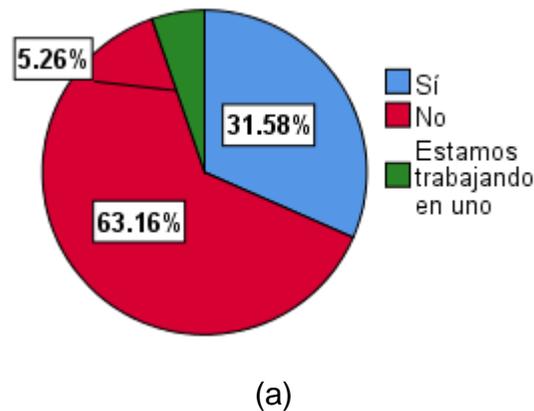
Esto se explica ya que si bien, las empresas quieren mejorar la sustentabilidad e impacto medioambiental de sus procesos de producción al disminuir la extracción

de materia prima y la generación de RCD. Certificarse ante organizaciones nacionales e internacionales requiere de una responsabilidad mayor por parte de la organización que actualmente no hay (Cassells y Lewis, 2011).

Figura 6. Sistema de gestión ambiental: (a) Organizaciones con sistema de gestión ambiental. (b) Tabla cruzada sistema de gestión ambiental - Región Metropolitana



Figura 7. Certificación Ambiental: (a) Organizaciones con certificación ambiental



En términos de clasificación en Chile el 54.39% de las empresas no separan los residuos inertes con los no inertes (figura 8), además el 52.63% indica tener una tasa de clasificación baja, el 35.09% tasa media y el resto una tasa de clasificación alta. Esto explica el bajo interés en términos de clasificación, lo que es preocupante ya que sin una clasificación en obra es difícil realizar tratamientos que permitan la valorización y disminución de RCD.

Por otro lado, la recolección de residuos es bastante escasa, ya que las tres opciones que más predominaron fueron: una vez por semana, sin frecuencia fija y no sé. Si bien el desconocimiento sobre la recolección de residuos proviene de las empresas que no son parte de la edificación en altura, sigue siendo preocupante saber que no existe una frecuencia fija, ya que para tener una gestión responsable con el medioambiente debe haber un orden en la frecuencia de recolección (Rai et al., 2019).

Figura 8. Clasificación de RCD: (a) Organización que separa los residuos inertes de los no inertes. (b) Tasas de clasificación de las organizaciones.

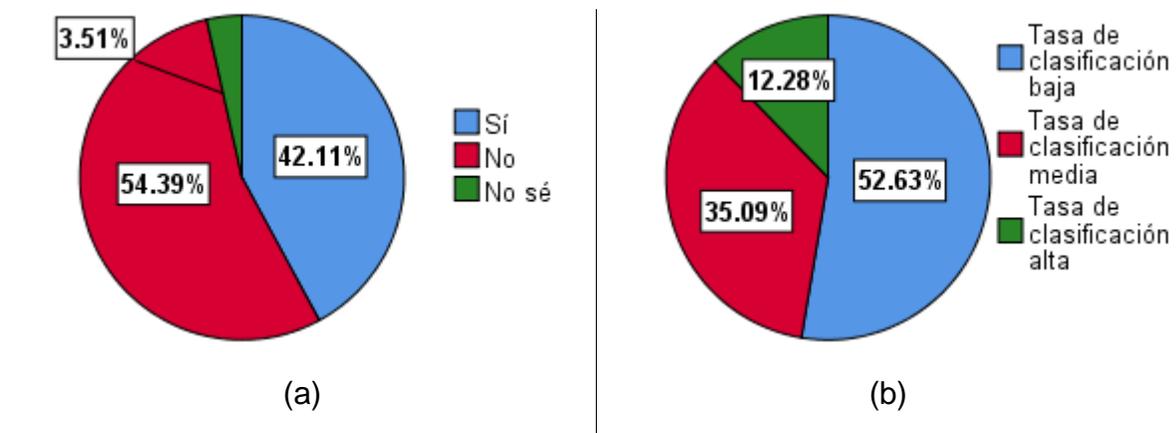
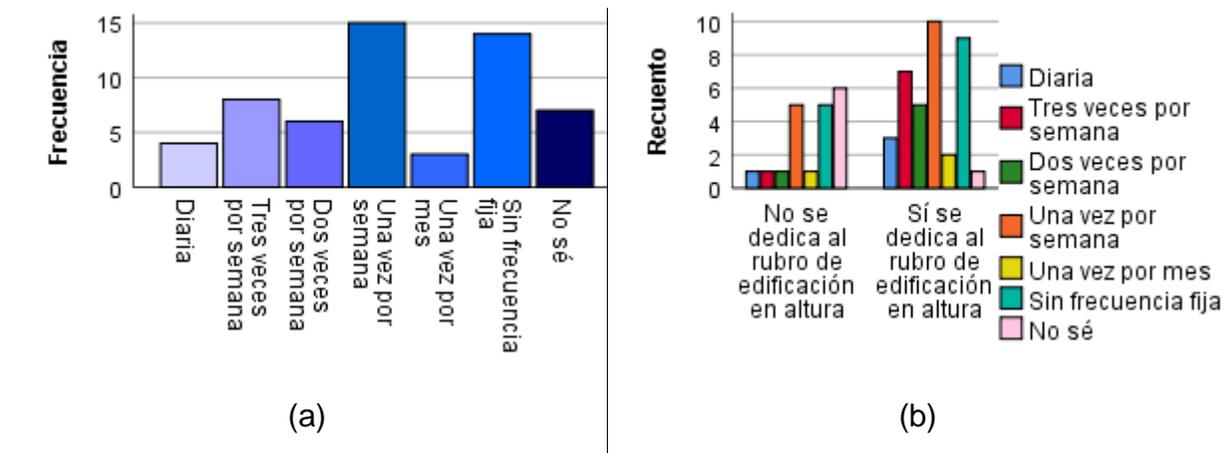


Figura 9. Recolección de RCD: (a) Recolección de las organizaciones. (b) Tabla cruzada entre la recolección y empresas del rubro de edificación en altura



Realizar una eficiente gestión de residuos para las organizaciones es hoy en día un desafío a nivel mundial, esto debido a las complicaciones que se viven en el rubro, principalmente por la enorme cantidad de residuos que se generan. Las organizaciones que logran incorporar herramientas de gestión para un desarrollo económico sostenible tienen la ventaja de poder mejorar su desempeño a futuro (Bao & Lu, 2020; Kabirifar, Mojtahedi, Wang, & Tam, 2020).

5.4. Productividad - Factores estratégicos dentro de la organización

La industria de la construcción tiene una importante labor a nivel económico en cada país, sin embargo, esto no los excluye en ser un rubro donde la productividad no es la mejor (Smol, Kulczycka, Henclik, Gorazda, & Wzorek, 2015; Abrey & Smallwood, 2014). Las decisiones organizacionales pueden llegar a generar pérdidas debido al aumento de residuos y la implementación de acciones para prevenir la generación de residuos puede mejorar la competitividad de la empresa e impulsar el crecimiento económico (Won & Cheng, 2017; Ghisellini et al., 2018).

En la industria chilena, la cantidad de residuos generados es cada vez mayor, lo que implica una baja productividad. Si bien la norma 3562 establece las directrices para una gestión de RCD que minimice los impactos asociados a la generación de estos residuos incidiendo directamente en la productividad, si esta norma no es citada en algún decreto o ley, esta termina teniendo una naturaleza de carácter voluntario (NCh 3562:2019; Comité Consultivo Público de la Mesa Interministerial, 2020)

Se les preguntó a los profesionales sobre la influencia de los factores estratégicos a nivel comercial y operacional. Se compararon las medias para entender qué factores predominan con mayor peso y cuáles no (Tabla 5). si bien la productividad obtuvo una media alta (media: 5.32), esta se encuentra por debajo de mejorar la salud y seguridad (media: 5.64) y mejorar la imagen de la organización (media: 5.34). Esto es entendible debido a que actualmente existen instituciones privadas que se encargan de prevenir los riesgos asociados a los trabajos desarrollados en obra (Mutuales de seguridad), además para la imagen de una empresa es fundamental prevenir problemas con sus usuarios, puesto que esto se puede

provocar una disminución de las ventas (Gray and Balmer, 1998). Por otro lado, “prevenir la generación de residuos en obra” fue el factor con menos media (4.78), lo que resulta preocupante ya que muestra que hoy en día los encuestados no están teniendo en cuenta este factor para mejorar la competitividad de la compañía, ya sea aumentar la calidad, la productividad, la satisfacción del cliente y rebajar los costes.

También se encuestó para saber qué factores motivan a la organización a implementar acciones de prevención, separación y gestión diferenciada de RCD (Tabla 6). El factor menos influyente fue aumentar la competitividad, lo que refleja nuevamente que las empresas no perciben como una ventaja dentro de la industria el desarrollar una gestión responsable con el medio ambiente que permita disminuir los RCD generados por la organización.

Tabla 5: Influencia de factores en la estrategia comercial y de operaciones de la organización.

| | N | Media | Desv. Desviación |
|--|----|-------|---------------------|
| Aumentar Productividad. | 50 | 5.32 | .999 |
| Bajar Costos. | 50 | 5.04 | 1.212 |
| Prevenir Generación de Residuos en Obra. | 50 | 4.78 | 1.183 |
| Mejorar Salud y Seguridad. | 50 | 5.64 | .631 |
| Mejorar Imagen de la Organización. | 50 | 5.34 | .939 |

Tabla 6: Factores que motivan a la organización a implementar acciones de prevención, separación y gestión diferenciada de RCD.

| | N | Media | Desv. Desviación |
|--|----|-------|---------------------|
| Aumentar competitividad. | 46 | 4.61 | 1.256 |
| Aumentar productividad de los materiales en obra. | 46 | 5.00 | .989 |
| Facilitar la logística de bodega. | 47 | 5.04 | .908 |
| Reducir costos. | 46 | 5.04 | .942 |
| Mejorar condiciones laborales y de seguridad. | 47 | 5.45 | .717 |
| Cumplir legislación vigente. | 47 | 5.32 | .958 |
| Mejorar Imagen ante los clientes. | 47 | 5.17 | .940 |
| Mejorar imagen pública en el entorno a sus obras. | 47 | 5.23 | .890 |
| Aumentar su compromiso con la sostenibilidad ambiental. | 47 | 5.62 | .644 |

5.5. Implicancias políticas y potenciales acciones del Estado

Las intervenciones del Estado son siempre cruciales para determinar el éxito en los cambios de un rubro (Bao & Lu, 2020). En Shenzhen la fuerte participación y la promulgación de arreglos institucionales permitieron generar un crecimiento económico incorporando el concepto de economía circular, sin embargo, el Estado no siempre debe participar activamente, esto depende de la zona y el contexto específico que se vive en el país (Kabirifar et al., 2020).

El Estado debe cumplir un rol que permita recuperar, conservar y proteger el medio ambiente, por ende, los residuos que terminan depositados en lugares no

apropiados podrían implicar costos externos para los generadores de RCD (Duran, Lenihan, & O'Regan, 2006). Siguiendo esta lógica, se les preguntó a las personas encuestadas sobre potenciales acciones para que desarrolle el Estado, dentro de ellas sobre un posible impuesto a la actividad de construcción o inmobiliaria asociado a la remediación de espacios. Como resultado, hubo diversas calificaciones, sin embargo, las respuestas indicaron una mayor preferencia a favor de establecer un impuesto a la actividad inmobiliaria (media: 3.42; desviación estándar: 2.06) que de Construcción (media: 3.17; desviación estándar: 1.99). Por otro lado, hay un consenso con respecto a que el Estado debiese garantizar que transportistas ilegales no puedan gestionar residuos en obras (media: 5.45; desviación estándar: 1.1), que además genere infraestructura para la disposición final de RCD por todo el país (media: 5.31; desviación estándar: 1.22) y que el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones empadrene a transportistas autorizados (media: 4.71; desviación estándar: 1.4).

Todo lo anterior demuestra que las empresas no creen ser totalmente responsables de la generación de RCD, ya que pretenden o están muy de acuerdo con que el Estado cumpla un rol remediador. Esto va de la mano con la lógica “quien contamina paga” que se utiliza a nivel mundial para que los agentes contaminadores no pretendan desligarse de la responsabilidad que significa la generación de RCD (Li et al., 2018).

Figura 10. Potenciales acciones del estado. (a) Impuesto asociado a la actividad de construcción. y (b) Impuesto asociado a la actividad inmobiliaria

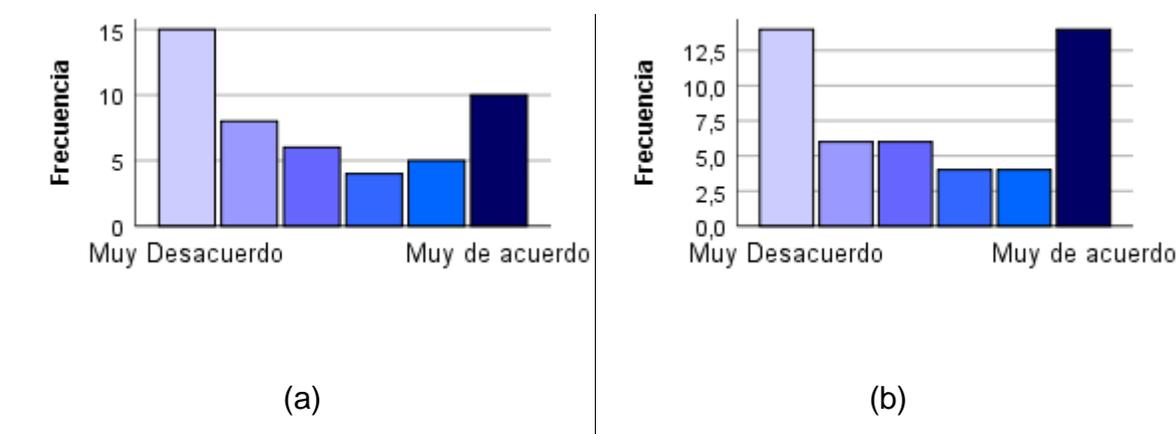
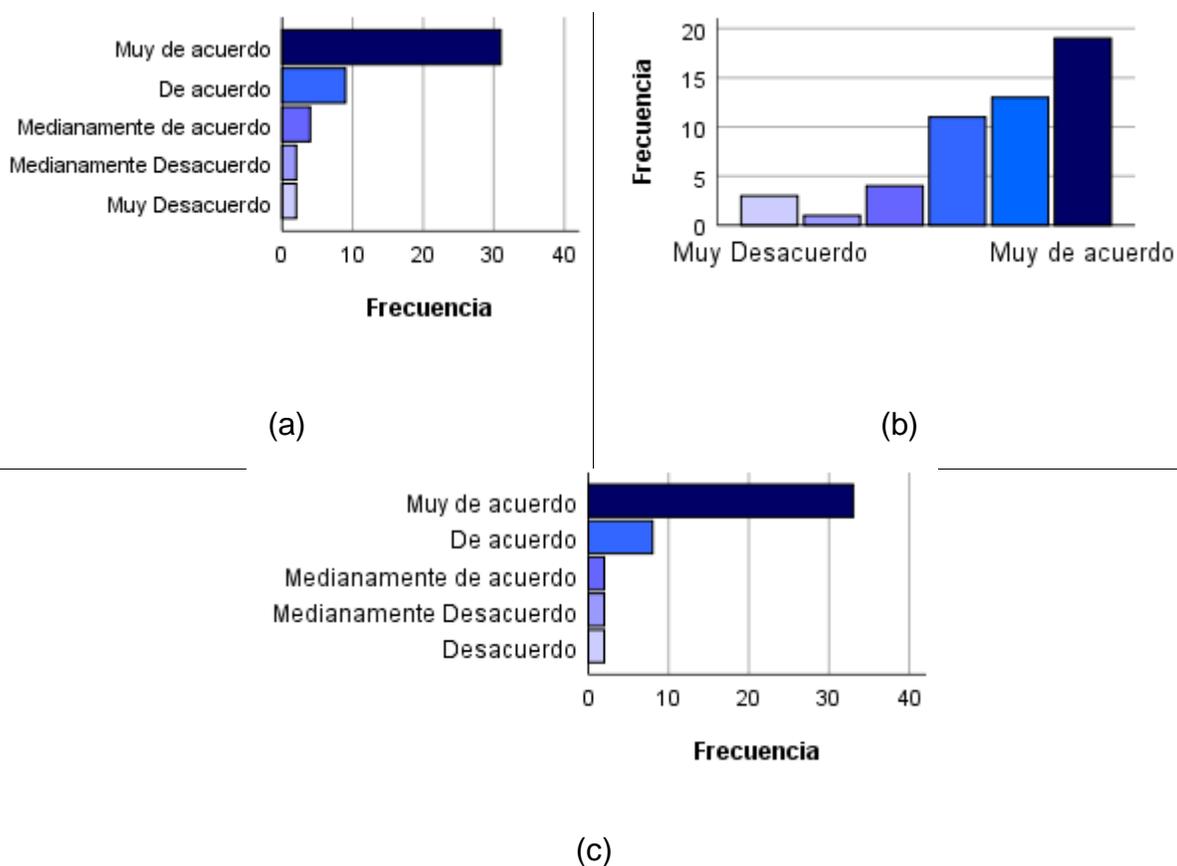


Figura 11. Responsabilidad de Estado. (a) Existencia de infraestructura para la disposición final de RCD, (b) Empadronamiento de transportistas autorizados. (c) Garantizar el transporte legal de RCD.



5.6. Entrevistas sobre la situación actual en Chile

Se realizaron cuatro entrevistas a personas que trabajan en organizaciones competentes a los residuos de construcción para tener un mayor conocimiento sobre la situación actual en Chile, Karen Aguilera, socio gerente de Revaloriza Chile, empresa de la quinta región que se dedica a gestionar los residuos inertes que producen las obras de construcción de forma sustentable, Álvaro ríos, profesional de la Seremi de Medio ambiente de la región metropolitana, Felipe Marchant, profesional de la municipalidad de La Pintana, que trabaja como director del equipo de la Dirección de Gestión Ambiental (DIGA) y Bernardita Álvarez, profesional que es parte del equipo de la Dirección de Sostenibilidad de la Municipalidad de Lo Barnechea, colaboraron con su opinión y punto de vista.

Las discusiones se enfocaron principalmente en los problemas que se viven actualmente en Chile con respecto a la disposición final, el transporte y la generación de RCD. ¿Qué se necesita para poder tener un mayor control y manejo de los RCD en Chile?, ¿se debería establecer un(a) cargo(tarifa) específico(a) para disposición final de RCD?

En Chile existen sitios donde se dispone de forma irregular y más aún fuera de la región metropolitana, ya que en nueve regiones del país no hay sitios de escombros regulados (MINVU, 2019). En la región de Valparaíso ocurren situaciones donde se otorgan certificados o permisos que son usados para disponer RCD mezclados.

Karen Aguilera: “Existe un Permiso de obra menor por relleno controlado, que se debería sacar para depositar tierras limpias libre de desperdicio RCD industriales en rellenos, sin embargo, se está sacando para disponer todos los residuos mezclados y luego se tapa con tierra”.

Es más, Karen asegura que existe un mercado negro que vende estos permisos.

Karen Aguilera: “Actualmente existe un mercado negro asociado a los permisos y esto nace porque las constructoras al subcontratar el servicio de transporte provocan que toda la responsabilidad recaiga en ellos, entonces, existen transportistas que cumplen el requerimiento de tener un permiso, sin embargo, hay otros que no”.

Subcontratar los servicios de transporte, genera que hoy en día las empresas no tengan un total conocimiento de donde se disponen sus residuos, ya que es el mercado mismo el que permite a los transportistas y a los generadores ahorrar en desmedro del medio ambiente.

Felipe Marchant: “En el mercado creado por el generador, transportistas y la disposición final, se crean incentivos económicos que puede bajar el costo del transportista y el generador (...) botando los escombros en los bienes nacionales de uso público que son de administración de una municipalidad y nosotros nos terminamos haciendo cargo de esto, lo que significa un gasto público”.

Culturalmente, el rubro se ha caracterizado por enfatizar sus acciones en el cuidado de la Salud de los trabajadores, contratando empresas encargadas de las acciones de prevención de riesgos y tratamiento de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales, sin embargo, no sucede lo mismo con el cuidado al medio ambiente, ya que son escasas las empresas que dedican recursos a la gestión de residuos y a la innovación.

Bernardita Álvarez: “Si queremos construir un país más igualitario y sostenible en el tiempo, las empresas se tienen que empezar a hacer cargo de los residuos, ya que esto es un problema cultural, donde las empresas no entienden el impacto que generan”.

Karen Aguilera: “históricamente el rubro no se ha caracterizado por innovar, se ha seguido construyendo igual como se hacía hace 50 años atrás”.

La eliminación de material completamente reciclable, utilizándolo para esconder o tapar los cúmulos de escombros que se generan en algún lugar, además de los constantes intentos de ahorro por parte de empresas constructoras, son situaciones que ocurren y son consecuencia de la inadecuada gestión de RCD que existe en el país. Esto impide que los modelos de negocios circulares puedan competir en el mercado relacionado con la cadena de generación, transporte y recepción de residuos.

Karen Aguilera: “La situación es claramente preocupante porque, además, el material que más nos debería llegar es el hormigón, pero estos terminan en botaderos con el fin de tapar los residuos en las quebradas y nosotros no podemos competir con eso, ya que ellos reciben de forma gratuita el hormigón”.

Felipe Marchant: “Me han llamado gestores de residuos que, para intentar ahorrar, me dan ofertas donde me regalan tierra. Y si yo aceptase estaría permitiendo que una empresa privada ahorra a costa de la municipalidad”.

Estas situaciones que suceden en nuestro país provocan una cadena de malas prácticas que termina perjudicando al medio ambiente y a la calidad de vida de las

personas. Ahora, ¿porque no fiscalizar sitios donde se dispone de forma irregular los residuos?, la respuesta es clara, en Chile tenemos un problema grave a nivel sanitario, donde la poca cantidad de sitios regulados de disposición final y la constante proliferación de basurales y microbasurales ilegales, genera que los mismos sitios irregulares terminen siendo fundamentales y necesarios, si estos sitios no existieran, no habría lugar donde disponer. A su vez, la situación sanitaria varía según las comunas, ya que en Chile existen sectores con altas tasas de generación de RCD y otros lugares donde la vulnerabilidad es mayor y solo se reciben tales residuos (Ossio, F.; Molina-Ramírez, J., Schmitt, C. y Larrain, 2020).

Álvaro Ríos: “Acá tenemos un real problema sanitario, no hay lugares para disponer, hoy en día los rellenos son más caros que las escombreras, porque el primero tiene más tratamientos y más procesos que terminan significando más dinero, por otro lado, las escombreras no tienen reglamento, por lo mismo es más barato”.

Karen Aguilera: “Esto no se fiscaliza porque al momento de cerrar estos sitios, nos quedaríamos sin lugares para disponer”.

Felipe Marchant: “En nuestra comuna no existen vertederos autorizados”.

Las soluciones que pueden surgir de este problema son varios, dentro de ellos los Karen Aguilera cuenta que la educación es algo fundamental que puede crear una cultura sustentable dentro del rubro.

Karen Aguilera: “Para controlar la generación de RCD se debe ver el trabajo que se hace en obra y la educación en obra. Primero tener alguien que esté a cargo de los residuos en obra es lo principal, luego de ello educar a toda la línea de acción, no solo a uno, sino que a todos. También por otro lado trabajar en el tema de los protocolos, porque muchas veces se priorizan los protocolos de seguridad y no del cuidado al medio ambiente”.

Por otro lado, Felipe Marchant cree que los agentes privados como los mandantes de las obras deberían pagar y responsabilizarse de donde se disponen los residuos de sus obras.

Felipe Marchant: “Para controlar la disposición final deberíamos controlar a los mandantes, ellos son los que pagan, deberían tener la certificación de los lugares de disposición final “.

En Chile actualmente no hay un desarrollo sustentable, son escasas las políticas públicas y pocas las alternativas que puedan generar un cambio a nivel cultural. Tanto Álvaro Ríos como Bernardita Álvarez comentan esta necesidad enfocando sus miradas en la segregación en origen, valorización y plantas de reciclaje.

Álvaro Ríos: “En Chile faltan Políticas públicas que vayan de la mano con la hoja de construcción sustentable y la hoja de ruta, que fomente la segregación en origen y que, si o si valoricen la tierra, no es posible que la tierra termine en rellenos y/o vertederos. También es necesario tener plantas de reciclaje de primero, residuos inertes”.

Bernardita Álvarez: “Con respecto a los centros de tratamientos, tal vez sería lo ideal hacer centros de transferencia y acopiar y luego llevar hacia otros sectores donde tenga centro de reciclaje más amplio y pueda obtener a lo mejor un subproducto”.

Unas de las acciones que pueden llegar a generar un cambio positivo en la gestión de residuos es la generación de un esquema tarifario que pueda reducir la cantidad de vertederos ilegales y aumenta el reciclaje y valorización de RCD. Por lo mismo, se les preguntó sobre esto a los cuatro entrevistados y ellos comentaron lo siguiente:

Karen Aguilera: “Con respecto a si creo que deberían establecer una tarifa para la disposición final, yo creo que sí, porque hoy en día para entrar a la industria uno tiene que trabajar con precios muy bajos para tener mayor volumen, debido a que

no hay tratamiento ni gestión, por lo tanto, si se llega a controlar esto, nosotros como organización, sabríamos como poder competir y todo se normalizaría”.

Felipe Marchant: “No estoy de acuerdo con la tarifa para la disposición final debido a que eso es inmiscuirse en un mercado que ya está regulado, las municipalidades solo tienen facultades de establecer tributo por los servicios que el municipio brinda, (...) nuestra logística u orientación está marcada en dar un servicio a la comunidad como ciudadanos, que son aquellos para los cuales estamos mandatados, pero la empresa en general primero busca el lucro. Muchos de los proyectos de construcción pasan por evaluación medio ambiental, por lo tanto, también deben indicar los RCD que van a generar y como lo van a resolver. Desde esa lógica no sería conveniente que las municipalidades regulen esto”.

Bernardita Álvarez: “Con respecto a la tarifa hay que ver si es posible o no dependiendo del territorio, los municipios son claves porque cada uno sabe la realidad de su territorio, ellos saben cuánto generan y si es posible una medida de ese tipo” (Bernardita).

Álvaro Ríos: “No creo que sea lo mejor, debido a que en Chile lo que se paga es manejado por el mercado y la tarifa lo define el destinatario, el problema acá es que es muy barato disponer y por eso las constructoras prefieren llevar sus residuos a otro lado, pero la pregunta acá es si realmente tenemos infraestructura para disponer legalmente, en regiones sabemos que no tenemos, entonces no sacamos nada con poner una tarifa si no tenemos un lugar donde disponer”.

Si bien las empresas privadas que se dedican a la gestión de residuos pueden salir beneficiadas mediante un esquema tarifario, dentro del contexto actual chileno no es muy factible establecer un esquema tarifario, ya que la falta de disposición final autorizada para este tipo de residuos es escasa, por lo tanto, realizar esta acción puede empeorar la situación sanitaria del país y provocar un aumento del vertido ilegal.

6. Conclusiones y recomendaciones

Para terminar con este proceso de investigación, se concluye a partir del objetivo general propuesto anteriormente, el cual se centraba en identificar la disposición a pagar de las empresas constructoras a nivel nacional con foco en la Región Metropolitana a través del método de valorización contingente, cuyo fin era entregar antecedentes analíticos e información de mercado a modelos de negocio circulares aportando con un valor monetario máximo a pagar por el servicio de recolección segregada de distintos tipos de RCD, entre otras conclusiones útiles a políticas públicas.

Frente a lo señalado se puede mencionar que, sobre la base de la información recopilada mediante encuestas realizadas a empresas constructoras, entrevistas a profesionales con conocimiento sobre el tema y juicio propio de investigador, se puede decir que, la máxima disposición a mejorar la gestión de RCD que existe actualmente en Chile para residuos inertes, no inertes, mezclado con más cantidad de inerte que de no-inerte y mezclado con menos cantidad de inerte fue de 8,77 [US \$/ton], 7,73 [US \$/ton], 7,98 [US \$/ton] y 8,22 [US \$/ton] respectivamente y esta no supera el precio que se está pagando por retiro y eliminación de RCD es de 9,68 [US \$/ton]. Por lo tanto, se puede determinar que en Chile las empresas no tienen una disposición a mejorar la gestión de RCD.

Al mismo tiempo es relevante mencionar que los resultados de la regresión múltiple revelaron la significancia de cuatro variables: x_1, x_2, x_3 y x_4 , estas son variables significativas que cambian la disposición a pagar de las empresas en Chile. Por otro lado, la situación nacional actual en la industria revela que existen prácticas con respecto al transporte, gestión y estrategias organizacionales que no cumplen una acción ambientalmente responsable con la generación de RCD. Prácticas como no poseer un proveedor estable para el transporte, tener una baja tasa de clasificación y realizar una escasa recolección, reflejan las consecuencias de vivir en un país con una economía lineal que no ha innovado y no ha desarrollado cambios que permitan un desarrollo sustentable para la industria.

La constante generación de residuos de la construcción abre una oportunidad a que se desarrolle un mercado que pueda valorizar y aprovechar estos residuos al volver a utilizarlos. Esto generaría beneficios económicos, sociales y medioambientales, a raíz de la potencialidad de generar nuevos empleos y a la disminución de vertederos y daños urbanísticos. El valor monetario máximo a pagar sirve como antecedente analítico de mercado, ya que expresa el precio de reserva, que en este caso es el precio más alto que la empresa constructora está dispuesta a pagar por un servicio. Esto ayuda a crear, a partir de esta información, modelos de negocios circulares, que tengan en cuenta el precio de reserva del consumidor.

Los resultados de este estudio sirven como punto inicial para poder saber si realmente es factible tener una economía sustentable dentro del rubro de la construcción. Sabemos que por parte de las empresas constructoras existe una resistencia a pagar para mejorar la gestión que existe actualmente en Chile, además a partir de las entrevistas realizadas, se puede observar otra barrera que impide la formación de un mercado que maneje los residuos: la situación sanitaria del país, esta imposibilita realizar un gestión ambientalmente responsable de los RCD debido a que la creciente necesidad de tener sitios de disposición, estaría provocando que el vertido ilegal sea cada vez más una necesidad.

Sin embargo, la identificación de variables significativas posibilita saber cómo son las empresas que están dispuestas a pagar por un servicio de recolección de residuos de construcción, por lo tanto, para mejorar la gestión de actual de RCD es necesario ejecutar políticas públicas, planes y/o acciones privadas que se enfoquen en estas variables para generar un cambio a nivel cultural en la industria y que se pueda reemplazar ciclos de producción lineales por ciclos circulares.

De las cuatro variables encontradas, x_1 es la más significativa, es decir que la información adquirida con respecto a la planificación utilizando criterios de economía circular por parte de los trabajadores del equipo de obra y gerencia, provoca un cambio en la disposición a pagar. Este entendimiento se puede lograr a través de educación, comprensión teórica o práctica, que se puede desarrollar tanto en la vida escolar, universitaria como profesional.

La variable x_2 , representa la opinión por parte de las personas encuestadas con respecto al deber del Estado. Los encuestados que creen que el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones debería empadronar a los transportistas autorizados, son las personas que están menos dispuestas a pagar. Esto explica que las personas encuestadas que quieren mejorar la gestión de los RCD no ven al Estado como un ente que deba hacerse cargo de los problemas relacionados a los transportistas.

Los encuestados que están de acuerdo con que la gestión de residuos mejora la venta y servicios (x_3), son las que están más dispuestas a pagar, por lo tanto, los trabajadores que quieren mejorar la gestión de RCD en Chile, ven un valor agregado a las actividades de materiales que hayan perdido su utilidad.

Dentro de las estrategias comerciales y operacionales, el aumento de la productividad (x_4), logró una significancia importante, lo que denota que las personas encuestadas que le dan importancia a los recursos utilizados y a los residuos generados para la obtención de un producto también están más dispuestas a pagar para una mejora en la gestión de RCD.

Si bien estas cuatro variables son importantes, hay una mayor tendencia a pagar cuando las personas encuestadas tienen un mayor conocimiento sobre la planificación en obra utilizando criterios de economía circular. Para fomentar este conocimiento es necesario que las políticas públicas estén bien focalizadas en este sentido y que sean comunicadas de forma efectiva hacia el equipo de obra y gerencia, dando la real importancia de los beneficios que significa un cambio a nivel cultural y conductual como este.

Con todo lo anteriormente recopilado, se puede señalar que la primera parte de la hipótesis formulada referente a que las variables significativas son aquellas que se relacionan con "el escenario de clasificación de RCD, responsabilidad ambiental, características socioeconómicas y políticas medio ambientales" es refutada debido a que las variables significativas resultantes fueron aquellas relacionadas con el conocimiento, acciones del Estado, gestión y productividad. Por otro lado, la segunda parte de la hipótesis referente a que las variables son explicadas por "el

rol del Estado y de las empresas privadas, brechas y oportunidades de nuestro país”, se puede confirmar, puesto que las irregularidades que suceden en nuestro país son producto de fallas por parte del sector privado y del Estado debido a la falta de normativas y herramientas que permitan la aplicación de la jerarquía en el manejo y gestión de RCD. Además, las brechas relacionadas con el desbalance entre comunas y el desconocimiento sobre normativas y leyes explican la inadecuada gestión de residuos que hay actualmente en el país.

Finalmente, he concluido que en Chile actualmente no se puede mejorar la gestión de RCD, puesto que los trabajadores (de obra y gerencia) no están dispuestos a tener un costo más alto que el de disposición final y además la situación a nivel país impide un cambio cultural. En este proyecto de investigación he vislumbrado que los RCD son un gran problema en nuestro país, ya que además de contaminar el medio ambiente, esta amplía la brecha de desigualdad en nuestra sociedad. En Chile para poder generar un rubro completamente circular, es primordial combatir el vertido ilegal, debido a que hoy en día no existe forma de combatirla y es la causante principal de la mayoría de los problemas. Para lograr esto, es necesario más trabajos científicos que investiguen la forma de poder desviar los residuos de los vertederos. Cuando en Chile se controle el vertido ilegal, se le podrá otorgar poder a los modelos de negocios circulares, puesto que habrá una competencia de mercado con igualdad de condiciones.

Se sugiere seguir realizando este tipo de estudios que permitan conocer aún más este rubro. Si bien la situación actual país no es favorable, existe un camino que se puede demarcar a través de la investigación y la ciencia. Los análisis que se hicieron en este estudio están basados en prácticas que se han realizado durante años en la sociedad chilena, por lo tanto, es labor de la investigación seguir reflejándolos y mostrando lo dañino que son.

Bibliografía

- Abrey, M., & Smallwood, J. J. (2014). The effects of unsatisfactory working conditions on productivity in the construction industry. *Procedia Engineering*, 85, 3–9. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.522>
- Afroz, R., & Masud, M. M. (2011). Using a contingent valuation approach for improved solid waste management facility: Evidence from Kuala Lumpur, Malaysia. *Waste Management*, 31(4), 800–808. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.10.028>
- Agenda, I. (2016). *Shaping the Future of Construction A Breakthrough in Mindset and Technology*. (May).
- Bedoya Montoya, C. M. (2011). *Construcción sostenible: para volver al camino*. Escuela de Hábitat.
- Bao, Z., & Lu, W. (2020). Developing efficient circularity for construction and demolition waste management in fast emerging economies: Lessons learned from Shenzhen, China. *Science of the Total Environment*, 724, 138264. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138264>
- Basili, M., Di Matteo, M., & Ferrini, S. (2006). Analysing demand for environmental quality: A willingness to pay/accept study in the province of Siena (Italy). *Waste Management*, 26(3), 209–219. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2004.12.027>
- Begum, R. A., Siwar, C., Pereira, J. J., & Jaafar, A. H. (2007). Factors and values of willingness to pay for improved construction waste management - A perspective of Malaysian contractors. *Waste Management*, 27(12), 1902–1909. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2006.08.013>
- Bravo, J., Valderrama, C., & Ossio, F. (2019). Cuantificación Económica de los Residuos de Construcción de una Edificación en Altura: Un Caso de Estudio. *Información Tecnológica*, 30(2), 85–94. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642019000200085>
- Bravo, M., De Brito, J., Pontes, J., & Evangelista, L. (2015). Mechanical performance of concrete made with aggregates from construction and demolition waste recycling plants. *Journal of Cleaner Production*, 99(2015), 59–74. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.03.012>

- Bruno, L. (2019). Cuarto Reporte del Estado del Medio Ambiente. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Cassells, S. y Lewis, K. (2011). Pymes y responsabilidad ambiental: ¿las acciones reflejan actitudes ?. *Responsabilidad social empresarial y gestión ambiental* , 18 (3), 186-199.
- CChC. (2016). Informe MACH. CChC, 44, 137. Retrieved from <https://www.cchc.cl/uploads/archivos/archivos/MACH-44.pdf>
- Chamizo-González, J., Cano-Montero, E. I., & Muñoz-Colomina, C. I. (2018). Does funding of waste services follow the polluter pays principle? The case of Spain. *Journal of Cleaner Production*, 183, 1054–1063. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.225>
- Coelho, A., & Brito, J. de. (2013). Environmental analysis of a construction and demolition waste recycling plant in Portugal - Part I: Energy consumption and CO2 emissions. *Waste Management*, 33(5), 1258–1267. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.01.025>
- Construye 2025, CORFO, Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Medio Ambiente y Obras Públicas, Gobierno de Chile (2020). Hoja de ruta RCD Consulta Pública, Gestión sustentable de los recursos y residuos, RCD, para una economía circular en construcción. (1era. Ed). Recuperado el 14 de Abril del 2021, desde http://construye2025.cl/rcd/wp-content/uploads/2020/08/HDR-PAGINA_RCD_200825.pdf
- Cordella, M., & Kaps, R. (2018). Sustainability of Bio-based Products: Linking Life Cycle Thinking with Standards, Certification and Labelling Schemes. In *Designing Sustainable Technologies, Products and Policies*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66981-6_52
- Corporación de Desarrollo Tecnológico. (2018). Diagnóstico sobre la gestión de residuos sólidos de las empresas del sector construcción, y propuesta de acuerdo de producción limpia. 93.
- Corporación de Desarrollo Tecnológico de la CChC. (2020). Gestión de Residuos para mejorar la productividad en la empresa. (January), 37. Retrieved from http://informatica.cdt.cl/documentos/registroCDT/ediciones_tecnicas/documentos/40_Gestion_de_Residuos_para_Mejorar_la_Productividad_en_la_Empresa.pdf

- Deloitte. (2017). Resource Efficient Use of Mixed Wastes - Fact sheet Denmark - Construction and Demolition Waste Management in Denmark.
- Ding, Z., Wang, Y., & Zou, P. X. W. (2016). An agent based environmental impact assessment of building demolition waste management: Conventional versus green management. *Journal of Cleaner Production*, 133, 1136–1153. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.054>
- Ding, Z., Yi, G., Tam, V. W. Y., & Huang, T. (2016). A system dynamics-based environmental performance simulation of construction waste reduction management in China. *Waste Management*, 51, 130–141. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.03.001>
- Dupré, M. (2014). How to communicate on sorting? Several individual definitions and several strategies. *Waste Management*, 34(2), 247–248. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.12.007>
- Duran, X., Lenihan, H., & O'Regan, B. (2006). A model for assessing the economic viability of construction and demolition waste recycling - The case of Ireland. *Resources, Conservation and Recycling*, 46(3), 302–320. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2005.08.003>
- Ellen Macarthur Foundation. (2017). Hacia Una Economía Circular: Motivos económicos para una transición acelerada. Fundación Ellen MacArthur, 22. Retrieved from https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Executive_summary_SP.pdf
- European Commission. (2011). Roadmap to a Resource Efficient Europe. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council and the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. European Commission, 1–26.
- European Commission. (2018). Measuring progress towards circular economy in the European Union – Key indicators for a monitoring framework. <https://ec.europa.eu/>, 60.
- Fauziah, S. H., & Agamuthu, P. (2010). Closure and post-closure of landfills in Malaysia: Lessons learnt. *Malaysian Journal of Science*, 29(3), 231–238.

<https://doi.org/10.22452/mjs.vol29no3.6>

- Ferriz-Papi, J. A., & Thomas, S. (2020). Recycled Aggregates from Construction and Demolition Waste in the Production of Concrete Blocks. *Journal of Construction Materials*, 2(1), 1397–1402. <https://doi.org/10.36756/jcm.v2.1.6>
- Galán, B., Viguri, J. R., Cifrian, E., Dosal, E., & Andres, A. (2019). Influence of input streams on the construction and demolition waste (CDW) recycling performance of basic and advanced treatment plants. *Journal of Cleaner Production*, 236. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.354>
- Gangoellis, M., Casals, M., Forcada, N., & Macarulla, M. (2014). Analysis of the implementation of effective waste management practices in construction projects and sites. *Resources, Conservation and Recycling*, 93(2014), 99–111. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.10.006>
- Ghaffar, S. H., Burman, M., & Braimah, N. (2020). Pathways to circular construction: An integrated management of construction and demolition waste for resource recovery. *Journal of Cleaner Production*, 244, 118710. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118710>
- Ghisellini, P., Ripa, M., & Ulgiati, S. (2018). Exploring environmental and economic costs and benefits of a circular economy approach to the construction and demolition sector. A literature review. *Journal of Cleaner Production*, 178, 618–643. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.207>
- Gray, E. R., & Balmer, J. M. (1998). Managing corporate image and corporate reputation. *Long range planning*, 31(5), 695-702.
- Habitat, O. N. U. (2016). Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (2016). Urbanización y desarrollo: Futuros emergentes. reporte Ciudades del Mundo.
- Huang, B., Wang, X., Kua, H., Geng, Y., Bleischwitz, R., & Ren, J. (2018). Construction and demolition waste management in China through the 3R principle. *Resources, Conservation and Recycling*, 129(April 2017), 36–44. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.029>

- Instituto Nacional de Estadísticas (INE). Sin Fecha. Resultados Censo 2017. Instituto Nacional de Estadísticas: Santiago de Chile. Disponible en: <http://resultados.censo2017.cl/>
- Instituto Nacional de Normalización (Chile). NCh 3562:2019 Gestión de Residuos – Residuos de Construcción y Demolición (RCD) – Clasificación y directrices para el plan de gestión. Santiago, Chile, 2019. 21p.
- Jaillon, L., Poon, C. S., & Chiang, Y. H. (2009). Quantifying the waste reduction potential of using prefabrication in building construction in Hong Kong. *Waste Management*, 29(1), 309–320. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.02.015>
- Jain, S., Singhal, S., Jain, N. K., & Bhaskar, K. (2020). Construction and demolition waste recycling: Investigating the role of theory of planned behavior, institutional pressures and environmental consciousness. *Journal of Cleaner Production*, 263, 121405. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121405>
- Juan-Valdés, A., Rodríguez-Robles, D., García-González, J., Sánchez de Rojas Gómez, M. I., Ignacio Guerra-Romero, M., De Belie, N., & Morán-del Pozo, J. M. (2020). Mechanical and microstructural properties of recycled concretes mixed with ceramic recycled cement and secondary recycled aggregates. A viable option for future concrete. *Construction and Building Materials*, (xxxx). <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121455>
- Kabirifar, K., Mojtahedi, M., Wang, C., & Tam, V. W. Y. (2020). Construction and demolition waste management contributing factors coupled with reduce, reuse, and recycle strategies for effective waste management: A review. *Journal of Cleaner Production*, 263, 121265. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121265>
- Kartam, N., Al-Mutairi, N., Al-Ghusain, I., & Al-Humoud, J. (2004). Environmental management of construction and demolition waste in Kuwait. *Waste Management*, 24(10), 1049–1059. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2004.06.003>
- Larsen, AW, Vrgoc, M., Christensen, TH y Lieberknecht, P. (2009). Consumo de diésel en recogida y transporte de residuos y su importancia medioambiental. *Waste Management & Research*, 27 (7), 652–659. <https://doi.org/10.1177/0734242X08097636>

- Lagos F. Leyton S. (2020, enero). Crecimiento del PIB tendencial después de la crisis, informe calculo PIB tendencial (1era. Ed). Recuperado el 17 de mayo del 2020, descargable en <https://clapesuc.cl/investigaciones/crecimiento-del-pib-tendencial-despues-de-la-crisis/>
- Li, J. R., Ding, Z. K., Mi, X. M., Wang, J. Y., & Zhu, J. L. (2010). Investigation on the on-site construction waste reduction measures. *Journal of Engineering Management*, 24(03), 332-335.
- Li, J., Zuo, J., Cai, H., & Zillante, G. (2018). Construction waste reduction behavior of contractor employees: An extended theory of planned behavior model approach. *Journal of Cleaner Production*, 172, 1399–1408. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.138>
- Li, J., Zuo, J., Guo, H., He, G., & Liu, H. (2018). Willingness to pay for higher construction waste landfill charge: A comparative study in Shenzhen and Qingdao, China. *Waste Management*, 81, 226–233. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.09.043>
- Li, J., Zuo, J., Wang, G., He, G., & Tam, V. W. Y. (2020). Stakeholders' willingness to pay for the new construction and demolition waste landfill charge scheme in Shenzhen: A contingent valuation approach. *Sustainable Cities and Society*, 52(June 2019). <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101663>
- López Ruiz, L. A., Roca Ramón, X., & Gassó Domingo, S. (2020). The circular economy in the construction and demolition waste sector – A review and an integrative model approach. *Journal of Cleaner Production*, 248. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119238>
- Lu, W., Peng, Y., Webster, C., & Zuo, J. (2015). Stakeholders' willingness to pay for enhanced construction waste management: A Hong Kong study. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47, 233–240. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.03.008>
- Lu, W., & Tam, V. W. Y. (2013). Construction waste management policies and their effectiveness in Hong Kong: A longitudinal review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 23, 214–223. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.03.007>
- Marzouk, M., & Azab, S. (2014). Environmental and economic impact assessment of

construction and demolition waste disposal using system dynamics. Resources, Conservation and Recycling, 82, 41–49. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.10.015>

MINCETUR, M. de C. E. y T. (2018). Buenas Prácticas Ambientales. Sistema de Aplicación de Buenas Prácticas Ambientales Del Sector Turismo.

Ministerio de Medio Ambiente. (2016). Guía de Educación Ambiental y Residuos. Liminales, 1(3), 33. Retrieved from <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/08/Guia-de-Educacion-Ambiental-y-Residuos.pdf>

Ministerio de Medio Ambiente. (2017). Estrategia regional de residuos sólidos - Región Metropolitana de Santiago 2017-2021. 114. Retrieved from <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/03/PUBLIC-Estrategia-Reg-Residuos-Solidos-Digital.pdf>

Ministerio del Medio Ambiente. (2019). Quinto reporte del estado del medio ambiente. Santiago de Chile. Recuperado el 17 de mayo del 2020, desde <https://sinia.mma.gob.cl/quinto-reporte-del-estado-del-medio-ambiente/>

Ministerio del Medio Ambiente. (2020). Tercer Informe del Estado del Medio Ambiente. Santiago de Chile. Recuperado el 2 de Abril del 2021, desde <https://sinia.mma.gob.cl/interactivo-iema2020/>

MINVU. (2019). MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO División Técnica – DITEC Secretaría Ejecutiva de Construcción Sustentable LICITACIÓN CHILE INFORME FINAL RESUMEN EJECUTIVO. 1–37.

Molina-Ramírez, J., Ossio, F. y Urria, D. (2019). Construction and Demolition Waste Generated in the Annual New Housing Stock in Chile [base de datos].

Oriana Fernández (2017), Identifican 73 vertederos ilegales en Santiago y la mitad son peligrosos. Fundación Terram, Recuperado el 17 de mayo del 2020, desde: <https://www.terram.cl/2017/09/identifican-73-vertederos-ilegales-en-santiago-y-la-mitad-son-peligrosos/>

Ossio, F.; Molina-Ramírez, J., Schmitt, C. y Larrain, H. (2020). CAPÍTULO IX Políticas municipales estandarizadas para el manejo sustentable de residuos de. Centro UC,

Políticas Públicas., (April), 289–317. Retrieved from <https://politicaspUBLICAS.uc.cl/wp-content/uploads/2020/03/CAP-9.pdf>

Organización de Naciones Unidas (2015). Objetivos de desarrollo sostenible- agenda 2030 sobre desarrollo sostenible. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>

Rai, R. K., Nepal, M., Khadayat, M. S., & Bhardwaj, B. (2019). Improving municipal solid waste collection services in developing countries: A case of Bharatpur Metropolitan City, Nepal. *Sustainability (Switzerland)*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/su11113010>

Sieffert, Y., Huygen, J. M., & Daudon, D. (2014). Sustainable construction with repurposed materials in the context of a civil engineering-architecture collaboration. *Journal of Cleaner Production*, 67, 125–138. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.12.018>

Smol, M., Kulczycka, J., Henclik, A., Gorazda, K., & Wzorek, Z. (2015). The possible use of sewage sludge ash (SSA) in the construction industry as a way towards a circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 95, 45–54. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.051>

SUBDERE. (2018). “Diagnóstico de la situación por comuna y por región en materia de RSD y asimilables.” 56.

Tam, V. W. Y., & Tam, C. M. (2007). Crushed aggregate production from centralized combined and individual waste sources in Hong Kong. *Construction and Building Materials*, 21(4), 879–886. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2005.12.016>

Tapia A. (2019, noviembre 13). Un país que gestiona sus recursos en forma eficiente, impacta positivamente en los ámbitos social, ambiental y económico. Reporte Sostenible. Recuperado el 17 de mayo del 2020, de <http://reportesostenible.cl/blog/un-pais-que-gestiona-sus-recursos-en-forma-eficiente-impacta-positivamente-en-los-ambitos-social-ambiental-y-economico/>

UE. (2008). Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008 , sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas. Parlamento Europeo, 28 pags. (43 artículos). Retrieved from <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:312:0003:01:ES:HTML>

- US Environmental Protection Agency. (2016). Advancing sustainable materials management: 2014 Fact Sheet. United States Environmental Protection Agency, Office of Land and Emergency Management, Washington, DC 20460, (November), 22. Retrieved from https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-11/documents/2014_smmfactsheet_508.pdf
- Wang, J., Li, Z., & Tam, V. W. Y. (2015). Identifying best design strategies for construction waste minimization. *Journal of Cleaner Production*, 92, 237–247. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.076>
- Won, J., & Cheng, J. C. P. (2017). Identifying potential opportunities of building information modeling for construction and demolition waste management and minimization. *Automation in Construction*, 79, 3–18. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.02.002>
- Wu, H., Wang, J., Duan, H., Ouyang, L., Huang, W., & Zuo, J. (2016). An innovative approach to managing demolition waste via GIS (geographic information system): A case study in Shenzhen city, China. *Journal of Cleaner Production*, 112, 494–503. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.096>
- Xiao, L., Zhang, G., Zhu, Y., & Lin, T. (2017). Promoting public participation in household waste management: A survey based method and case study in Xiamen city, China. *Journal of Cleaner Production*, 144, 313–322. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.022>
- Yang, H., Xia, J., Thompson, J. R., & Flower, R. J. (2017). Urban construction and demolition waste and landfill failure in Shenzhen, China. *Waste Management*, 63, 393–396. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.01.026>
- Zhang, C., Hu, M., Dong, L., Xiang, P., Zhang, Q., Wu, J., ... Shi, S. (2018). Co-benefits of urban concrete recycling on the mitigation of greenhouse gas emissions and land use change: A case in Chongqing metropolis, China. *Journal of Cleaner Production*, 201, 481–498. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.238>

Anexos

Anexo 1: Encuesta de la investigación.

Enlace de la encuesta: <https://goramirez96.typeform.com/to/saggMpKA>

Encuesta de Residuos de Construcción y Demolición (RCD)

¡Bienvenida y Bienvenido!

La presente encuesta se enmarca dentro de una investigación en Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Diego Portales con colaboración intersectorial. El objetivo de este cuestionario es estudiar prácticas y percepciones sobre gestión sostenible de residuos en el rubro de edificación. Su participación tomará aproximadamente 25 minutos.

La encuesta es anónima, para la persona y organización. Sus respuestas serán totalmente confidenciales. La base de datos que se obtenga será utilizada sin fines comerciales, para elaborar documentos de tesis, publicaciones científicas e informar a la comunidad relacionada con el ámbito residuos de construcción y demolición para así ayudar a fomentar e implementar una economía circular en este sector.

Su participación es esencial para el desarrollo de este proyecto.

¡La gestión sostenible de residuos la enfrentamos entre todas y todos!

Gracias por participar,

Gonzalo Ramírez Rodríguez (gonzalo.ramirez@mail.udp.cl)

Equipo Gestión Sostenible de Residuos de Construcción y Demolición

Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Diego Portales

Institución asociada: Escuela de Construcción Civil, Pontificia Universidad Católica de Chile

Oficina de Implementación Legislativa y Economía Circular del Ministerio del Medio Ambiente

1. Años de su experiencia en construcción

| | | | |
|------------|---------|---------|-----------|
| Menos de 5 | 6 a 10 | 11 a 15 | 16 a 20 |
| 21 a 25 | 26 a 30 | 31 a 40 | Más de 41 |

2. Máximo nivel educacional completado

| | | | | | |
|--------|-------|---------|-----------------------|---------------|---|
| Básica | Media | Técnica | Instituto Profesional | Universitaria | Postgrado (doctorados, magísteres, MBAs, etc) |
|--------|-------|---------|-----------------------|---------------|---|

3. Indique en que posición se situaría su cargo dentro de la organización.

- Personal en Obra (Administradora(e) de Obra, Superior de Obra, Jefe oficina técnica, Encargado de bodega, otro)
- Equipo de gerencia (Gerenta(e) de Seguridad, Gerenta(e) de Medio Ambiente, Gerenta(e) General /Director(a), Gerenta(e) de Recursos Humanos, Propietaria(o) / Socia(o) o Accionista, otro)

4. Indique el cargo que desempeña dentro de la organización.

5. Tipo de organización.

| | | |
|------------------------|-----------------------|------------------|
| Organización pública | Servicio Publico | Sociedad Anónima |
| Sociedad de Resp. Ltda | Sociedad por Acciones | Corporación |
| Fundación | | |

6. Número total de trabajadoras(es) en la organización.

| | | | |
|--------------|------------------|-------------------|--------------------|
| 1 a 9(Micro) | 10 a 49(Pequeña) | 50 a 199(Mediana) | Más de 200(Grande) |
|--------------|------------------|-------------------|--------------------|

7. Actividad principal de la organización.

| | | | |
|--------------|-------------|---------------------------|--------------|
| Construcción | Demolición | Construcción y Demolición | Inmobiliaria |
| Restauración | Instalación | Otro (especifique) | |

8. Indique la región en la que se encuentra su organización.

9. Indique si su organización se dedica al rubro de la edificación residencial en altura.

Si No

10. Número de obras de construcción en curso.

1 2-5 6-10 Más de 10

11. Número de obras de construcción durante 2019.

1 2-5 6-10 Más de 10

12. Marque con una X el tipo de trabajadoras(es) en la organización.

| | Menos de 20% | 21 a 40% | 41 a 60% | 61 a 80% | Más de 80% | No se |
|------------------|--------------|----------|----------|----------|------------|-------|
| Con Contrato | | | | | | |
| Subcontratadas | | | | | | |
| Extranjeras(os) | | | | | | |
| Trabajan en Obra | | | | | | |

13. Califique la influencia de los siguientes factores en la estrategia comercial y de operaciones de la organización

| | Poco Importante | Medianamente Importante | Importante | Muy Importante | Extremadamente Importante |
|---|-----------------|-------------------------|------------|----------------|---------------------------|
| Aumentar Productividad | | | | | |
| Bajar Costos | | | | | |
| Prevenir Generación de Residuos en Obra | | | | | |
| Mejorar Salud y Seguridad | | | | | |
| Mejorar Imagen de la Organización | | | | | |

14. Indique si hay un sistema de gestión ambiental disponible en la organización.

Si No Estamos trabajando en uno

14. Indique si hay un sistema de certificación ambiental (CES, LEED, certificación de vivienda sustentable) disponible en la organización.

Si No Estamos trabajando en uno

Sección B. Manejo de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) y su Precio

16. Indique si la organización cuenta con un(a) proveedor(a) estable para el transporte de RCD.

Si No

17. Indique la frecuencia de recolección de residuos en las obras que ejecuta la organización.

Diaria Tres veces por semana Dos veces por semana
 Una vez por semana Una vez por mes Sin frecuencia fija No sé

18. Señale entre las siguientes opciones la clasificación de RCD que se usa en la práctica en sus obras.

| | Si | No | No se | Indicar |
|---|----|----|-------|---------|
| Las tierras de excavación se gestionan con el mismo proveedor de retiro de residuos | | | | |
| Las tierras de excavación tienen un destino diferente al de los escombros. Si la respuesta es sí, indicar cuál | | | | |
| Se clasifican y separan los residuos peligrosos | | | | |
| Cuento con programa de entrenamiento al personal sobre la gestión de residuos peligrosos en obra. | | | | |
| Residuos asimilables a domiciliarios (envases de bebidas, comidas y otros) se mezclan en obra con otros RCD. | | | | |
| Separo en obra materiales para reutilizarlos en la misma obra u otra, evitando que se vuelvan residuos. Señalar cuáles, si la respuesta es si | | | | |
| Se separan en obra residuos de construcción valorizable, que se envían a reciclaje (acero y grandes piezas de madera, cobre, aluminio y otros que son reciclados). Señalar cuáles si la respuesta es si | | | | |
| Se separan residuos inertes (los residuos inertes incluyen por ejemplo concreto, ladrillo, baldosas y cerámicas) de no inertes (incluyen madera, yeso y plástico). | | | | |
| Todos los residuos se juntan y gestionan con el(la) mismo(a) proveedor(a) y van al mismo destino final. | | | | |
| Conozco el destino de los residuos que se envían a disposición final. | | | | |
| Se tiene una relación formal(contrato) con la empresa de transporte de residuos. | | | | |

19.- Basado en sus respuestas anteriores elija una de las siguientes opciones que describa su percepción respecto al nivel de recolección y clasificación de RCD en sus proyectos. Para ello se entiende que los residuos inertes incluyen por ejemplo concreto, ladrillo, baldosas y cerámicas, los residuos no inertes incluyen madera, acero y plástico, y los residuos valorizables incluyen barras de acero y grandes piezas de madera.

Tasa de clasificación baja: Mayoría de residuos inertes y no inertes se apilan juntos. Sólo se recolectan y clasifican los residuos valorizables.

Tasa de clasificación media: Mayoría de residuos inertes y no inertes se separan. Además, se recolectan y separan los residuos valorizables.

Tasa de clasificación alta: Todos los residuos inertes y no inertes se separan. Además, se recolectan y clasifican los residuos valorizables.

20. Indique el precio que usualmente paga por retiro y disposición final de los residuos en sus obras: (indique una x si no sabe la respuesta)

- Precio por m3 basado en cotización formal:
- Precio por m3 basado en cotización informal:
- Precio por ton basado en cotización formal:
- Precio por ton basado en cotización informal:
- No tengo la información.

21. Indique su nivel de satisfacción respecto al servicio de retiro de residuos.

Muy insatisfecha(o) Insatisfecha(o) Satisfecha(o) Muy satisfecha(o) No aplica

22. Indique el valor que normalmente paga por valorización de residuos (responda solo si paga por la valorización, indique cero si dona los residuos, de lo contrario omita esta pregunta).

- Precio por m3 basado en cotización formal:
- Precio por m3 basado en cotización informal:
- Precio por ton basado en cotización formal:
- Precio por ton basado en cotización informal:
- No tengo la información.

23: indique su nivel de satisfacción respecto al servicio de reciclaje de residuos.

Muy insatisfecha(o) Insatisfecha(o) Satisfecha(o) Muy satisfecha(o) No aplica

24. Indique el precio máximo que usted está dispuesta(o) a pagar por la recolección segregada de distintos tipos de RCD. Si informa cero indique los motivos.

- Seleccione unidad asociada a precio: (\$/ton) (\$/m3)
- RCD inerte (ej. concreto, ladrillo, baldosas y cerámicas):
- RCD no inerte (ej. madera, yeso y plástico):
- RCD valorizable (ej. barras de acero y grandes piezas de madera):
- RCD mezclado (con más cantidad de inerte que de no-inerte):
- RCD mezclado (con menos cantidad de inerte que de no-inerte):
- En caso de cero, indique motivos:

25. Indique si está dispuesta(o) a pagar un precio más alto por servicios de recolección de residuos para su reciclaje. Indique si o no según tipo de RCD.

- RCD inerte (ej. concreto, ladrillo, baldosas y cerámicas):
- RCD no inerte (ej. madera, acero y plástico):
- RCD valorizable (ej. barras de acero y grandes piezas de madera):
- RCD mezclado con más cantidad de inerte que de no-inerte:
- RCD mezclado con menos cantidad de inerte que de no-inerte:

26. Indique si está dispuesta(o) a pagar por un programa de capacitación al personal de obra sobre gestión de residuos en obra.

- Si – no
- Precio máximo de capacitación por persona:

27. Indique grado de acuerdo o desacuerdo con las siguientes aseveraciones.

| | Totalmente en Desacuerdo | Desacuerdo | Ni de Acuerdo ni en Desacuerdo | De Acuerdo | Totalmente de Acuerdo |
|---|--------------------------|------------|--------------------------------|------------|-----------------------|
| La planificación de las obras debería incorporar la reducción de los residuos. | | | | | |
| Conozco como planificar las obras incorporando una gestión de materiales y residuos con criterios de economía circular. | | | | | |
| La organización puede mejorar su gestión de residuos. | | | | | |
| El personal de la organización no se encuentra capacitado para hacer una buena separación de residuos. | | | | | |
| El(la) cliente(a) final valora a la organización que hace una buena gestión de sus residuos en obra. | | | | | |
| La gestión de residuos permite mejorar la venta o servicio que presta mi organización | | | | | |
| La gestión de residuos puede mejorar la productividad de la organización. | | | | | |
| La gestión de los residuos debe ser lo más rápida posible. | | | | | |
| La organización es responsable por el destino final de los residuos. | | | | | |
| El mandante de la obra es responsable por el destino final de los residuos. | | | | | |
| El retiro de residuos es una actividad clave para medir la eficiencia de la faena. | | | | | |
| La organización debería obtener ganancias en imagen si evita el daño al medio ambiente | | | | | |
| El mandante debe asignar recursos a la gestión de residuos. | | | | | |
| El mandante debe gestionar metas de valorización a la constructora. | | | | | |
| La organización conoce si tiene o no obligaciones derivadas de la ley 20.920, | | | | | |

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| respecto envases y embalajes, neumáticos y aparatos eléctricos y electrónicos. | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|

28. Factores que motivan a la organización a implementar acciones de prevención, separación y gestión diferenciada de RCD.

| | Totalmente en Desacuerdo | Desacuerdo | Ni de Acuerdo ni en Desacuerdo | De Acuerdo | Totalmente de Acuerdo |
|--|--------------------------|------------|--------------------------------|------------|-----------------------|
| Aumentar competitividad | | | | | |
| Aumentar productividad de los materiales en obra | | | | | |
| Facilitar la logística de bodega | | | | | |
| Reducir costos | | | | | |
| Mejorar condiciones laborales y de seguridad | | | | | |
| Cumplir legislación vigente | | | | | |
| Mejorar Imagen ante los clientes. | | | | | |
| Mejorar imagen pública en el entorno a sus obras. | | | | | |
| Aumentar su compromiso con la sostenibilidad ambiental | | | | | |

29. La organización tendría disposición a invertir en mejorar capacitación y prácticas de separación de residuos para participar de un Acuerdo de Producción Limpia, para la valorización de alguno de los siguientes residuos (marcar separadamente):

- Hormigones
- Yeso
- Plásticos

30. Indique su grado de acuerdo o desacuerdo respecto a potenciales acciones del Estado para la reducción de la generación de RCD e incentivo de su reciclaje

| | Totalmente en Desacuerdo | Desacuerdo | Ni de Acuerdo ni en Desacuerdo | De Acuerdo | Totalmente de Acuerdo |
|---|--------------------------|------------|--------------------------------|------------|-----------------------|
| El Estado cuenta con insuficiente regulación sobre residuos para la actividad de construcción. | | | | | |
| El Estado debería regular la actividad inmobiliaria para aplicar criterios de economía circular y no a las constructoras. | | | | | |
| El Estado debería regular la actividad de las constructoras para aplicar criterios de economía circular y no a las inmobiliarias. | | | | | |
| El Estado debería establecer un impuesto a la actividad de construcción para remediar los espacios, sitios y ecosistemas | | | | | |

| | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|
| afectados por la disposición ilegal de RCD. | | | | | |
| El Estado debería establecer un impuesto a la actividad inmobiliaria para remediar los espacios, sitios y ecosistemas afectados por la disposición ilegal de RCD. | | | | | |
| El Estado debería instalar plantas de tratamiento y valorización de RCD públicas, y utilizar esos residuos en obras públicas. | | | | | |
| El Estado debe garantizar la existencia de infraestructura para la disposición final de RCD en todas las regiones del país. | | | | | |
| El Estado debe garantizar que los RCD sean gestionados por los municipios con un cobro regulado. | | | | | |
| El Estado debería garantizar que transportistas ilegales no puedan gestionar residuos de obra. | | | | | |
| No es necesario innovar con nueva regulación para el sector. | | | | | |
| El m ² construido debería ser declarado producto prioritario de Responsabilidad Extendida del(a) Productor(a) para que existan metas de reciclaje aplicables a mandantes de obras. | | | | | |
| El Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones debería empadronar a transportistas autorizados para gestionar residuos. | | | | | |

Anexo 2: Estadísticos descriptivos de Costos y Máxima Disposición a Pagar (\$/m³)

| | N | Mínimo | Máximo | Media | Desv. Desviación |
|--|----|--------|--------|--------|------------------|
| Costo por retiro y disposición final actual en Chile (m ³) | 32 | 1,420 | 25,000 | 10,666 | 5,213 |
| DAP de RCD inerte (m ³). | 32 | 2,000 | 20,000 | 9,659 | 4,812 |

| | | | | | |
|----------------------------------|----|-------|--------|-------|-------|
| DAP de RCD no inerte (m^3). | 32 | 1,000 | 20,000 | 8,517 | 5,281 |
| DAP de RCD mezclado 1 (m^3). | 31 | 1,000 | 17,000 | 8,791 | 4,637 |
| DAP de RCD mezclado 2 (m^3). | 31 | 1,000 | 20,000 | 9,060 | 5,152 |

Anexo 3: Disposición a pagar estimada por tipo de residuo ($\$/m^3$).

| Variables independientes | Inerte | | No inerte | | Mezclado 1 | | Mezclado 2 | |
|--------------------------|--------|-----------|-----------|----------|------------|----------|------------|----------|
| Variables dependientes | Coef. | t | Coef. | t | Coef. | t | Coef. | t |
| x_1 | 1,471 | 3.118*** | 1,768 | 2.841*** | 1,898 | 3.857*** | 2,012 | 3.633*** |
| x_2 | -1,419 | -3.575*** | -918 | -1.669 | -969 | -2.259** | -840 | -1.739* |
| x_3 | 882 | 2.181** | 803 | 1.483 | 657 | 1.498 | 784 | 1.588 |
| x_4 | 2,093 | 1.772* | 2,955 | 1.977* | 2,637 | 2.087** | 2,873 | 2.021* |
| Constante | -5,500 | -.702 | -14,250 | -1.436 | -12,037 | -1.48 | -14,707 | -1.607 |
| R2 | .54 | | .622 | | .527 | | .491 | |
| Adj R2 | .461 | | .28 | | .441 | | .398 | |
| Prueba F | .001 | | .02 | | .002 | | .004 | |

Nota: ***p <0.01; **p <0.05; *p <0.1

Anexo 4: Supuesto normalidad de los datos

| | Pruebas de normalidad | | | | | |
|---|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| Indique el precio máximo (por metro cúbico) que usted estaría dispuesta(o) a pagar por la recolección segregada de RCD inerte | ,111 | 29 | ,200* | ,955 | 29 | ,250 |

| | | | | | | |
|---|------|----|-------|------|----|------|
| Indique el precio máximo (por metro cúbico) que usted estaría dispuesta(o) a pagar por la recolección segregada de RCD no inerte | ,138 | 29 | ,169 | ,942 | 29 | ,110 |
| Indique el precio máximo (por metro cúbico) que usted estaría dispuesta(o) a pagar por la recolección segregada de RCD mezclado con más cantidad de inerte que de no-inerte | ,123 | 29 | ,200* | ,958 | 29 | ,285 |
| Indique el precio máximo (por metro cúbico) que usted estaría dispuesta(o) a pagar por la recolección segregada de RCD mezclado con menos cantidad de inerte que de no-inerte | ,111 | 29 | ,200* | ,953 | 29 | ,222 |

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.