



CDT
Somos CChC

CONSTRUCCIÓN

DESARROLLO

TECNOLOGÍA

WWW.CDT.CL

ALTERNATIVAS DE CIRCULARIDAD PARA LOS RESIDUOS DE
CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

DOCUMENTO 1 de 3



IMPACTOS DEL MODELO LINEAL EN UNA OBRA DE EDIFICACIÓN EN ALTURA





**Impactos del modelo lineal
en una obra de edificación en
altura**

TABLA DE CONTENIDOS

1.	Resumen ejecutivo.....	5
2.	Introducción.....	6
3.	Medir el impacto del modelo lineal.....	7
3.1.	Caso de estudio - Indicador de generación de RCD.....	9
3.2.	Caso de Estudio - Porcentaje de generación por tipo de RCD.....	10
3.3.	Caso de estudio - Promedio superficie construida en m ²	11
3.4.	Caso de estudio - Otros datos utilizados para el cálculo de impacto.....	11
4.	Resultados del cálculo.....	13
4.1.	Cálculo de impactos en la adquisición de materiales.....	14
4.2.	Cálculo de impactos en uso y generación de RCD.....	14
4.3.	Resumen de resultados.....	15
5.	Impactos ambientales, económicos y sociales.....	16
6.	Conclusiones.....	19
6.1.	Oportunidad del modelo circular.....	19
7.	Bibliografía.....	21

Este documento nace a partir de la Tesis de Magíster de Economía Circular y Desarrollo Sostenible, en la Universidad Internacional de Valencia: “Búsqueda de alternativas de circularidad para los residuos de la construcción en altura en Chile”, desarrollada por María José Cobo, Coordinadora de Proyectos CDT.

Para facilitar la lectura de los temas a abordar, el presente documento se divide en 3 partes



DOCUMENTO 1

Impactos del Modelo Lineal en una Obra de Edificación en Altura.



DOCUMENTO 2

Indicadores para la jerarquía de tratamiento de RCD y casos de circularidad.



DOCUMENTO 3

Brechas y oportunidades para nuevos modelos de negocio circulares.

Redacción

María José Cobo - Coordinadora de proyectos CDT

Revisión

Katherine Martínez - Líder Sostenibilidad ambiental CDT

Mariela Muñoz - Líder Capital humano y academia CDT

Alejandro Pavez - Líder Gestión de Contenidos CDT

Diseño

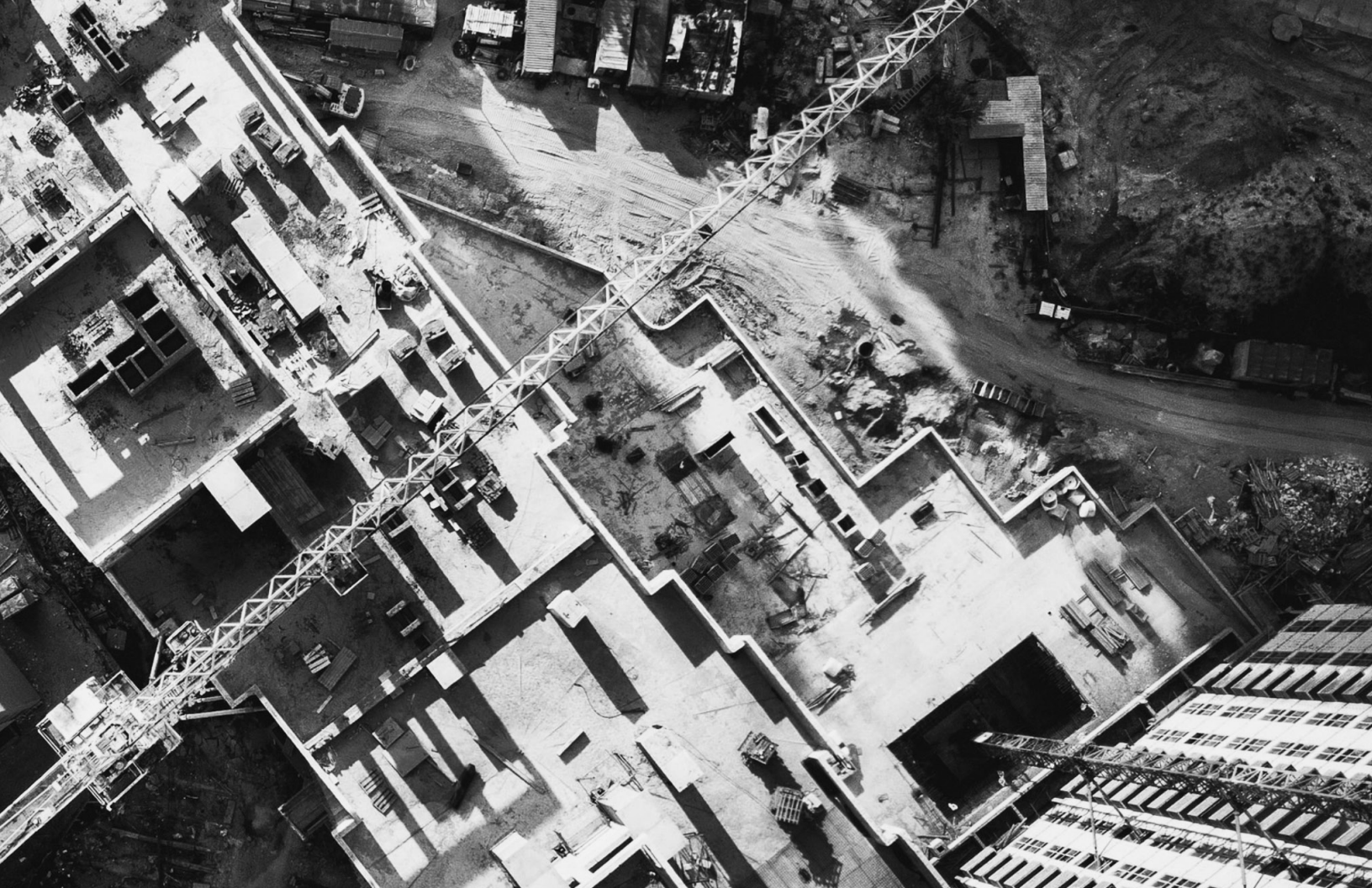
Paola Femenías

Fecha de publicación

octubre de 2024



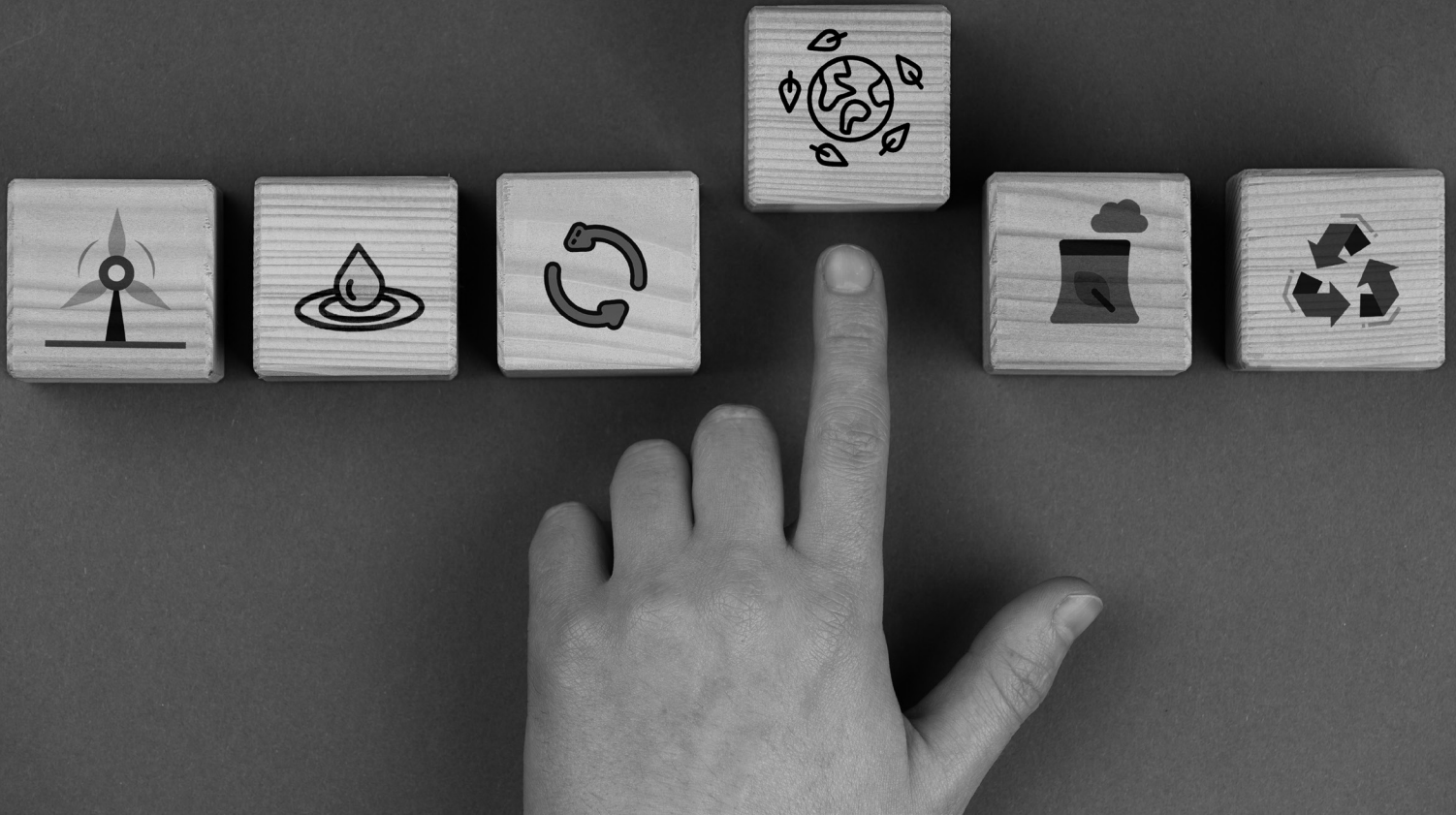
CDT no escatima esfuerzos para procurar la calidad de la información presentada. No obstante, es importante destacar que la responsabilidad última recae en el usuario, quien debe asegurarse de que el contenido recibido sea apropiado y preciso para sus necesidades específicas. Nos esforzamos constantemente en ofrecer contenidos fiables y actualizados, pero recomendamos a nuestros usuarios ejercer su criterio y discernimiento al utilizar la información proporcionada.



1. Resumen ejecutivo

Resulta importante destacar que la economía circular es una estrategia clave para el desarrollo sostenible, ya que busca reducir la dependencia del actual modelo lineal de producción y consumo y promueve el uso de los recursos de manera más efectiva y sostenible. Por lo tanto, en el ámbito de la construcción, sector altamente contaminante y generador de residuos, esta herramienta busca ser valiosa para promover la innovación y el desarrollo sostenible en este sector.

Esta investigación tiene como objetivo divulgar y promover, en línea con la Estrategia de Economía Circular en Construcción en Chile, **alternativas de circularidad para los residuos de construcción y demolición** en la edificación en altura, tanto en el sector público como privado, academia y comunidad. Para lograrlo, este primer reporte se centra en dar a conocer los impactos del modelo lineal, de manera que el argumento para aplicar la circularidad sea ineludible al momento de tomar decisiones que aborden efectivamente los desafíos económicos, ambientales y sociales que se generan en el sector construcción.



2. Introducción

Debido a los altos niveles de contaminación y generación de residuos presentes en la industria de la construcción, se requiere de manera urgente el desarrollo de alternativas sostenibles y eficientes en cuanto al uso y manejo de los recursos. En este sentido, la economía circular ha surgido como una estrategia fundamental.

Esta investigación demostrará cómo **las razones detrás de la baja productividad y el desgaste económico causado por el modelo lineal, también son las principales causas de externalidades negativas que afectan a múltiples áreas de la sociedad y nuestro medio ambiente.**

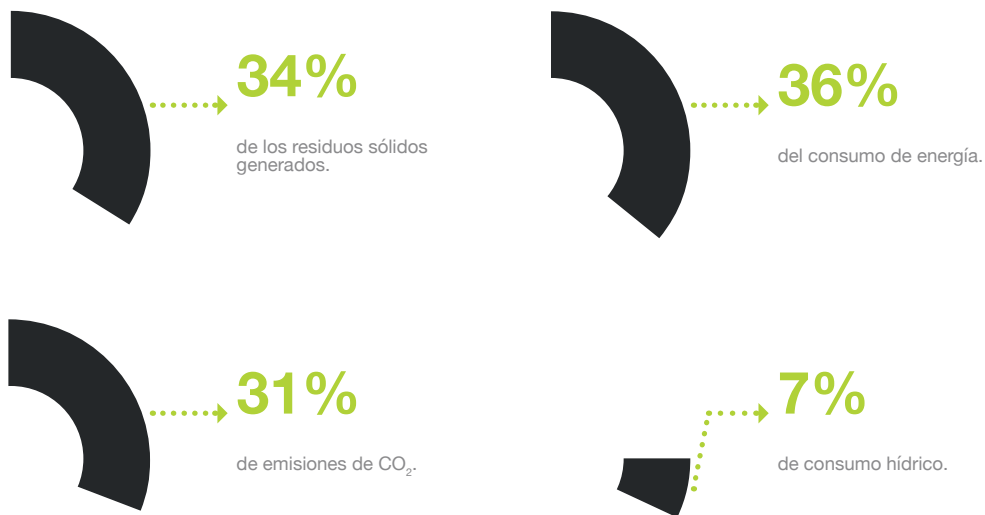
Este documento busca ser de utilidad para promover decisiones claves para lograr una economía productiva y sostenible, en torno a la selección de metodologías constructivas, materiales a utilizar desde etapas tempranas en un proyecto de edificación en altura, como también, analizar alternativas de valorización y posible desarrollo de nuevos modelos de negocio que articulen a toda la cadena de valor.

Enfrentar dificultades relacionadas al desconocimiento y resistencia al cambio, es una prioridad a nivel nacional, así como también información relevante y medible para el sector en cuanto a los puntos críticos y factores habilitantes a potenciar para la **replicabilidad de buenas prácticas e impulso de las alternativas de circularidad en el uso y manejo de los recursos.**

3. Medir el impacto del modelo lineal

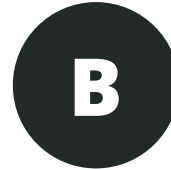


Los problemas que se han desencadenado derivados del modelo lineal en los procesos constructivos durante las últimas 2 décadas nos llevan a las siguientes cifras en el sector de la construcción a nivel país:



Y se proyecta que en el año 2023, la cantidad de residuos corresponda al volumen de 15,3 Estadios Nacionales. (Construye2025, 2022).

Si tomamos en cuenta que el modelo lineal consiste en comprar, usar y desechar, a modo de ejercicio, podremos dividir el cálculo de impactos para una obra de edificación en altura en 2 categorías:



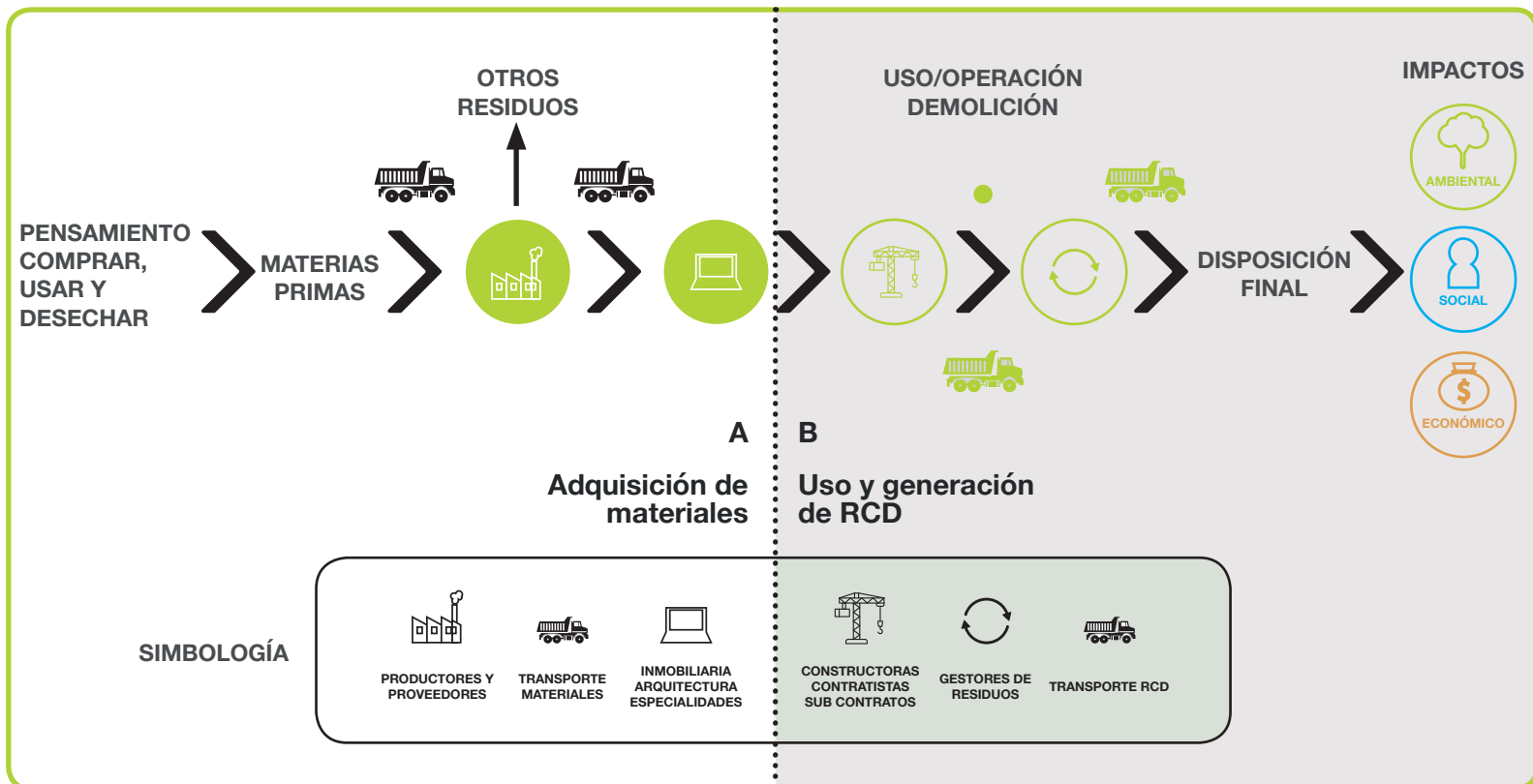
Adquisición de materiales.

Uso y generación de residuos de construcción y demolición (RCD).

MODELO LINEAL

El modelo actual en la cadena de valor

¿Cómo estamos construyendo hoy?

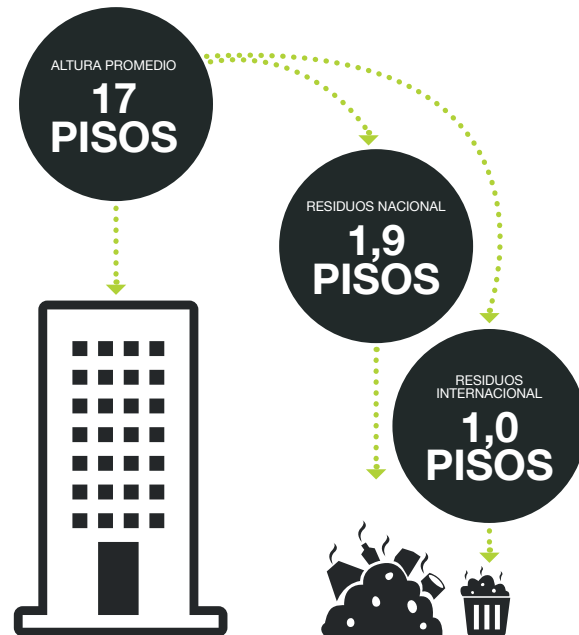


Para calcular los impactos generados por la adquisición, uso y generación de RCD en una obra de construcción tipo, usaremos a modo de ejemplo la literatura existente. En este caso, calcularemos los impactos según los siguientes datos:

3.1. Caso de estudio - Indicador de generación de RCD

Se estima que cada 17 pisos construidos, se generan aproximadamente 2 pisos de residuos, lo que corresponde al doble del estándar internacional, teniendo un indicador de 0,26m³ de residuos generados por cada m² construido.

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE VOLUMEN DE RCD GENERADOS POR LA EDIFICACIÓN EN ALTURA EN CHILE.



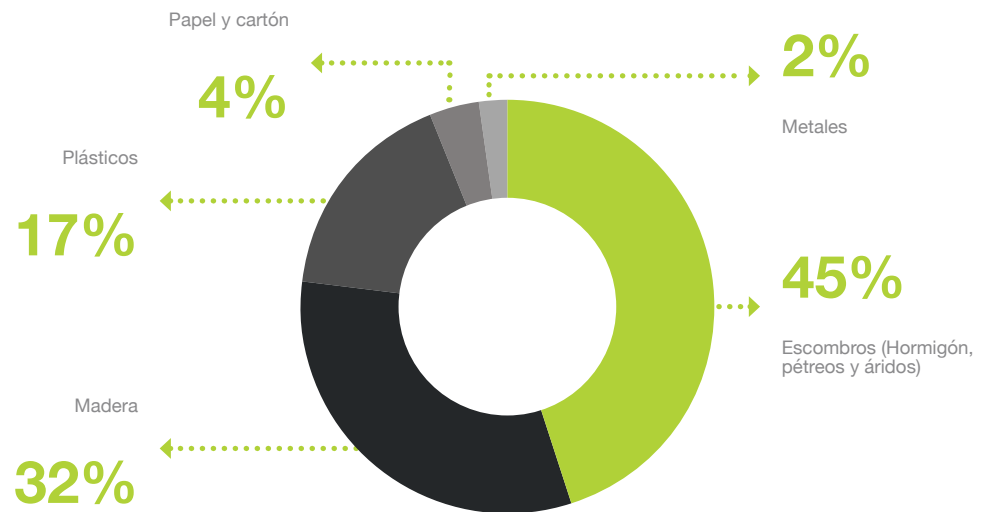
Fuente: (Matrix Consulting, 2020)



3.2. Caso de Estudio - Porcentaje de generación por tipo de RCD

Según el informe final “Caracterización de residuos de la construcción, 1° etapa, desarrollo, validación y calibración metodológica, aplicado a casos piloto”, elaborado por el Centro de Investigación en Tecnologías de la Construcción de la Universidad del Bio-Bío (CITEC - UBB) y, tomando en consideración que las cantidades de fracciones de RCD se han estimado como referencia de datos de estudios de Gestión de Residuos español y nacional, se ha establecido una media con la cual **se logró obtener valores aproximados de RCD generados por metro cuadrado de construcción:**

PORCENTAJE DE RESIDUOS GENERADOS EN UNA OBRA DE EDIFICACIÓN EN ALTURA.



Nota: Elaboración Propia. Adaptado de (CITEC - UBB, 2017).

3.3. Caso de estudio - Promedio superficie construida en m²

Para la muestra nacional del estudio Matrix 2020 (en el que participaron 25 constructoras) se considera que las obras de edificación en altura tienen una altura promedio de 13 pisos y cerca de 16.000 m² de superficie construida (Matrix Consulting, 2020); por lo que para este análisis se evalúa el impacto para una edificación con las características antes mencionadas.

3.4. Caso de estudio - Otros datos utilizados para el cálculo de impacto

Cabe destacar que este ejercicio no es un cálculo extensivo de la huella de carbono o análisis de ciclo de vida, si no, un acercamiento a ello, de manera que el lenguaje sea comprendido por aquellos que efectivamente son responsables de las etapas que evaluaremos en este caso de estudio.

1

Factor de conversión m³ a kg (Nch3562, 2019).

2

Factor de Conversión a KgCO₂ equivalente en uso de material y envío a disposición final (Gov.UK, 2022).

3

\$ Provisión m³ madera= \$85.000 (Instituto Forestal, 2023).

4

\$ Provisión tonelada de acero en productos finales = US\$1.033 (\$884.859 pesos chilenos) (CAP, 2023).

5

\$ Provisión kg plásticos, promedio entre PVC y Polietileno = \$4.500 kg (Imperial, 2023).

6

Costo Fletes de material camión tolva = \$9.000 por m³ (Bracho, 2023).

7

\$ Provisión m³ Hormigón = \$99.310m³ (Global GTC, 2023).

8

Costo por traslado y disposición final= \$12.000 por m³ (Larraín, 2023).

9

Cantidad de CO₂ que puede absorber un árbol maduro = 150 kgCO₂ al año (Word Wildlife Fund Chile, 2022).

10

Recomendaciones para distanciamiento entre árboles de más de 15m de altura = 8m (64m²). (CONAF, 2014).



Otras consideraciones para el estudio

1

La obra se encuentra a 100 km de un lugar de disposición final.

2

Se calcula como media, una distancia de 100 km para envío de materiales.

3

Se calcula el número de viajes de acuerdo a una capacidad máxima de 24 toneladas por camión.



4. Resultados del cálculo

Un edificio de 16.000 m² según el indicador de generación de residuos a nivel nacional, estaría generando un total de 4.160 m³. Si consideramos un esponjamiento del 30%, el volumen generado sería de 2.912 m³ y para efectos del cálculo de impactos por tipo de residuo, este volumen se dividirá en los porcentajes de residuos generados en una obra de edificación en altura, luego, se identificará el costo de la adquisición de los materiales (Provisión + flete) y el costo por la disposición final de los residuos.

Adicionalmente, se calculará el CO₂ equivalente por la fabricación de los materiales, por el transporte en general y por la disposición final.

El cálculo se divide en las siguientes categorías:

4.1. Cálculo de impactos en la adquisición de materiales

Tipo de residuo	m ³	t	\$ Adquisición	\$ Transporte	KgCO ₂ e Materia prima	KgCO ₂ e Transporte
1 ESCOMBROS MEZCLADOS	721	721	N/A	N/A	N/A	N/A
2 HORMIGÓN	590	1415	\$58mm	N/A	4.515	1.179
3 MADERA	931	317	\$79mm	8,3mm	35.769	352
4 PLÁSTICOS	495	460	\$4mm	4,4mm	1.071.090	511
5 CARTÓN Y PAPEL	116	8,2	N/A	N/A	5.965	N/A
6 METALES	58	38,4	\$38mm	0,5mm	62.773	42,7
TOTALES	2912	2960	\$180mm	13,2mm	1.180.112	2.085
					\$193,7mm	1.182.199kgCO₂e

4.2. Cálculo de impactos en uso y generación de RCD

KgCO ₂ e Transporte (100km)	KgCO ₂ e Disp. final	\$Disp. final y transp (sin esponjamiento) (\$12.000m ³)	t	m ³	Tipo de residuo	
1 801	S/I	\$12,3mm	721	721	ESCOMBROS MEZCLADOS	
2 1.572	1.740	\$10,1mm	1415	590	HORMIGÓN	
3 352	262.381	\$15,9mm	317	931	MADERA	
4 511	4.065	\$8,4mm	460	495	PLÁSTICOS	
5 9,1	8.493	\$1,9mm	8,2	116	CARTÓN Y PAPEL	
6 4,27	341	\$0,9mm	38,4	58	METALES	
7 3.288,66	277.021	\$49,920mm	2960	2912	TOTALES	
					280.310KgCO₂e	\$49,9mm



4.3. Resumen de resultados

Para dar a entender los impactos por cada tipo de residuos, se expresará de la siguiente manera:

Por cada material que se compra y se transforma en residuo, genera una pérdida de “x\$” y emisión de “yKgCO₂equivalente”:

Material que se transforma en residuo	m³	Pérdida en \$ total	Contaminación en KgCO₂e total
1 ESCOMBROS MEZCLADOS	1311	\$80,4mm	9.807KgCO ₂ e
2 MADERA	931	\$103,2mm	298.854KgCO ₂ e
3 PLÁSTICOS	495	\$16,8mm	1.076.177KgCO ₂ e
4 CARTÓN Y PAPEL	116	\$1,9mm	14.467KgCO ₂ e
5 METALES	58	\$39,4mm	63.161KgCO ₂ e
TOTALES	2912	240mm aprox	1.460.000KgCO₂e aprox

5. Impactos ambientales, económicos y sociales



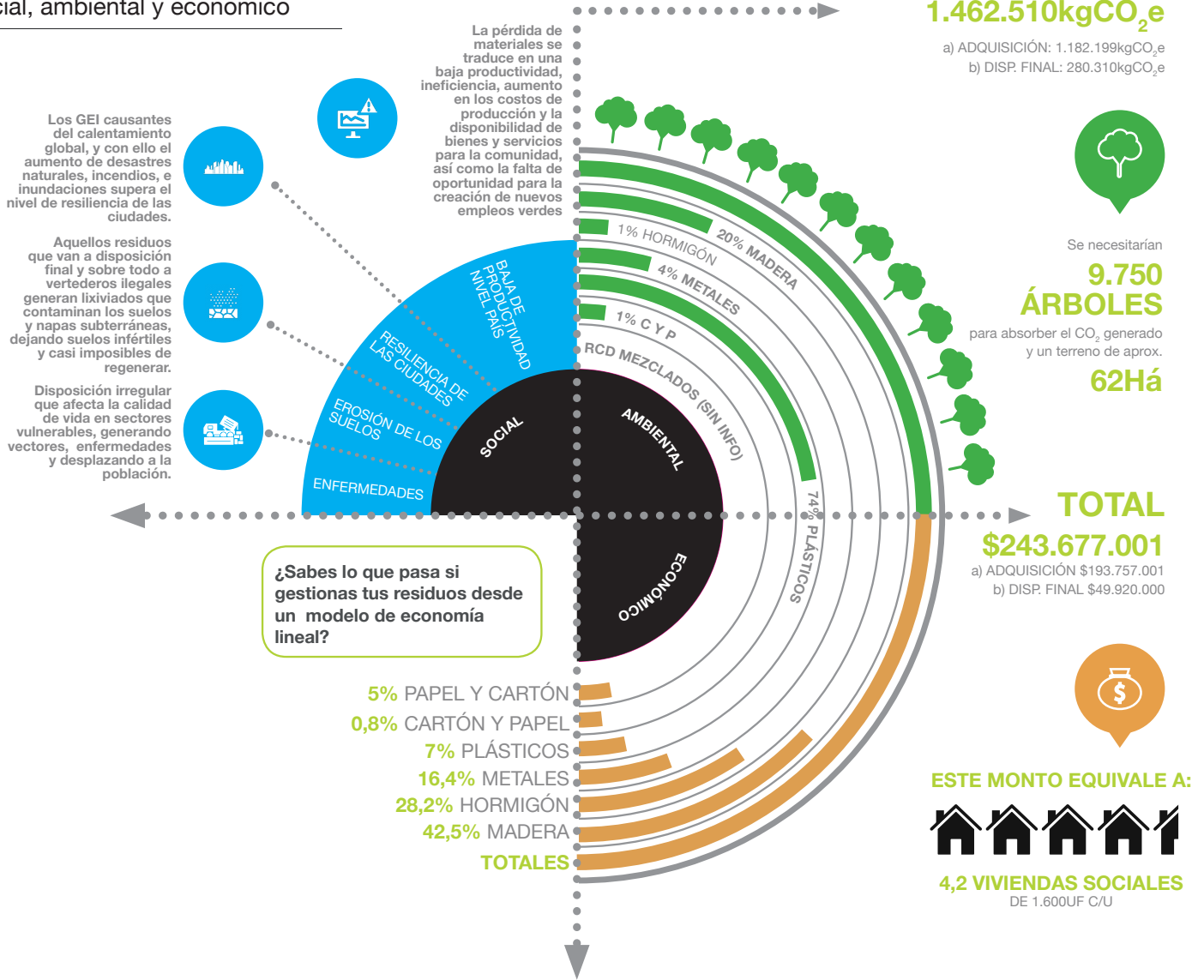
La excesiva generación de RCD por parte de los actores de la cadena de valor, a causa de la falta de prevención y valorización, la ausencia de un cambio cultural que integre la economía circular, la carencia de incentivos económicos y una escasa comunicación transversal en todos los niveles del ecosistema esta generando un aumento de la clandestinidad e incumplimiento normativo, un aumento del daño social, medio ambiental y un impacto importante en términos económicos del sector.



La externalidades negativas como el daño económico y ambiental pueden ser cuantificable, no así el daño social, que permea en ámbitos de vulnerabilidad, empleo, calidad de vida, salud y resiliencia de la sociedad.



IMPACTOS DEL MODELO LINEAL
Social, ambiental y económico



En base a este cálculo y ejercicio académico, se puede identificar que la construcción de edificio de 16.000 m, sin contar con la etapa de operación, si no que solamente lo relacionado al uso de materiales, estaría generando un total de 1.463.510 kg CO₂e, es decir, 91 Kg CO₂e por cada m² construido y estaría incurriendo en una pérdida de \$243.677.001, es decir \$15.229 por cada m² construido.

1

0,26 m³ de residuos por m² construido.

2

91KgCO₂ equivalente por m² construido.

3

\$15.229 de pérdida por m² construido.



De acuerdo a la Base de Datos Estadísticos del Banco Central (2024), el año 2022, la superficie total autorizada para obras nuevas a nivel nacional fue de **12.871.333 m²**. Si tomamos estos datos en cuenta, tendríamos un cálculo aproximado del siguiente tipo:

1

**12.871.333 m²
construidos =
3.346.546,58
m³ de residuos
generados.**

2

**12.871.333 m²
construidos =
1.171.291,303
toneladas de CO₂
equivalente.**

3

**12.871.333 m²
construidos =
\$196.017.530.257
de pérdida.**

PÉRDIDA DE 3.133



**VIVIENDAS SOCIALES AL
AÑO**

“ Este último número, equivale a 3.133 viviendas sociales de 1.600UF al año, poco menos de la mitad del número de viviendas que se planifica construir anualmente para resolver los desafíos del déficit habitacional en Chile. ”

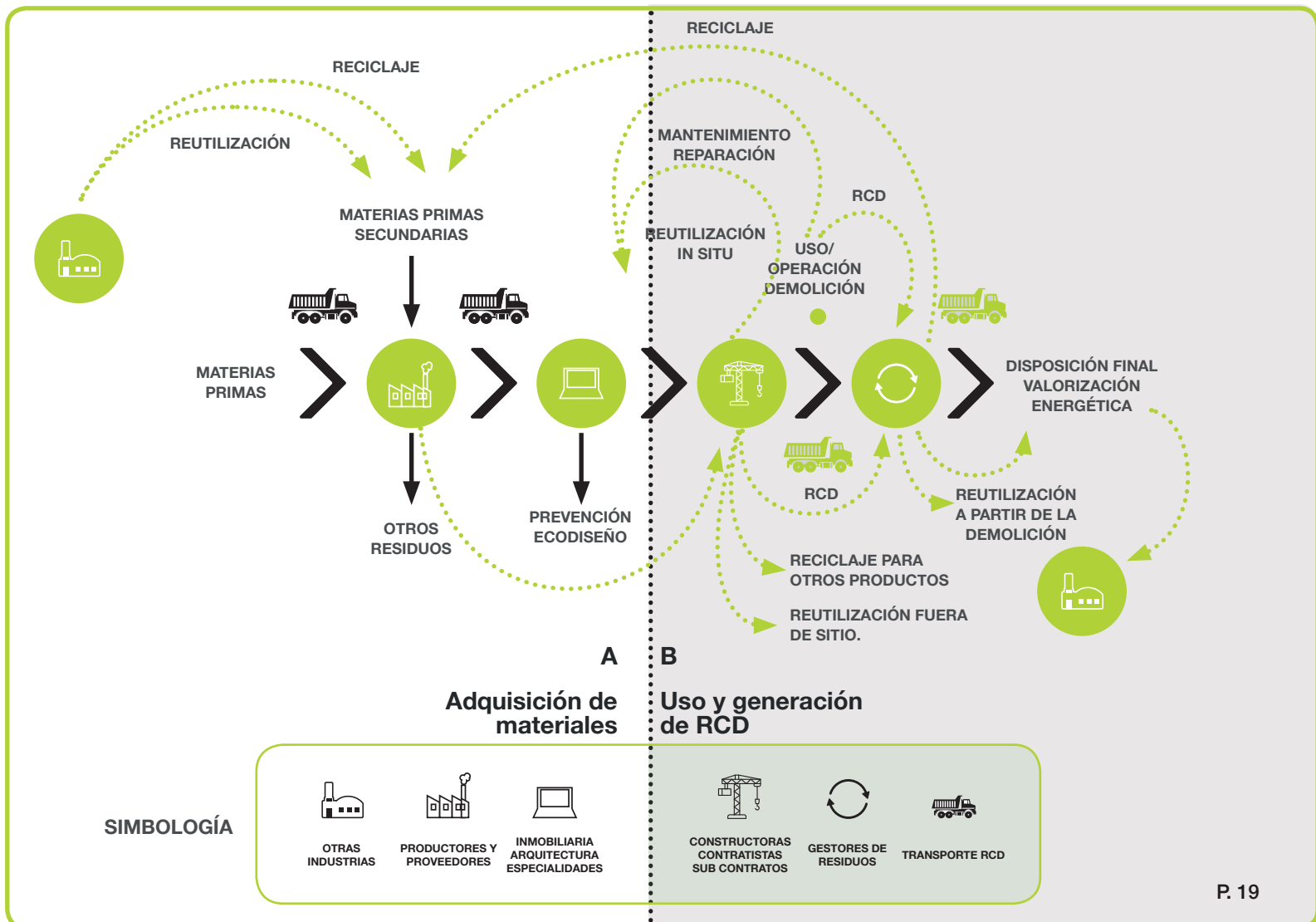
Respecto a los impactos sociales, estos aún no son cuantificables, pero tienen una relación directa con los efectos de la pérdida económica a nivel país y la contaminación ambiental provocada por la perpetuidad del modelo lineal.

6. Conclusiones



6.1. OPORTUNIDAD DEL MODELO CIRCULAR

En la cadena de valor





1

¿Hacia dónde debemos apuntar?

Hacia una industria conectada, consciente de las alternativas y oportunidades existentes para integrar soluciones sostenibles en cuanto al consumo de los recursos, mejores métodos constructivos disponibles, alargar la vida útil de las edificaciones y una correcta gestión de residuos de construcción y demolición.

2

¿Qué debemos tener en cuenta?

Para lograr una transición sostenible es esencial que el tratamiento de residuos de construcción y demolición se miren desde un enfoque circular, práctica que debe infiltrarse en todo el ecosistema y toda la cadena de valor.

3

¿Qué hace falta para avanzar hacia la circularidad?

Para conseguir resultados, es necesario conocer las distintas alternativas existentes, así como la creación de nuevos modelos de negocio e impulsar una serie de factores habilitantes que se presentarán en los siguientes reportes.

Establecer una metodología de monitoreo que sea medible y cuantificable, que logre arrojar datos respecto al nivel de circularidad que se tiene hoy y al que se quiere avanzar es fundamental para incorporar soluciones efectivas y adaptativas en el sector, permitiendo identificar áreas de mejora, optimización de recursos y fomentar la innovación en el desarrollo de prácticas más sostenibles.

“ Con base en esta reflexión, se procederá a presentar los indicadores relacionados con la jerarquía de tratamiento de RCD y las alternativas de circularidad en el reporte N°2. Este reporte servirá como insumo clave para la toma de decisiones, cuyo objetivo será reducir al máximo los impactos sociales, económicos y ambientales asociados a una edificación. ”

7. Bibliografía



- **Construye2025. (2022).** Obtenido de <https://construye2025.cl/iniciativa/estrategia-economia-circular/>
- **Matrix Consulting. (Octubre de 2020).** Estudio de Productividad. Obtenido de CChC: https://cchc.cl/assets/landings/2020/informe-productividad/pdf/ResumenEjecutivo_Estudio_de_Productividad_Construcción2020.pdf
- **CITEC - UBB. (2017). Informe Final:** Caracterización de residuos de la construcción, 1° etapa: Desarrollo, validación y calibración de metodología, aplicado a casos piloto. Concepción. Obtenido de [https://construye2025.cl/rcd/wp-content/uploads/2019/01/UBB_Informe_Final_Publico_\(Mayo_2018\).pdf](https://construye2025.cl/rcd/wp-content/uploads/2019/01/UBB_Informe_Final_Publico_(Mayo_2018).pdf)
- **Gov.UK. (2022). Greenhouse gas reporting:** conversion factors 2022. Obtenido de www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2022
- **Instituto Forestal. (2023).** Boletín 84 - Precios forestales marzo 2023. Obtenido de <file:///C:/Users/Comunicaciones%20Calam/Downloads/Precios202303.pdf>
- **CAP. (17 de Julio de 2023). GRUPO CAP REPORTA EBITDA DE US\$ 187 MILLONES AL CIERRE DEL PRIMER TRIMESTRE.** Obtenido de www.cap.cl/cap/grupo-cap-reporta-ebitda-de-us-187-millones-al-cierre-del-primer-trimestre/2023-05-05/135940.html#:~:text=Los%20mayores%20vol%20de%20venta,el%20primer%20trimestre%20de%202022
- **Imperial. (11 de Julio de 2023).** Imperial. Obtenido de www.imperial.cl
- **Instituto Forestal. (2023).** Boletín 84 - Precios forestales marzo 2023. Obtenido de <file:///C:/Users/Comunicaciones%20Calam/Downloads/Precios202303.pdf>
- **Word Wildlife Fund Chile. (21 de marzo de 2022).** [www.wwf.cl](http://www.wwf.cl/?375830/Dia-Internacional-de-los-Bosques-conoce-algunos-de-los-beneficios-que-entregan-estos-ecosistemas). Obtenido de www.wwf.cl/?375830/Dia-Internacional-de-los-Bosques-conoce-algunos-de-los-beneficios-que-entregan-estos-ecosistemas
- **CONAF. (Enero de 2014).** Manual de Plantación de árboles en áreas urbanas. Obtenido de www.conaf.cl/cms/editorweb/institucional/Manual_de_Plantacion_de_Arboles_en_Areas_Urbanas.pdf
- **Global GTC. (2023).** Global GTC - Materiales de Construcción. Obtenido de <https://globalgtc.cl/producto/hormigon/hormigon-hn30-90-20-c-7-8-camion-mixer-precio-m3-77-450/>
- **Instituto Nacional de Estadísticas. (2023).** Permisos de edificación aumentaron 2,1% en 2023. Obtenido de www.inec.gov.cl/sala-de-prensa/prensa/general/noticia/2024/05/23/permisos-de-edificaci%C3%B3n-aumentaron-2-1-en-2023
- **Base de Datos Estadísticos. (2024).** Indicadores Sectoriales. Obtenido de https://si3.bcentral.cl/Siete/ES/Siete/Cuadro/CAP_IND_SEC/MN_IND_SEC20/IS_CONS1/IS62



CDT
Somos CChC

ALTERNATIVAS DE CIRCULARIDAD PARA LOS RESIDUOS DE
CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

DOCUMENTO 1 de 3



IMPACTOS DEL MODELO LINEAL
EN UNA OBRA DE EDIFICACIÓN
EN ALTURA

