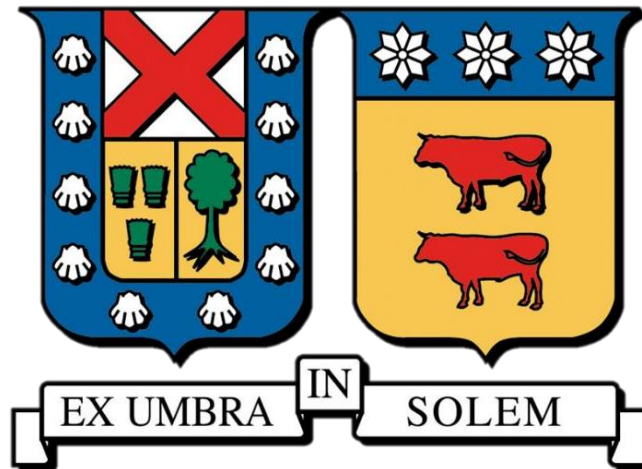


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

DEPARTAMENTO DE OBRAS CIVILES

VALPARAÍSO - CHILE



**“ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS DE DISPOSICIÓN FINAL DE
RESIDUOS PLÁSTICOS GENERADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE
VIVIENDAS EN CHILE”**

Memoria de titulación presentada por

ALEJANDRO JOAQUÍN

GÓMEZ MENA

Como requisito parcial para optar al título de

CONSTRUCTOR CIVIL

Profesor Guía

SERGIO CARMONA MALATESTA

DICIEMBRE 2025



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título ☐ Tesis de Postgrado

Título del trabajo: "Análisis de las alternativas de disposición final de residuos plásticos generados en la construcción de viviendas en Chile"

Nombre del candidato(a): Alejandro Joaquín Gómez Mena

Carrera / Grado: Construcción Civil

Campus: Casa Central

Departamento: Obras Civiles

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Sergio Carmona Malatesta, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente
DEJO CONSTANCIA que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

☒ El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (**marcar una opción**):

☐ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 2 años ☐ 3 años ☐ 5 años ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: ____21/01/2026____ Firma: _____

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: ____21/01/2026____ Firma: _____



Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

Agradecimientos

Agradezco a mi familia, en especial a mis padres por su permanente apoyo y motivación, sin lugar a dudas, sin ellos nada hubiese sido posible.

También agradecer a los profesores y a todos quienes componen la universidad, muchas gracias.

Resumen

Actualmente uno de los temas que recurrentemente se escucha y debate en las distintas conferencias, reuniones y cumbres locales y mundiales de líderes políticos, empresariales y sociales, tiene que ver con el medio ambiente y su conservación.

Bastante conocida es la preocupación por las emisiones de gases de efecto invernadero y el calentamiento global, la conservación y cuidado del agua, y la protección de áreas naturales. Es evidente que hay trabajo y preocupación en la materia. Sin embargo, el ritmo actual de vida ha llevado a que, con la misma velocidad que surgen nuevas tendencias, tecnologías y materiales, también surgen nuevas preocupaciones medioambientales.

Dentro de esas nuevas preocupaciones, se puede destacar el creciente interés por la contaminación por plásticos, esto derivado evidentemente por el alto nivel de uso, facilidad de acceso y presencia de los plásticos a nivel mundial. Tratándose de un material cuya materia prima es de origen agotable y de alto gasto energético, es entendible que surja esta preocupación.

Si bien el problema se torna transversal a todos los sectores económicos productivos, es tarea de cada uno de los sectores analizar la problemática y enfrentarla con medidas acordes a las características particulares de cada uno de ellos.

El sector de la construcción es sumamente relevante a nivel mundial, tratándose de una industria que moviliza millones de toneladas de materiales y gestiona miles de millones de dólares de inversión y gasto tanto público como privado, por ende, es también uno de los sectores con mayor relevancia en la generación de residuos provenientes de su funcionamiento. De acuerdo a esto, se torna sumamente necesario que el sector se preocupe, gestione y trate de buena manera sus desechos producidos, partiendo por generar una adecuada separación de residuos, considerando la diversidad de éstos, a diferencia de otros sectores productivos, cuyos residuos son más uniformes y menos variados, lo que los hace de más fácil manejo.

En base a lo anterior, se realiza un análisis de las distintas alternativas de disposición final de residuos plásticos generados en la construcción de viviendas en el contexto nacional, además de un análisis al marco legal regulatorio vigente a la fecha. Para ello, resulta relevante conocer con detalle los distintos tipos de residuos plásticos generados, separándolos de acuerdo a su composición, para eso se realiza la caracterización de RPC generados en la construcción de una vivienda del más alto estándar en Chile.

En virtud del desarrollo de lo planteado, se realiza una síntesis del diagnóstico de la problemática en Chile, planteando las deficiencias, mejoras y oportunidades encontradas, para también realizar sugerencias y recomendaciones al respecto.

Abstract

One of the topics that is currently and recurrently discussed and debated at various local and global conferences, meetings, and summits of political, business, and social leaders is the environment and its conservation.

The concern over greenhouse gas emissions and global warming, the conservation and care of water, and the protection of natural areas are well known. It's clear there's work and concern in this area.

However, the current pace of life has led to new environmental concerns emerging at the same speed as new trends, technologies, and materials.

Among these new concerns, the growing interest in plastic pollution stands out, evidently stemming from the high level of plastic use, ease of access, and global presence.

Since it's a material whose raw material is of exhaustible origin and requires high energy consumption, this concern is understandable.

While the problem affects all productive economic sectors, it's the task of each sector to analyze the issue and address it with measures appropriate to its specific characteristics.

The construction sector is extremely relevant globally, as it is an industry that moves millions of tons of materials and manages billions of dollars in both public and private investment and spending. Therefore, it's also one of the most significant sectors in generating waste from its operations. Accordingly, it's highly necessary for the sector to properly manage and treat its produced waste, starting with an adequate separation of waste, considering its diversity, unlike other productive sectors whose waste is more uniform and less varied, making it easier to handle.

Based on the above, an analysis of the different alternatives for the final disposal of plastic waste generated in residential construction in the national context is carried out, in addition to an analysis of the current legal regulatory framework. For this, it is relevant to know in detail the different types of plastic waste generated, separating them according to their composition. For this purpose, a characterization of plastic construction waste (PCW) generated in the construction of a high-standard dwelling in Chile is performed.

In light of the development of this proposal, a summary of the diagnosis of the problem in Chile is made, outlining the deficiencies, improvements, and opportunities found, in order to also make suggestions and recommendations on the matter.

Glosario de siglas.

ACV: Análisis de Ciclo de Vida.

ASIPLA: Asociación Gremial de Industriales del Plástico en Chile.

CChC: Cámara Chilena de la Construcción.

CES: Certificación Edificio Sustentable. Sistema chileno de evaluación ambiental de edificaciones.

CO₂: Dióxido de carbono.

CONAMA: Comisión Nacional del Medio Ambiente (institución que fue reemplazada por el Ministerio del Medio Ambiente).

COV: Compuesto Orgánico Volátil.

DFL: Decreto con Fuerza de Ley.

DS: Decreto Supremo.

EPS: Poliestireno Expandido.

FRP: Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio.

HDPE / PEAD: Polietileno de Alta Densidad.

INE: Instituto Nacional de Estadísticas.

ISO: Organización Internacional de Normalización (International Organization for Standardization).

LDPE / PEBD: Polietileno de Baja Densidad.

LEED: Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental (Leadership in Energy and Environmental Design). Es un sistema de certificación internacional para la construcción sustentable.

MINVU: Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

MMA: Ministerio del Medio Ambiente.

NCh: Norma Chilena.

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos.

PC: Policarbonato.

PE: Polietileno.

PET: Polietileno Tereftalato.

PEX: Polietileno Expandible.

PHVA: Planificar-Hacer-Verificar-Actuar. El ciclo de mejora continua de los Sistemas de Gestión Ambiental.

PIB: Producto Interno Bruto.

PMMA: Polimetilmetacrilato.

PP: Polipropileno.

PPR: Polipropileno Random (un tipo de polipropileno para tuberías).

PS: Poliestireno.

PU: Poliuretano.

PVC: Cloruro de polivinilo.

RCD: Residuos de Construcción y Demolición.

REP: Responsabilidad Extendida del Productor.

RETC: Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes.

RPC: Residuos Plásticos de Construcción.

SEIA: Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

SEREMI: Secretaría Regional Ministerial.

SGA: Sistema de Gestión Ambiental

SIDREP: Sistema de Declaración y Seguimiento para Residuos Peligrosos.

UE: Unión Europea.

UTA: Unidad Tributaria Anual.

UTM: Unidad Tributaria Mensual.

VCM: Cloruro de vinilo (monómero del PVC).

WPC: Compuesto de Madera y Plástico (Wood-Plastic Composite).

XPS: Poliestireno Extruido.

Glosario de conceptos

Análisis de Ciclo de Vida (ACV): Una metodología para evaluar los impactos ambientales de un producto o servicio a lo largo de todas las etapas de su existencia, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final.

Código Sanitario (DFL 725/67): Regulación chilena que aborda la gestión de residuos desde la protección de la salud pública, prohibiendo el vertido de basura en lugares no autorizados.

Códigos de Identificación SPI: Códigos internacionales (del 1 al 7) que identifican el tipo de polímero plástico para facilitar la segregación y el reciclaje.

Demolición Selectiva: Práctica de dismantelar una estructura de forma secuencial, separando los materiales para maximizar su potencial de reciclaje y evitar su contaminación.

Déficit Habitacional: La falta de unidades habitacionales necesarias para satisfacer la demanda de la población.

Economía Circular: Modelo que busca que los productos, componentes y recursos mantengan su utilidad y valor en todo momento, en contraposición al modelo lineal de "tomar, hacer, desechar".

Fase de disposición sanitaria: Periodo previo a 1994 en Chile cuando la gestión de residuos era solo un problema de salud pública.

Geotextiles/Geomembranas/Geomallas: Materiales plásticos usados en ingeniería de suelos para filtración, separación y refuerzo.

Hoja de Ruta Nacional a la Economía Circular para un Chile sin Basura 2020-2040: Documento estratégico que establece la visión a largo plazo para la transición de Chile hacia una economía circular, con metas para todos los sectores.

Impuesto a los Vertederos (Landfill Levies): Instrumento económico utilizado en países como Australia y Nueva Zelanda que aumenta el costo de la eliminación de residuos para incentivar el reciclaje y la reutilización.

Jerarquía de Residuos: Principio que establece un orden de prioridad para la gestión de residuos: prevención, reutilización, reciclaje, valorización y, finalmente, eliminación.

Microplásticos/Nanoplásticos: Fragmentos plásticos menores a 5 mm (micro) o 1 µm (nano) que contaminan suelos, aguas y aire.

Plan de Gestión de RCD: Documento que organiza la clasificación, manejo y disposición de residuos en obra.

Plásticos de un solo uso: Productos plásticos diseñados para ser usados una sola vez antes de desecharse.

Polimerización: El proceso de combinar moléculas más pequeñas (monómeros) para formar moléculas grandes (polímeros) mediante calor y presión.

Polímeros: Una clase química de materiales que componen todos los plásticos más utilizados. Son moléculas grandes, compuestas por una cadena de moléculas más pequeñas que se repiten (monómeros).

Reciclaje mecánico: Proceso físico de transformación de plásticos en nuevos productos.

Residuos peligrosos: Desechos con propiedades tóxicas, inflamables o corrosivas que requieren manejo especial.

Residuos Compuestos: Materiales que consisten en una mezcla íntima de diferentes materiales, como plásticos y metales.

Residuos Químicos: Residuos que pueden contener remanentes de sustancias químicas peligrosas (como pinturas, adhesivos o aditivos para hormigón) que requieren un manejo y gestión especial para ser reciclables.

Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA): Instrumento de gestión ambiental que evalúa proyectos de gran envergadura para identificar y mitigar sus posibles impactos en el medio ambiente.

Sistemas de Gestión Colectiva: Organizaciones creadas por productores e importadores para cumplir de manera conjunta con sus obligaciones de recolección y valorización de los productos prioritarios bajo la Ley REP.

Triple Lavado: Procedimiento de limpieza de envases plásticos que contuvieron sustancias químicas.

Vertederos Ilegales / Clandestinos: Sitios no autorizados donde se depositan residuos, como los RCD.

Tabla de contenidos

Contenido

Portada	1
Agradecimientos.....	2
Resumen.....	3
Abstract	4
Glosario de siglas.....	5
Glosario de conceptos.....	7
Tabla de contenidos.....	9
Índice de ilustraciones y tablas	13
1. Introducción	14
1.1 Introducción a los plásticos y su uso general.	14
1.2 Principales sectores generadores de residuos plásticos.	15
1.3 Problemática de los residuos plásticos en la construcción.	17
1.4 Contexto de la construcción de viviendas en Chile.	18
1.5 Importancia de regular la generación de residuos en la construcción.	18
1.6 Objetivos.	19
Objetivo General	19
Objetivos Secundarios.....	19
1.7 Alcance y metodología.	19
2. Problemática de la acumulación de residuos plásticos en la construcción.....	20
2.1 Impactos ambientales de la acumulación.	20
2.1.1 Contaminación de suelos y cuerpos de agua.	20
2.1.2 Generación y contaminación de microplásticos.....	21
2.2 Impactos en la salud pública.	22
2.3 Costos económicos asociados.	23
3. Marco legal y regulatorio.	24
3.1 Legislación Chilena sobre gestión de residuos a la fecha.....	24
3.1.1 Ley N°19.300 Bases Generales del Medio Ambiente (1994).....	25
3.1.2 Código Sanitario (DFL 725/67).....	25
3.1.3 DS 189/2008 Reglamento sobre condiciones sanitarias y de seguridad básicas en los rellenos sanitarios.	26

3.1.4	Ley N° 20.879 (2015) Sanciona el transporte de desechos hacia vertederos clandestinos.....	26
3.1.5	DS 148/2004 Reglamento Sanitario sobre manejo de Residuos Peligrosos.....	26
3.1.6	Ley N°20.920 Ley Marco para la Gestión de Residuos, la Responsabilidad Extendida del Productor (REP) y fomento al Reciclaje (2016).....	27
3.1.7	Ley N°21.368 Regula la entrega de plásticos de un solo uso y las botellas plásticas. (2021)	28
3.1.8	DS 1/2013 Reglamento del Registro de emisiones y transferencia de contaminantes. (RETC)	28
3.1.9	NCh 3562:2019 Residuos de Construcción y Demolición. Clasificación y directrices para el plan de gestión.	28
3.1.10	Serie de estándares de Construcción Sustentable para Viviendas de Chile (MINVU, 2016).	29
3.1.11	ISO-NCh 14001:2015 Sistemas de Gestión Ambiental.	29
3.1.12	ISO-NCh 14040:2012 e ISO- NCh14044:2012 Gestión ambiental y Análisis de Ciclo de vida (ACV).	29
3.1.13	Certificación de edificios sustentables CES/LEED en Chile.	30
3.2	Modificaciones Legislativas en los últimos 30 años en Chile.	30
3.2.1	Fase sanitaria y de disposición. (Hasta 1994).....	30
3.2.2	Fase de institucionalidad y control ambiental (1994-2010).....	31
3.2.3	Fase de fomento al reciclaje y transición a la economía circular. (2010 a la fecha)	31
3.3	Legislación Internacional de países con avanzados niveles de desarrollo.	33
3.3.1	La Unión Europea: Un modelo integrado.....	33
3.3.2	Asia Oriental: Japón y Corea del Sur. Enfoque en la eficiencia y la responsabilidad.....	33
3.3.3	Norteamérica: Un mosaico de regulaciones federales y subnacionales.	34
3.3.4	Oceanía: Australia y Nueva Zelanda, Estrategias Nacionales e Incentivos Económicos... 34	
3.4	Comparación de la legislación chilena y legislación internacional.....	35
3.4.1	Fortalezas del modelo chileno: Una base sólida para la acción.	35
3.4.2	Debilidades y brechas estructurales: Del concepto a la práctica.	36
4	Estado actual de la disposición de residuos plásticos en Chile.	37
4.1	Generación de residuos plásticos en la construcción de viviendas.....	37
4.2	Identificación y caracterización de los principales residuos generados.....	40
4.2.1	Códigos de identificación de polímeros.	40
4.2.2	Identificación y categorización de acuerdo al ciclo constructivo.	42
4.3	Análisis de ciclo de vida de los principales residuos generados.....	47

4.3.1	Polietileno Tereftalato (PET).	47
4.3.2	Polietileno de Alta Densidad (PEAD/HDPE).	48
4.3.3	Cloruro de Polivinilo (PVC)	49
4.3.4	Polietileno de Baja Densidad (PEBD/LDPE).	51
4.3.5	Polipropileno (PP).	52
4.3.6	Poliestireno (PS).	54
4.3.7	Otros Plásticos (Compuestos y Termoestables).	55
4.4	Alternativas y métodos de disposición final disponibles actualmente en Chile.	57
4.4.1	PET (Tereftalato de polietileno).	57
4.4.2	HDPE o PEAD (Polietileno de alta densidad).	58
4.4.3	PVC (Policloruro de Vinilo).	59
4.4.4	LDPE (Polietileno de baja densidad).	60
4.4.5	PP(Polipropileno).	61
4.4.6	PS (Poliestireno EPS/ XPS)	62
4.4.7	Otros (PC, PUR, ABS, Nylon, PU Rígido/Espuma, etc.)	62
5	Análisis comparativo, propuestas y proyecciones.	63
5.1	Síntesis del análisis: Brechas entre la realidad chilena y los estándares internacionales.	64
5.1.2	Comparativa de alternativas de disposición final y valorización.	64
5.1.3	Deficiencias del marco regulatorio nacional.	65
5.1.4	Desafíos en la fiscalización y control.	66
5.2	Propuestas estratégicas para avanzar hacia la circularidad.	67
5.2.2	Mejoras legislativas y de política pública sugeridas.	67
5.2.3	Estrategias de gestión, reducción y valorización en obra.	68
5.3	Proyecciones y visión a futuro.	70
5.3.2	Escenario tendencial v/s escenario circular.	70
5.3.3	El rol de la construcción en el camino de Chile hacia la circularidad.	71
6	Conclusiones y recomendaciones finales.	72
6.1	Conclusiones generales.	72
6.2	Limitaciones de la investigación.	73
6.3	Recomendaciones finales.	73
6.3.1	Para organismos públicos y legisladores.	74
6.3.2	Para las empresas constructoras	74
6.3.3	Para la academia e instituciones de educación superior.	74

7. Bibliografía.....	75
----------------------	----

Índice de ilustraciones y tablas

Ilustración 1 Producción mundial de plástico año 2023	15
Ilustración 2: Distribución del uso del plástico de acuerdo al sector económico.	16
Ilustración 3: Escombros típicos de construcción.	17
Ilustración 4: Microplásticos en la arena.....	22
Ilustración 5: Residuos típicos de construcción.	39
Tabla 1 Códigos de categorización de polímeros.	41
Tabla 2: Caracterización de los residuos plásticos generados en la construcción de una vivienda ..	42
Ilustración 6: Zunchos plásticos en proceso de reciclaje.....	48
Ilustración 7: Pellets de HDPE reciclado.....	49
Ilustración 8: Tuberías de PVC típicas.....	51
Ilustración 9: Film de LDPE, muy utilizado en embalajes.	52
Ilustración 10: Tuberías de polipropileno.....	54
Ilustración 11: Residuos de poliestireno.	55
Ilustración 12: Espuma de poliuretano de aislación.....	57
Ilustración 13: segregación de residuos en obra.....	69
Ilustración 14: Segregación de residuos en obra.	69

1. Introducción

1.1 Introducción a los plásticos y su uso general.

La construcción, como tal, ha sido un pilar fundamental en el desarrollo de la sociedad, desde un comienzo con la construcción de los primeros refugios para protegerse y moderar los efectos del clima, contruidos principalmente con materiales perecederos., hasta las sorprendentes construcciones que se conocen hoy en día. Es evidente que con el paso de los años la construcción ha evolucionado, de la mano de los avances industriales y de la tecnología y también del desarrollo de nuevos materiales.

Dentro de los nuevos materiales desarrollados, se encuentran los plásticos. Si bien los primeros antecedentes de materiales plásticos se remontan a mediados del siglo XIX, los plásticos más conocidos actualmente tienen su origen principalmente en la segunda y tercera década del siglo XX, un periodo más bien recordado por las crisis y guerras.

A pesar de que “plástico” es un término vago para describir materiales que pueden formarse y moldearse bajo calor y presión, los polímeros son la clase química de materiales que componen todos los plásticos más utilizados. Son moléculas grandes, compuestas por una cadena de moléculas más pequeñas que se repiten (monómeros). El proceso de combinar estos monómeros mediante calor y presión se denomina polimerización. Gracias a sus características como, versatilidad, durabilidad y bajo costo, se han convertido en un componente esencial de la industria moderna desde su desarrollo masivo en la segunda mitad del siglo XX. Estas características los hacen particularmente atractivos para sectores como la construcción, comercio y automotriz donde se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones gracias a su resistencia a la corrosión, ligereza y facilidad de moldeo. En este ámbito, los plásticos desempeñan un papel fundamental en la fabricación de materiales tales como: tuberías, aislamientos térmicos y acústicos, revestimientos, ventanas y estructuras ligeras, esta diversidad de usos refleja la importancia de los plásticos en la construcción moderna. contribuyendo tanto a la eficiencia constructiva como a la reducción de costos.

Entre los tipos de plásticos más utilizados en la actualidad se encuentran el cloruro de polivinilo (PVC), el polietileno (PE), el poliestireno (PS), el poliuretano (PU), el tereftalato de polietileno (PET) y el polipropileno (PP).

1.2 Principales sectores generadores de residuos plásticos.

De acuerdo a datos presentados por la asociación “*Plastics Europe*” en su informe, “*Plastics, the fast facts, 2024*”, la producción de plásticos durante el año 2023 a nivel mundial alcanzó la inédita cifra de 413,8 millones de toneladas, todo un récord, y que se ha ido incrementando todos los años sucesivamente, tal como se aprecia en el gráfico a continuación.

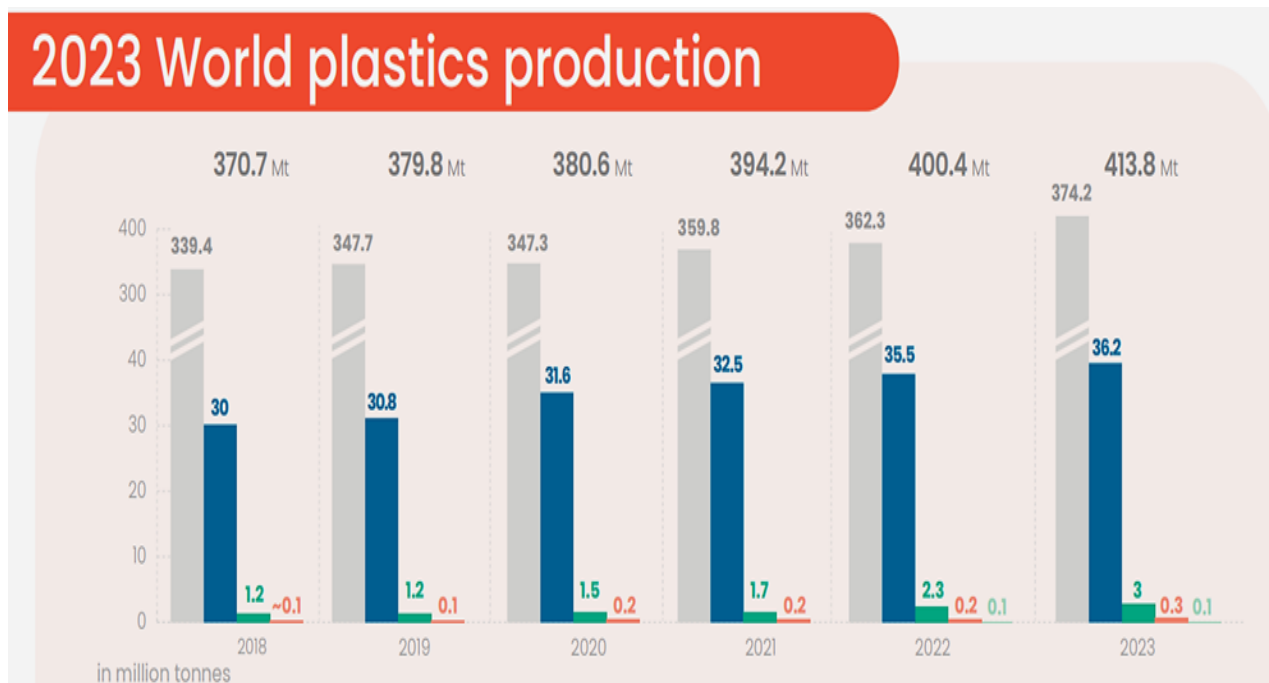


Ilustración 1 Producción mundial de plástico año 2023

Fuente: *Plastics Europe, “Plastics, the fast facts, 2024”*

A escala global, de acuerdo a datos entregados por “*Plastics Europe*”, durante el año 2022, los principales sectores económicos con mayor uso de plásticos, fueron con un 44% el Packaging o embalajes y envases; con un 18% la construcción y edificación; con un 8% la industria automotriz y un 12% para otros sectores productivos. Cada uno de los distintos sectores, con características particulares en cuanto a la cantidad y tipo de residuos generados.

En el contexto nacional, de acuerdo a datos entregados por ASIPLA (Asociación gremial de industriales del plástico) se repite el sector del Packaging y envases como el principal generador de residuos plásticos, seguido del sector de la construcción, tal como indica el siguiente gráfico.



Ilustración 2: Distribución del uso del plástico de acuerdo al sector económico.

Fuente: ASIPLA, Informe estadístico Año 2023.

La construcción, aunque no es el mayor generador en términos absolutos, contribuye significativamente debido a que los plásticos se pueden encontrar en distintos procesos, como, por ejemplo:

- Obras de infraestructura y edificación: La construcción de viviendas, edificios comerciales e infraestructuras urbanas genera un volumen significativo de residuos plásticos, debido al uso e instalación de tuberías, aislantes, revestimientos etc.
- Obras de demolición y remodelación: En la renovación de edificaciones existentes, una gran cantidad de plásticos terminan como desechos, ya sea porque han llegado al final de su vida útil o porque su retiro implica su destrucción parcial y por ende, su recambio.
- Fabricación y distribución de materiales: La producción de componentes plásticos para la construcción genera residuos industriales, incluyendo recortes, defectos de fabricación y embalajes plásticos utilizados en el transporte y almacenamiento.

1.3 Problemática de los residuos plásticos en la construcción.

De esta manera, la gestión de residuos plásticos en la construcción enfrenta múltiples desafíos que comprometen su sostenibilidad, siendo uno de los principales, la complejidad de separar los plásticos de otros materiales de desecho. A diferencia de otros sectores productivos, los desechos generados en la construcción presentan una complejidad adicional: suelen estar contaminados o mezclados con materiales como hormigón, madera, metales, lo que dificulta aún más su manejo y reciclaje. En muchos de estos casos, estos residuos terminan en vertederos o son incinerados, malas prácticas que generan impactos ambientales significativos, tales como contaminación del suelo, de cursos y cuerpos de agua o bien la emisión de sustancias tóxicas.

En Chile, la falta de infraestructura adecuada para el reciclaje de plásticos provenientes de la construcción agrava esta situación, perpetuando un ciclo de contaminación y desperdicio de recursos. Sumado a eso, se puede destacar la ausencia de regulaciones específicas que obliguen a las empresas a adoptar y poner en práctica medidas sostenibles, aunque la nueva ley de responsabilidad extendida del productor (REP) ha impulsado mejoras en la gestión de ciertos residuos, los residuos plásticos de la construcción no han sido abordados de manera detallada, ya que no consideran las particularidades de los materiales plásticos en la construcción, por ende, los desafíos asociados a su gestión son notablemente mayores y subraya la necesidad de enfoques específicos para este sector.



Ilustración 3: Escombros típicos de construcción.

Fuente: Cortesía de VICONSA

1.4 Contexto de la construcción de viviendas en Chile.

Chile enfrenta actualmente un importante déficit habitacional que supera las 650 mil unidades habitacionales (MINVU, 2023). El sector de la construcción de viviendas en Chile ha experimentado una expansión sostenida en las últimas décadas, impulsado por la urbanización, el aumento de la población, la necesidad de abordar el déficit habitacional y una creciente inversión privada en edificación. Esta expansión, sin embargo, se ha enfocado principalmente en aspectos estructurales y normativos como la eficiencia energética y resistencia sísmica, dejando en segundo plano la dimensión ambiental, especialmente en lo relativo a la generación y gestión de residuos.

Según datos del Instituto Nacional de Estadísticas (INE, 2023), la construcción contribuye con aproximadamente el 7% del PIB nacional y genera un número significativo de empleos. Sin embargo, este crecimiento ha incrementado la generación de residuos, incluyendo plásticos, que representan entre el 5% y el 10% de los residuos de construcción y demolición (RCD), estimados en 7 millones de toneladas anuales (REGEMAC, 2023).

Controlar la generación y disposición de residuos plásticos en el sector de la construcción es tanto una oportunidad como una necesidad. Al adoptar enfoques e incentivos para la reutilización y el reciclaje, basados en la sostenibilidad, es posible avanzar hacia una construcción más responsable, que priorice la salud del medio ambiente, y de las distintas comunidades.

1.5 Importancia de regular la generación de residuos en la construcción.

Tal como se mencionó anteriormente, la construcción es una de las industrias más potentes en uso de recursos y generación de residuos. En Chile, la necesidad de contar con instrumentos regulatorios claros y específicos para la gestión de residuos plásticos en este sector es urgente, ya que una gestión ineficiente representa un costo económico, tanto por los gastos asociados al manejo de los residuos, como por la pérdida de materiales valiosos que pueden ser reutilizados o reciclados.

Establecer regulaciones en esta categoría permitiría mejorar la trazabilidad, fomentar la valorización de materiales, reducir el impacto ambiental y generar nuevas oportunidades para la estimular la innovación en reciclaje.

La construcción tiene todo el potencial de liderar la transición hacia prácticas sostenibles. La implementación de estas regulaciones, junto con incentivos para el reciclaje y la reutilización, puede transformar la gestión de residuos plásticos, reduciendo su impacto ambiental y promoviendo la economía circular.

1.6 Objetivos.

Objetivo General

El objetivo principal de esta memoria es: Evaluar el estado actual de la gestión de los residuos plásticos de construcción (RPC) en Chile, identificando las brechas normativas, técnicas y operativas que limitan su adecuada valorización, con el propósito de proponer estrategias y lineamientos que favorezcan su gestión sostenible y la implementación de principios de economía circular en el sector de la construcción.

Objetivos Secundarios

Los objetivos secundarios son:

- Analizar el marco normativo y regulatorio vigente en materia de gestión de residuos de construcción y demolición (RCD), con énfasis en los residuos plásticos de construcción (RPC), identificando las brechas legales y administrativas que dificultan su adecuada gestión.
- Caracterizar el estado actual de la gestión de los RPC en Chile, considerando los principales actores del sector, las prácticas de disposición, valorización y trazabilidad existentes, así como las limitaciones técnicas y operativas asociadas.
- Evaluar las oportunidades de mejora y las experiencias internacionales relevantes, con el fin de identificar estrategias aplicables al contexto nacional para la valorización y reducción del impacto ambiental de los RPC.
- Proponer lineamientos y estrategias de gestión sostenible que promuevan la incorporación de los principios de economía circular en la gestión de los RPC, contribuyendo a una reducción efectiva de la huella ambiental del sector.

1.7 Alcance y metodología.

La presente memoria se centra en el análisis de los RPC generados exclusivamente en el subsector de la construcción de viviendas Unifamiliares en Chile. Se analizará desde la identificación de los tipos de plásticos y sus puntos de generación en obra, hasta el seguimiento de su ruta de disposición final.

Para alcanzar los objetivos propuestos, se desarrollará la siguiente metodología:

- Revisión y análisis del marco normativo, se realizará una revisión exhaustiva de la legislación nacional relacionada con la gestión de residuos plásticos, con especial énfasis en su aplicación en el sector de la construcción. También se revisarán las normativas internacionales, que puedan servir de referencia para el modelo local.

- Evaluación del ciclo de vida de los materiales plásticos, se aplicará la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) para examinar las etapas de producción, uso y disposición final de los materiales plásticos utilizados en la construcción. Este análisis permitirá cuantificar los impactos ambientales asociados a los distintos tipos de plásticos presentes en el proceso constructivo de una vivienda unifamiliar tipo, e identificar alternativas de revalorización y reutilización técnica y ambientalmente viables. Los resultados del ACV, servirán como base para establecer criterios de sostenibilidad aplicables al sector.
- Formulación de propuestas y estrategias de gestión. En función de los resultados obtenidos en las etapas anteriores, se desarrollará una propuesta de mejora en la gestión de los residuos plásticos de construcción en Chile.

2. Problemática de la acumulación de residuos plásticos en la construcción.

La gestión deficiente de los residuos plásticos generados en el sector de la construcción, y la acumulación de éstos, da origen a una serie de externalidades negativas que impactan tanto en el medio ambiente, en la salud de la población y también en la economía del país.

A diferencia de los plásticos de consumo masivo, tales como bolsas o botellas, los residuos plásticos de construcción (RPC) presentan desafíos particulares debido a factores como su volumen, su diversidad y la frecuente contaminación con otros restos y materiales de obra.

En este capítulo se analizan los impactos asociados a esta problemática, con el objetivo de comprender sus implicancias y justificar la necesidad de estrategias efectivas para su gestión, con un enfoque en la realidad del sector de la construcción de viviendas en Chile.

2.1 Impactos ambientales de la acumulación.

Los efectos adversos de los RPC en el entorno natural son muy severos y duraderos, afectando tanto a los ecosistemas terrestres y marinos, y contribuyendo a una forma de contaminación persistente y de difícil remediación.

2.1.1 Contaminación de suelos y cuerpos de agua.

En Chile, los residuos de construcción y demolición (RCD), que incluyen plásticos de distintos tipos, como tuberías de PVC, plumavit, films de polietileno usados como barreras

o bien embalajes, representan aproximadamente 7 millones de toneladas anuales, de las cuales entre el 5% y el 10% corresponden a plásticos (REGEMAC, 2023), la ruta predominante para los RCD, incluidos los plásticos, es su disposición en rellenos sanitarios o, de manera informal, en vertederos ilegales (MMA, 2021). Su baja degradabilidad y, por ende, alta durabilidad significa que persistirán en el ambiente por siglos, contribuyendo a la rápida saturación de los sitios de disposición final autorizados y a la proliferación de vertederos clandestinos dada su masividad.

La contaminación del suelo es una consecuencia directa, los plásticos depositados en vertederos liberan sustancias químicas, como ftalatos y bisfenoles, que pueden filtrarse al suelo y contaminar aguas subterráneas (Verma et al., 2016). En el contexto chileno, donde muchos vertederos no cuentan con sistemas adecuados de impermeabilización, este problema es particularmente grave, dado que las napas subterráneas son una fuente vital de agua dulce para el consumo humano y el uso en agricultura en muchas zonas del país.

Dada la larga geografía costera de un país como Chile, los RPC gestionados inadecuadamente representan una amenaza que impacta directamente al ecosistema marino. Esto ya que los plásticos pueden ser arrastrados por el viento desde las obras y vertederos, o bien transportados por los cauces de los ríos que desembocan en el Océano Pacífico, elementos como zunchos, mallas de construcción y fragmentos de tuberías se convierten en trampas mortales para la fauna marina, causando enredos, asfixia y lesiones (Wright & Thompson, 2013). Estudios han demostrado que los microplásticos alteran los ecosistemas marinos al ser ingeridos por organismos, lo que interfiere en sus procesos biológicos y en la cadena alimentaria (Wright et al., 2013).

2.1.2 Generación y contaminación de microplásticos.

Una de las amenazas ambientales de los plásticos más preocupante es la fragmentación de los residuos, tanto en microplásticos, que son partículas de tamaños menores a 5 milímetros, como en nanoplásticos, que son partículas de un tamaño inferior a 1 micrómetro. Inicialmente fue considerado un problema de contaminación principalmente marina, sin embargo, en los últimos años los científicos han descubierto micro y nano plásticos en muchos lugares y especies, incluyendo a los humanos. Estas diminutas partículas de plástico pueden viajar por todo el mundo, terminando en zonas urbanas, rurales y remotas. Toman una ruta de transporte incluso más rápida que las corrientes oceánicas: la atmósfera.

Materiales como el poliestireno expandido de las planchas de aislación son particularmente frágiles y se desintegran con facilidad en pequeñas piezas durante un proceso de construcción o demolición. De igual forma, la radiación ultravioleta degrada la superficie de tuberías de PVC o membranas de PE expuestas a la intemperie, liberando fragmentos microscópicos al entorno (Andrady, 2011). Estas minúsculas partículas de plásticos,

originadas en faenas constructivas, se incorporan al polvo atmosférico, son arrastradas por la lluvia, llegan a los sistemas fluviales y otros ecosistemas, donde actúan como vectores contaminantes (Koelmans, Besseling, & Foekema, 2014), además, al ser ingeridos por el zooplancton y otras especies vivas, ingresan a la red trófica, acumulándose en peces, mariscos, aves y otras especies que son parte fundamental de la dieta y de la economía chilena.



Ilustración 4: Microplásticos en la arena.

Fuente: www.química.uc.cl

2.2 Impactos en la salud pública.

La exposición humana a muchos de los componentes químicos de los plásticos es un riesgo latente, tanto para los trabajadores del sector como para la población en general. Esta exposición puede ocurrir por inhalación de polvo y partículas pequeñas en las faenas, o por contacto indirecto a través del ambiente contaminado.

Los efectos de la acumulación de residuos plásticos sobre la salud humana han sido objeto de creciente investigación en las últimas décadas. Los microplásticos y nanoplásticos, han sido detectados en el agua potable, en alimentos y en el aire, incluso, estudios han identificado microplásticos en peces y mariscos consumidos en Chile, lo que sugiere una vía

de exposición para la población (Pozo et al., 2019). Las propias características de los microplásticos revelan su potencial como un vector peligrosamente potente de tóxicos y patógenos. Los microplásticos suelen tener grandes superficies específicas y son predominantemente hidrófobos, lo que significa que repelen el agua. Estas características convierten a los microplásticos transportados por el aire en un "caballo de Troya" capaz de ocultar y transportar sustancias nocivas, que se asocian con efectos adversos en la salud, dentro de los animales o humanos que los inhalan, absorben e ingieren. Aunque la evidencia local específica sobre los impactos de microplásticos en la salud humana es limitada, estudios internacionales sugieren que la exposición prolongada puede contribuir a problemas inflamatorios y toxicidad sistémica (Wright et al., 2013).

La incineración de residuos plásticos, aunque mucho menos común en Chile, también representa un riesgo para la salud pública. La combustión libera dioxinas y compuestos altamente tóxicos que pueden causar enfermedades respiratorias, daños al sistema inmunológico y riesgos cancerígenos (Verma et al., 2016).

En definitiva, las consecuencias de los impactos de los residuos plásticos en la salud humana no están del todo claros, pues a pesar de que tal como se mencionó antes, los estudios en el área han mostrado un avance en los últimos años, las consecuencias a largo plazo no están completamente determinadas, sin embargo, ya permiten presumir que serán nocivas.

2.3 Costos económicos asociados.

Una mala gestión de los residuos plásticos puede generar una carga económica significativa tanto directa como indirectamente, sobre el sector público, el sector privado y a la sociedad en general. Esto se manifiesta en elevados costos directos de manejo de residuos, pérdidas en sectores productivos y la pérdida de valiosos recursos materiales que podrían reutilizarse

Los costos directos incluyen los gastos asociados a la recolección, transporte y disposición de residuos en vertederos, por ejemplo, para las empresas constructoras, la disposición de sus residuos representa un costo directo, pagando tarifas por peso o volumen en los rellenos sanitarios autorizados. La falta de segregación en obra, donde los plásticos livianos pero voluminosos se mezclan con escombros pesados, infla artificialmente estos costos. Sin embargo, el costo más alto es la externalidad que se transfiere a los municipios y al Estado. La limpieza de microbasurales y vertederos ilegales, donde una parte importante de los RCD es arrojada para evadir los costos de disposición, representa un gasto público considerable que podría destinarse a otros servicios (MMA, 2021). Adicionalmente, la obstrucción de canales y sistemas de drenaje por films plásticos y otros residuos puede agravar los efectos de las inundaciones, generando costos de emergencia y reparación de infraestructura pública.

Los costos indirectos, son igualmente significativos. Desde la perspectiva de una economía circular, el mayor costo económico es la pérdida de recursos. Cada kilogramo de PVC, PE o PP que se entierra en un vertedero es una materia prima secundaria que se está desperdiciando. La producción de plástico nuevo es un proceso que requiere un alto uso de energía y recursos fósiles no renovables. El reciclaje, en cambio, permite fabricar nuevos productos y generar además un ahorro energético. Sin embargo, en Chile, la tasa de reciclaje de plásticos es inferior al 8.5%, lo que representa una oportunidad perdida para la economía (ASIPLA, 2022).

En el marco de la Ley de Fomento al Reciclaje (Ley REP) en Chile, que identifica a los envases y embalajes como producto prioritario, existe una oportunidad no desarrollada para integrar los RPC en los sistemas de gestión emergentes, incentivados por la nueva ley. Al no hacerlo, el sector de la construcción no solo contribuye a un problema ambiental, sino que también pierde la oportunidad de generar valor, desarrollar una industria de reciclaje local, crear empleos verdes y reducir su dependencia de materiales vírgenes.

Existen además otros costos económicos indirectos que son también relevantes, por ejemplo, la contaminación visible de playas, ríos y lagos con residuos plásticos, incluidos los provenientes de la construcción, deteriora este capital natural. Este "daño estético" puede reducir el atractivo turístico de zonas costeras o lacustres, sobre todo en un país como Chile, que ha posicionado su imagen como país turístico en torno a paisajes naturales. Esto finalmente termina afectando a las economías locales que dependen de estas actividades. De igual forma, la proliferación de vertederos ilegales en zonas periurbanas puede llevar a una depreciación del valor de las propiedades y terrenos aledaños.

3. Marco legal y regulatorio.

La gestión de residuos en Chile, y en particular la de los residuos plásticos generados por la construcción, se enmarca en un complejo entramado de normativas que ha sido objeto de un desarrollo progresivo. Este marco legal establece las responsabilidades, los procedimientos y los instrumentos para transitar desde un modelo de disposición final hacia uno de economía circular. A continuación, se analiza la legislación nacional vigente a la fecha, su desarrollo histórico y se le compara con estándares internacionales de vanguardia para identificar las brechas y oportunidades existentes. Es necesario aclarar que el marco regulatorio chileno se compone de leyes, decretos, normas técnicas, acuerdos voluntarios y estándares que, en conjunto, definen las reglas para el manejo de residuos plásticos.

3.1 Legislación Chilena sobre gestión de residuos a la fecha.

3.1.1 Ley N°19.300 Bases Generales del Medio Ambiente (1994)

Es la ley fundacional del sistema de gestión ambiental en Chile. Establece los principios rectores y los instrumentos de gestión ambiental, entre los que se destacan los siguientes:

- Principio “El que contamina paga”: Establece que quienes generen contaminación o daño ambiental, deben asumir los costos. Legales y económicos.
- Principio de prevención: Busca evitar que se produzcan daños ambientales, con enfoque en medidas anticipadas para minimizar o eliminar los riesgos antes de que ocurran.
- Principio de gradualidad: Considera la gradualidad en la aplicación de estándares ambientales, buscando una transición adecuada.
- Principio de responsabilidad: Se refiere a la obligación de reparar los daños ambientales causados, tanto por particulares como por el estado.
- Principio de participación: Busca que la ciudadanía tenga un rol activo en la toma de decisiones sobre la gestión ambiental.

Esta ley crea también el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), que somete a evaluación ambiental los proyectos de gran envergadura y las instalaciones de eliminación de residuos, obligándolos a identificar, prevenir y mitigar sus impactos.

3.1.2 Código Sanitario (DFL 725/67).

Aborda la gestión de residuos desde una perspectiva de protección de la salud pública. Entre sus principales aspectos normativos se destacan:

- Competencia sanitaria: Otorga a la autoridad sanitaria (SEREMI de Salud) la facultad de regular la recolección, transporte y disposición de residuos y basuras.
- Prohibición de vertido: Su artículo N° 80 prohíbe explícitamente el arrojar basuras y desperdicios en vías públicas, áreas de uso público o sitios no autorizados, constituyendo así la base legal para sancionar los vertederos clandestinos.

3.1.3 [DS 189/2008 Reglamento sobre condiciones sanitarias y de seguridad básicas en los rellenos sanitarios.](#)

Regula el diseño, construcción, operación y cierre de los rellenos sanitarios, el destino final autorizado para la mayoría de los RCD, incluidos los plásticos. Entre sus principales aspectos normativos se destacan:

- Requisitos de Operación: Establece la obligación de compactar y cubrir diariamente los residuos para minimizar los impactos, como la dispersión de plásticos por el viento.
- Manejo de Lixiviados y Gases: Exige sistemas de control y tratamiento para los líquidos percolados y los gases generados, que pueden estar influenciados por la composición de los residuos, incluidos los plásticos.

3.1.4 [Ley N° 20.879 \(2015\) Sanciona el transporte de desechos hacia vertederos clandestinos.](#)

Esta ley sanciona el transporte de desechos hacia vertederos clandestinos. Busca proteger la salud pública y el medio ambiente al establecer multas para diversas conductas relacionadas con el transporte de desechos incluyendo escombros, y establece la obligación de cubrirlos para evitar la dispersión de materiales durante el traslado. Entre los principales aspectos normativos, se destacan:

- Tipificación del Delito: Sanciona a quien encargue o realice, utilizando un vehículo motorizado, el transporte e instalación de basuras, desechos o residuos en vertederos ilegales, bienes nacionales de uso público o en la vía pública.
- Sanciones: Establece penas de presidio menor en su grado mínimo a medio y multas de hasta 100 unidades tributarias mensuales (UTM). Incluye incluso el decomiso del vehículo utilizado como sanción.

3.1.5 [DS 148/2004 Reglamento Sanitario sobre manejo de Residuos Peligrosos.](#)

Establece las condiciones sanitarias y de seguridad para la gestión de residuos peligrosos en Chile. Este reglamento aborda desde la generación hasta la eliminación de estos residuos, incluyendo almacenamiento, transporte, tratamiento, reuso, reciclaje y disposición final. Define qué se considera residuo peligroso, establece criterios para su clasificación, y asigna responsabilidades a

generadores, transportistas y destinatarios. Los principales aspectos normativos que se pueden destacar son:

- Clasificación: Detalla los criterios y procedimientos analíticos para clasificar los residuos como peligrosos, por ejemplo, un residuo plástico se considera peligroso si está contaminado con sustancias tóxicas (ej. envases de solventes, pinturas con plomo).
- Trazabilidad: Obliga a los generadores a utilizar un sistema de declaración y seguimiento (SIDREP) para asegurar la trazabilidad del residuo desde su origen hasta su destino final autorizado.
- Plan de Manejo: Exige a los generadores de residuos peligrosos contar con un plan de manejo detallado.
- Fiscalización y Sanciones: El Ministerio de Salud, a través de la Autoridad Sanitaria, es el encargado de fiscalizar el cumplimiento del reglamento y aplicar sanciones en caso de incumplimiento.

3.1.6 [Ley N°20.920 Ley Marco para la Gestión de Residuos, la Responsabilidad Extendida del Productor \(REP\) y fomento al Reciclaje \(2016\).](#)

Se trata de la ley más transformadora en la materia en el último tiempo, introduciendo la economía circular y la REP.

Dentro de los principales aspectos normativos que abarca la ley, se destacan los siguientes:

- Responsabilidad del productor: Obliga a los fabricantes e importadores de "productos prioritarios" (Estos incluyen: Neumáticos, envases y embalajes, aceites lubricantes, aparatos eléctricos y electrónicos, pilas y baterías.) a organizar y financiar la recolección y valorización de los residuos de sus productos.
- Metas de valorización: Establece la obligación de cumplir metas de recolección y reciclaje, incentivando la creación de una industria de reciclaje y otras formas de valorización.
- Fiscalización y sanciones: La fiscalización y seguimiento del cumplimiento de las obligaciones de la Ley corresponde a la Superintendencia del Medio Ambiente, la cual está facultada para imponer multas de hasta 10.000 UTA anuales en atención a la gravedad de la infracción.

- Relevancia para la construcción: Impacta directamente al sector a través de la categoría "Envases y Embalajes", forzando la gestión de films, sacos, zunchos y envases plásticos utilizados en obra.

3.1.7 Ley N°21.368 Regula la entrega de plásticos de un solo uso y las botellas plásticas. (2021)

Busca limitar la generación de residuos plásticos de consumo masivo. A pesar de no tener nada de relación con la construcción, representa un hito normativo hacia la reducción de plásticos no reciclables y sienta precedentes para futuras regulaciones aplicables al sector de la construcción.

3.1.8 DS 1/2013 Reglamento del Registro de emisiones y transferencia de contaminantes. (RETC)

El reglamento del Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC) establece las normas para la recopilación, sistematización, conservación, análisis y difusión de información sobre emisiones y transferencias de contaminantes, con el objetivo de mejorar la gestión ambiental y la transparencia.

Exige a los establecimientos que cumplen ciertos criterios (incluidas grandes obras) declarar anualmente la generación y destino de sus residuos y emisiones, tanto peligrosos como no peligrosos. Su cumplimiento promueve la trazabilidad de residuos y permite fiscalización ambiental efectiva.

3.1.9 NCh 3562:2019 Residuos de Construcción y Demolición. Clasificación y directrices para el plan de gestión.

Norma técnica voluntaria que establece el estándar para la gestión de RCD.

Dentro de los aspectos normativos principales, se destacan los siguientes:

- Clasificación de Residuos: Define categorías claras para los RCD, incluyendo una específica para plásticos (PVC, PE, PP, EPS, etc.).
- Plan de Gestión: Proporciona la metodología para crear un Plan de Gestión de RCD, promoviendo la segregación en origen.
- Jerarquía de Residuos: Se adopta formalmente el concepto de la jerarquía de recursos, que prioriza las siguientes acciones: prevención, reutilización, reciclaje, valorización y eliminación, como guía de acción.

3.1.10 Serie de estándares de Construcción Sustentable para Viviendas de Chile (MINVU, 2016).

Se trata de un conjunto de guías y estándares técnicos desarrollados por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), con el fin de promover la sostenibilidad en edificación residencial. Se compone de 6 tomos, cada uno enfocado en un área específica. El tomo 4, Materiales y Residuos, establece algunas líneas directivas, tales como:

- Recomendaciones de Gestión: Aconseja la elaboración de un Plan de Gestión de Residuos (basado en la NCh 3562) para los proyectos de vivienda.
- Fomento al Reciclaje: Recomienda metas específicas de reducción y reciclaje de residuos de obra, incluidos los plásticos, como buena práctica.
- Selección de Materiales: Promueve el uso de materiales con contenido reciclado, lo que podría ayudar a crear un mercado para los plásticos recuperados de la construcción.

3.1.11 ISO-NCh 14001:2015 Sistemas de Gestión Ambiental.

Se trata de una norma internacional adoptada por Chile que establece un marco para que una organización implemente un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) efectivo.

Se destacan aspectos como:

- Mejora Continua: Se basa en el ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA) para la mejora continua del desempeño ambiental.
- Control Operacional: Exige a la organización identificar y controlar sus aspectos ambientales significativos, como la generación de residuos plásticos, estableciendo objetivos, metas y programas para su gestión.

3.1.12 ISO-NCh 14040:2012 e ISO- NCh14044:2012 Gestión ambiental y Análisis de Ciclo de vida (ACV).

Las normas ISO 14040 y NCh-ISO 14044 establecen los principios y requisitos para el Análisis del Ciclo de Vida (ACV), una metodología para evaluar los impactos ambientales de un producto o servicio a lo largo de todas las etapas de su existencia, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final. La ISO 14040

proporciona el marco general, mientras que la ISO 14044 detalla los requisitos para llevar a cabo un ACV de manera sistemática y transparente.

3.1.13 Certificación de edificios sustentables CES/LEED en Chile.

Se trata de certificaciones voluntarias que evalúan y promueven la sustentabilidad en la construcción. La Certificación Edificio Sustentable (CES) es un sistema nacional, mientras que LEED es internacional, ambos incentivando el uso eficiente de recursos y la reducción de residuos, incluyendo plásticos.

Entre sus aspectos clave, se destacan:

- Créditos por Gestión de Residuos: Ambos sistemas otorgan puntaje a los proyectos que implementan un plan de gestión de residuos y logran desviar un porcentaje significativo de sus RCD (incluidos plásticos) de los rellenos sanitarios hacia procesos de reciclaje o reutilización.
- Incentivo de Mercado: Actúan como un potente incentivo de mercado, ya que las constructoras buscan obtener estos sellos para diferenciar sus proyectos, promoviendo la adopción de mejores prácticas en el manejo de residuos.

3.2 Modificaciones Legislativas en los últimos 30 años en Chile.

La evolución de la normativa y la legislación respecto a la gestión de residuos en Chile durante las últimas tres décadas evidencia una profunda transformación paradigmática. Este desarrollo no ha sido ordenado, sino que puede dividirse en tres grandes etapas que reflejan tanto el contexto político y económico del país como la actual y creciente conciencia ambiental que avanza a paso acelerado, no sólo en Chile. El tránsito de la normativa, ha sido desde un enfoque muy básico en que netamente se concentraban las energías en mantener y desarrollar la higiene de la sociedad, pasando por un enfoque de control ambiental, hasta llegar al actual enfoque que privilegia un impulso hacia una economía circular, acorde a lo que demanda el mundo hoy en día.

3.2.1 Fase sanitaria y de disposición. (Hasta 1994)

Antes de que se desarrollara la ley de bases del medio ambiente en 1994, la gestión de residuos era considerada casi exclusivamente un problema de salud pública. La normativa más importante al respecto era el Código Sanitario (DFL 725/67), cuyo objetivo principal era el saneamiento básico, es decir, retirar los desechos de los centros urbanos para prevenir la propagación de enfermedades y la proliferación de vectores

contaminantes. En esta época, no existía una distinción legal o técnica significativa entre los distintos tipos de residuos no peligrosos, por lo tanto, los escombros de la construcción, los residuos domésticos y los desechos industriales se mezclaban y su destino común eran los vertederos municipales, que en muchos casos eran simples basurales a cielo abierto sin ninguna ingeniería de control ambiental (O’Ryan & Pereira, 2012). El foco estaba totalmente en la "disposición final", un concepto que en la práctica significaba alejar el problema de la vista, sin considerar la contaminación de suelos, aguas subterráneas o la pérdida de recursos.

3.2.2 Fase de institucionalidad y control ambiental (1994-2010)

Durante la década del 90, el país vivió una suerte de “modernización” de la mano del retorno de la democracia. Así, con la promulgación de la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente en 1994, se inauguró una nueva era, creando una institucionalidad ambiental (CONAMA) e introduciendo instrumentos de gestión preventivos. El Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) comenzó a exigir que los grandes proyectos, incluidos rellenos sanitarios y obras de construcción de gran escala, analizaran y mitigaran sus impactos. Durante este período, se avanzó en la diferenciación de los flujos de residuos. El hito más importante fue el DS 148/2003, que estableció un marco robusto para la gestión de residuos peligrosos, separándolos del flujo general. Para los residuos no peligrosos, como la mayoría de los RCD, la solución técnica evolucionó desde los basurales hacia los rellenos sanitarios, regulados por el DS 189/2008. Este reglamento impuso estándares de ingeniería para el control de lixiviados y gases, representando una mejora sustancial. Sin embargo, el principio fundamental seguía siendo lineal y de "fin de tubería". El objetivo era disponer de los residuos de una manera ambientalmente más segura, pero no necesariamente reducirlos o valorizarlos (Van Eerd, 2011).

3.2.3 Fase de fomento al reciclaje y transición a la economía circular. (2010 a la fecha)

La creación del Ministerio del Medio Ambiente (MMA) en 2010 y el ingreso de Chile a la OCDE consolidaron la necesidad de modernizar la política de residuos. Esta fase se caracteriza por un cambio de enfoque: los residuos dejan de ser vistos como un problema a eliminar y comienzan a ser considerados como un recurso potencial. El instrumento central de esta nueva visión es la Ley 20.920 (Ley REP) de 2016. Esta ley importa a Chile el principio de Responsabilidad Extendida del Productor, un cambio radical que traslada la responsabilidad principal de la gestión del residuo desde el municipio o consumidor final hacia quien introduce el producto en el mercado. Para el sector de la construcción, esto se materializa a través de los "Envases y Embalajes", obligando a las constructoras a participar en un sistema que busca valorizar los plásticos de embalajes que antes se mezclaban con otros residuos y desechaban.

Esta especie de “ley matriz” se ha visto complementada por una serie de instrumentos que refuerzan el modelo circular. La "Hoja de Ruta Nacional a la Economía Circular para un Chile sin Basura 2020-2040" establece una visión estratégica a largo plazo con metas ambiciosas para todos los sectores (Ministerio del Medio Ambiente, 2021). La NCh 3562 sobre RCD, aunque voluntaria, provee la metodología técnica para la segregación en obra. Leyes como la 20.879 endurecen las penas contra el vertido ilegal, mientras que la Ley 21.368 sobre plásticos de un solo uso ataca la generación de residuos desde el lado del consumo.

Esta fase actual está en crecimiento y es muy dinámica, su éxito dependerá de la efectiva implementación de los decretos de la Ley REP, el desarrollo de infraestructura de reciclaje y educación acorde que provoque un cambio cultural profundo en productores y consumidores.

La implementación de estas leyes ha enfrentado varios desafíos, como la falta de infraestructura adecuada para el reciclaje de plásticos en el sector de la construcción y la necesidad de una mayor fiscalización para poder garantizar un buen nivel de cumplimiento de la normativa. Según informes del Ministerio del Medio Ambiente (MMA, 2021), el nivel de cumplimiento de las normativas es aún bajo en algunas áreas, lo que evidentemente limita su efectividad. Por ejemplo, la Ley REP ha impulsado un aumento en la cantidad de envases plásticos reciclados, pero aún se estima que una gran cantidad de estos residuos termina en vertederos o es gestionada de manera inadecuada, especialmente en regiones con menor infraestructura (ASIPLA, 2022).

A pesar de las complicaciones, los resultados iniciales son prometedores. La Ley REP ha llevado a un aumento en la cantidad de envases plásticos reciclados, con un incremento estimado del 8.5% en la tasa de reciclaje de plásticos en Chile, según datos recientes (Pacto Chileno de los Plásticos, 2025). La Ley Nº21.368 ha reducido significativamente el uso de bolsas plásticas en el comercio, lo que ha contribuido a una menor generación de residuos plásticos en general, con un impacto indirecto en la construcción al reducir la disponibilidad de plásticos de un solo uso para embalajes (Better.cl, 2022).

En el sector de la construcción, estas normativas han incentivado a las empresas a adoptar prácticas más sostenibles, como la implementación de planes de gestión de residuos que incluyen la separación de plásticos para su reciclaje. Además, han fomentado la búsqueda de alternativas a los plásticos de un solo uso, como el uso de materiales biodegradables o reutilizables en embalajes y aplicaciones temporales, aunque la adopción de estas prácticas varía según la región y el tamaño de las empresas (REGEMAC, 2023).

En conclusión, los últimos 30 años han visto una evolución significativa en la legislación chilena sobre la gestión de residuos plásticos. Aunque persisten desafíos en la implementación, estas normativas han establecido un marco sólido para avanzar hacia prácticas más sostenibles en el sector de la construcción y en la sociedad chilena en general.

3.3 Legislación Internacional de países con avanzados niveles de desarrollo.

Para poder establecer un punto de comparación robusto, es necesario analizar los marcos regulatorios de países que lideran la transición hacia una economía circular para los plásticos. Estos países y bloques no solo han implementado políticas ambiciosas, sino que también han abordado la complejidad de flujos de residuos específicos como los de la industria de la construcción.

3.3.1 La Unión Europea: Un modelo integrado.

La UE ha desarrollado uno de los marcos regulatorios más completos y cohesivos a nivel mundial, basado en una estrategia a largo plazo y legislación vinculante para sus estados miembros.

La “Estrategia Europea para los Plásticos en una Economía Circular” (2018), es la hoja de ruta política que establece la visión de que, para 2030, todos los envases de plástico comercializados en la UE sean reutilizables o reciclables de manera rentable. El Protocolo de Gestión de RCD de la UE (2016), proporciona directrices detalladas para mejorar la correcta identificación, la separación en origen y la trazabilidad de los flujos de RCD. Se promueve la demolición selectiva como práctica estándar para evitar la contaminación de los materiales y maximizar su potencial de reciclaje.

Además de eso, los países implementan políticas internas, como el caso de Alemania que cuenta con la Ley de Economía Circular (Kreislaufwirtschaftsgesetz) y la Ley de Envases (VerpackG) crean un sistema de "doble responsabilidad". La VerpackG obliga a los productores de envases (incluidos los utilizados para materiales de construcción) a financiar su recolección y reciclaje a través de sistemas duales. Esto tiene un impacto directo en las obras, que deben separar estos embalajes para su correcta gestión. O el caso de los Países Bajos, que es uno de los líderes mundiales, con el objetivo de alcanzar una economía 100% circular para 2050. Su enfoque se basa en acuerdos voluntarios con los sectores industriales y el uso de la compra pública verde como un impulso al uso de materiales reciclables. El gobierno exige el uso de un porcentaje de materiales en los proyectos de infraestructura pública, creando un mercado para los materiales recuperados. (Gobierno de los Países Bajos, 2016).

3.3.2 Asia Oriental: Japón y Corea del Sur. Enfoque en la eficiencia y la responsabilidad.

Estos países, caracterizados por su alta densidad poblacional y dependencia de materias primas importadas, han desarrollado políticas robustas de gestión de residuos.

En el caso de Japón, se trata de uno de los países con la legislación más completa. Cuenta con una Ley Básica de Economía Circular (2000), que sienta las bases filosóficas y legales, priorizando la reducción y el reciclaje por sobre la eliminación además de la impulsión de

leyes sectoriales específicas: Ley de Reciclaje de Envases y Embalajes (1995), Ley de Reciclaje de Materiales de Construcción (2000), que es una de las normativas más específicas y antiguas del mundo en esta materia. Obliga a los contratistas de obras de cierta envergadura a realizar una demolición y clasificación por separado de los materiales (hormigón, asfalto, madera y, en menor medida, plásticos) y a reportar los resultados a las autoridades. Establece una clara cadena de responsabilidad desde el propietario del edificio hasta el contratista y el gestor de residuos (Ministerio del Medio Ambiente, Japón, 2010).

La Ley sobre la Promoción de la Circulación de Recursos para los Plásticos (2021), es la normativa más reciente. Va más allá del reciclaje y abarca todo el ciclo de vida del plástico, exige diseño ecológico, reducción de plásticos de un solo uso, recolección separada obligatoria y reciclaje industrial. En la práctica, Japón obliga la separación de residuos de demolición y el uso de agregados reciclados en obras públicas y privadas, limitando a la acumulación en vertederos los residuos no reciclables.

La evolución normativa ha sido clara: del manejo convencional de desechos hacia la circularidad. Se introducen incentivos (subsidios a innovación en reciclaje químico y mecánico) y penalizaciones (multas por incumplir cuotas de reciclaje).

Por otra parte, Corea del Sur con sistemas de tarifa por volumen, separación rigurosa y una Ley Básica sobre Circulación de Recursos (2018) que establece reciclaje obligatorio para residuos industriales y de construcción, similar a la ley japonesa, busca reducir drásticamente los residuos plásticos y promover la producción y el consumo circulares en toda la economía.

3.3.3 Norteamérica: Un mosaico de regulaciones federales y subnacionales.

A diferencia del modelo centralizado de la UE o Asia, en Norteamérica coexisten diferentes niveles de regulación. En Canadá, por ejemplo, el gobierno federal ha establecido la Estrategia Pancanadiense para Cero Residuos Plásticos, que sirve como marco guía. Sin embargo, la implementación recae en las provincias. Por el contrario, en Estados Unidos, a nivel federal, no existe una ley marco para la economía circular o la REP. La gestión de residuos es principalmente una competencia estatal y local. Sin embargo, varios estados han tomado la delantera. California, por ejemplo, con la Ley de Prevención de la Contaminación por Plásticos y Responsabilidad del Productor de Envases (2022) o con su código de construcción verde (CalGreen) también establece requisitos obligatorios para el desvío de RCD de los vertederos. (CalRecycle, 2022).

3.3.4 Oceanía: Australia y Nueva Zelanda, Estrategias Nacionales e Incentivos Económicos.

Ambos países combinan estrategias nacionales con una fuerte implementación a nivel estatal o local, utilizando incentivos económicos como herramienta clave.

Australia, con su Plan Nacional de Plásticos (2021), que establece objetivos claros para 2025, como la prohibición de plásticos problemáticos, o una tasa de reciclaje de 70% para los envases de plástico. Cuentan también con planes de acción estatal donde estados como Nueva Gales del Sur y Victoria utilizan impuestos sobre los vertederos (Landfill levies) como un potente instrumento económico. Estos impuestos aumentan significativamente el costo de la eliminación, haciendo que el reciclaje sea una opción económicamente más atractiva. Los ingresos generados se reinvierten en subsidios y programas para fomentar la infraestructura de reciclaje.

Por su parte, Nueva Zelanda cuenta con el Impuesto sobre la Disposición de Residuos (Waste Disposal Levy): Es el principal instrumento económico. El gobierno ha aumentado progresivamente este impuesto a los vertederos para desincentivar la eliminación y utilizar los fondos recaudados para financiar proyectos de minimización de residuos a través del "Fondo para un Menor Desperdicio" (Ministerio del Medio Ambiente, Nueva Zelanda, 2021).

3.4 Comparación de la legislación chilena y legislación internacional.

Al realizar el análisis comparativo entre el marco normativo chileno y los modelos de vanguardia a nivel internacional, se aprecian las fortalezas y falencias que muestra el sistema chileno, y que, si bien Chile ha logrado avances conceptuales notables, existen brechas estructurales significativas en la implementación, el alcance y el uso de instrumentos que limitan su efectividad.

3.4.1 Fortalezas del modelo chileno: Una base sólida para la acción.

El marco regulatorio de Chile presenta fortalezas que constituyen una plataforma robusta desde la cual se puede avanzar hacia una gestión más sostenible de los residuos plásticos en la construcción.

- Adopción de Principios Modernos: La promulgación de la Ley REP (20.920) representa el avance más significativo, al adoptar formalmente principios de vanguardia como la jerarquía en la gestión de residuos y la Responsabilidad Extendida del Productor. Esto alinea conceptualmente a Chile con los países más avanzados.
- Instrumentos Técnicos Específicos para la Construcción: La existencia de la NCh 3562 sobre RCD y los Estándares de Construcción Sustentable del MINVU son ventajas comparativas importantes. Estos documentos proporcionan un lenguaje técnico común y una metodología clara para la clasificación y gestión de residuos en obra, incluyendo los plásticos. Aunque voluntarios, son herramientas prácticas.

- Sanciones Penales contra el Vertido Ilegal: La Ley 20.879, que tipifica como delito el transporte y la descarga de residuos en vertederos clandestinos, es un instrumento disuasorio potente. El endurecimiento de las sanciones, incluyendo penas de cárcel y el decomiso de vehículos, aborda directamente una de las peores externalidades de la mala gestión de RCD, que es su disposición ilegal.

3.4.2 Debilidades y brechas estructurales: Del concepto a la práctica.

A pesar de sus fortalezas conceptuales, el sistema chileno presenta debilidades importantes al compararlo con los modelos internacionales más efectivos.

- Madurez y Profundidad de la Implementación: La principal brecha es la diferencia en la madurez del sistema. Mientras que países como Alemania o Japón han estado perfeccionando sus políticas de reciclaje y REP por más de dos décadas, Chile se encuentra en las etapas iniciales de implementación de la Ley REP. Los Sistemas de Gestión Colectiva recién comienzan a operar, la infraestructura para el reciclaje de plásticos complejos (como los de construcción) es limitada y la cultura de segregación en obra aún no está masificada.
- Alcance Limitado y Carácter Voluntario: Esta es quizás la debilidad más crítica para el sector. La Ley REP chilena aborda los plásticos de la construcción únicamente a través de la categoría "Envases y Embalajes". Esto deja fuera a una fracción masiva de los RPC, como tuberías de PVC, planchas de PE, membranas de polietileno y otros componentes plásticos de las edificaciones. En contraste, la UE establece una meta obligatoria del 70% de valorización para todos los RCD. En Chile, la NCh 3562, que sí aborda todos los RCD, es de carácter voluntario, por lo que su aplicación depende de la voluntad de cada empresa, a menudo impulsada por incentivos de mercado como las certificaciones LEED o CES, y no por una obligación legal generalizada.
- Ausencia de Instrumentos Económicos Fuertes: Una diferencia fundamental con las jurisdicciones de Oceanía y varios países europeos es la debilidad de los instrumentos económicos en Chile para desincentivar la eliminación. El impuesto a los vertederos utilizado en Australia y Nueva Zelanda aumenta artificialmente el costo de la disposición final. En Chile, el costo de enviar residuos a un relleno sanitario sigue siendo relativamente bajo, lo que no genera un incentivo económico suficiente para que las empresas constructoras inviertan en complejos procesos de segregación y gestión para reciclaje, sino que, por el contrario, se inclinan por la opción más económica.
- Foco en la Gestión "Post-Consumo" vs. Prevención y Ecodiseño: La política chilena actual se centra abrumadoramente en la gestión del residuo una vez que este ya ha sido generado. En cambio, los países líderes están moviendo el foco hacia la etapa

de diseño del producto. Esto implica establecer requisitos para los materiales, de modo que sean más duraderos, y fabricados con contenidos reciclados.

- Fragmentación del Marco Normativo: El conjunto de regulaciones en Chile es una mezcla de varias cosas, por un lado, la normativa la regulan distintos ministerios (Medio Ambiente, Salud, Vivienda, OO.PP.) y por otra parte, el marco normativo está compuesto por documentos de distintas categorías (leyes, decretos, normas técnicas voluntarias, etc.). Esta fragmentación puede crear confusión, dificultar la fiscalización integrada y generar una percepción de complejidad que desincentiva su cumplimiento.

En síntesis, Chile ha sentado las bases legales correctas, pero para alcanzar los niveles de circularidad de las naciones líderes, necesita transitar desde la voluntariedad a la obligatoriedad en la gestión de todos los RCD, fortalecer drásticamente los incentivos económicos para el reciclaje y adoptar una visión de ciclo de vida completo que comience en la fase de diseño de los materiales de construcción.

4 Estado actual de la disposición de residuos plásticos en Chile.

Tras conocer el marco normativo que rige la gestión de residuos en Chile, este capítulo se adentra en la realidad práctica del sector de la construcción de viviendas. El objetivo es diagnosticar el estado actual de la generación y disposición de los residuos plásticos (RPC), contrastando las exigencias y principios de la legislación con las operaciones cotidianas en las obras. Se busca cuantificar, en la medida que los datos disponibles lo permitan, la magnitud del problema, caracterizar los flujos de residuos más relevantes y describir las rutas que estos siguen una vez que son descartados, sentando así las bases para el posterior análisis de alternativas de gestión.

4.1 Generación de residuos plásticos en la construcción de viviendas.

El sector de la construcción en Chile desempeña un rol clave en la economía, aportando cerca de un 7% al PIB nacional y generando miles de empleos (Banco Central de Chile, 2022). Sin embargo, este dinamismo tiene un costo ambiental significativo debido a la producción de residuos, entre ellos los plásticos.

Según el Ministerio del Medio Ambiente (MMA, 2021), los residuos de construcción y demolición (RCD) representan aproximadamente el 34% de los residuos sólidos generados en el país, equivalentes a unos 7 millones de toneladas anuales. De este total, los plásticos constituyen entre el 5% y el 10%, lo que se traduce en un rango de 350,000 a 700,000 toneladas al año (REGEMAC, 2023).

Sin embargo, una de las principales problemáticas para una gestión eficaz es la falta de data oficial, sistemática y detallada sobre la composición específica de este flujo, especialmente en lo que respecta a la fracción de plásticos (Cornejo, 2022).

La generación de RPC en la construcción de viviendas es un fenómeno propio del proceso constructivo actual, los plásticos son omnipresentes debido a su versatilidad y bajo costo, y sus causas son multifactoriales, entre las que se identifican principalmente las siguientes:

- Embalajes y protecciones de materiales de construcción: Una de las principales fuentes de residuos plásticos en la construcción de viviendas es el embalaje de materiales. Prácticamente todos los materiales y componentes que llegan a una obra están protegidos por algún tipo de plástico.

Según un informe del Pacto Chileno de los Plásticos (2023), los plásticos utilizados en embalajes, como films, cintas adhesivas y bolsas de polietileno (PE) y polipropileno (PP), constituyen aproximadamente el 35-45% de los residuos plásticos generados en la construcción. Estos materiales se emplean para proteger productos como cemento, cerámicas, madera, vidrios y elementos prefabricados durante el transporte y almacenamiento (Pacto Chileno de los Plásticos, 2023). También son utilizados en etapas finales para cubrir recintos o muros ya terminados.

Algunas de las causas que se pueden reconocer, son la alta dependencia de materiales importados, ya que Chile importa una proporción significativa de materiales de construcción, como cerámicas y accesorios, que llegan protegidos con grandes cantidades de plástico para evitar daños durante el transporte internacional (ASIPLA, 2022). O bien la ausencia de sistemas de retorno, a diferencia de países como Alemania o Bélgica, donde los productores de embalajes están obligados a implementar sistemas de devolución de acuerdo a la ley, en Chile no existen incentivos claros, ni obligaciones legales para que los proveedores recuperen estos materiales, resultando finalmente en su acumulación como residuos.

- Sobrantes y recortes de materiales plásticos: Son los restos resultantes del dimensionamiento y de la instalación de materiales plásticos. Este flujo es inevitable y directamente proporcional a la cantidad de material instalado. Incluye trozos de tuberías de PVC del sistema sanitario y eléctrico; recortes de membranas de polietileno de las barreras de humedad; y restos de planchas de EPS o XPS de la aislación térmica.

La falta de precisión en la estimación de materiales durante la fase de diseño y construcción, genera que se compren materiales de manera excesiva, generando esto, sobrantes que no se reutilizan. La optimización en el diseño y la modulación de los materiales puede probablemente reducir, pero difícilmente eliminar esta fuente de residuos.

- Envases de productos químicos y adhesivos: La construcción hoy en día utiliza una amplia gama de productos químicos auxiliares que vienen en envases plásticos. Esto incluye baldes de pinturas, envases de adhesivos para cerámicas o pisos, cartuchos de silicona y sellantes, y bidones de aditivos para hormigón. Una vez vacíos, estos envases se convierten en un residuo complejo, a menudo clasificado como peligroso, lo que los excluye de la cadena de reciclaje convencional si no se realiza una gestión adecuada.
- Pérdidas y daños en obra: Una planificación deficiente, un mal almacenamiento, la exposición a la intemperie o una manipulación inadecuada de los materiales pueden provocar daños que los convierten en residuos antes de ser utilizados. Planchas de aislación que se quiebran, rollos de membranas que se perforan o tuberías que se aplastan son ejemplos de una generación de residuos totalmente evitable.
- Residuos derivados de demoliciones y rehabilitaciones: En proyectos de rehabilitación o reconstrucción de viviendas, o bien por la demolición de estructuras y obras mal ejecutadas, se generan residuos plásticos que provienen de la demolición de estructuras existentes, como ventanas de PVC, tuberías de agua o canalizaciones eléctricas y aislamientos antiguos.



Ilustración 5: Residuos típicos de construcción.

Fuente: www.construye2025.cl

4.2 Identificación y caracterización de los principales residuos generados.

La construcción de viviendas en Chile es un proceso complejo que consta de varias etapas, cada una de ellas con actividades específicas que generan residuos plásticos debido al uso de materiales, herramientas y prácticas constructivas. Para abordar la gestión de estos residuos, es fundamental identificar y caracterizar los desechos plásticos en cada fase del proceso constructivo. La naturaleza y problemática de los residuos plásticos varían drásticamente desde las excavaciones y fundaciones hasta las terminaciones finales.

Para la caracterización de los residuos generados, se considerará el proceso de construcción de una vivienda del más alto estándar, de manera de analizar el caso que hipotéticamente generaría más residuos, debido al alto nivel de instalaciones y materiales necesarios para llevar a cabo una obra de ese nivel y envergadura. De todos modos, dependerá de la materialidad y el método constructivo elegido, la cantidad y tipo de residuos plásticos generados en el transcurso del proyecto.

4.2.1 Códigos de identificación de polímeros.

Para poder clasificar todos los residuos generados, es necesario en primer lugar, conocer su materia prima base, de manera de poder ordenar y separar de alguna manera estos residuos en grupos. Estos grupos se categorizan de acuerdo a un código de identificación, que indican el tipo de polímero plástico utilizado en un producto o embalaje específico. Los códigos de reciclaje, desarrollados en 1988 por la SPI (Society of the Plastics Industry) y adoptados internacionalmente, identifican los polímeros más comunes mediante un número del 1 al 7, acompañado del símbolo de reciclaje (tres flechas formando un triángulo) y las iniciales del polímero.

En la tabla que se desarrolla a continuación, se detallan los códigos de clasificación de los polímeros, y con ellos, se logra clasificar a la gran mayoría de los productos que se comercializan hoy en día.

Tabla 1 Códigos de categorización de polímeros.

Código	Nombre del polímero	Descripción y Características	Potencial de reciclaje	Símbolo
1	Polietileno Tereftalato (PET)	Ligero, transparente, resistente e impermeable. Es popularmente utilizado en envases y botellas. Las fibras de poliéster se incluyen en esta categoría.	Alto, pero enfocado en el formato botella (post-consumo). El reciclaje de zunchos o geotextiles es menos común y requiere flujos limpios y separados.	A triangular recycling symbol with the number 01 inside and the text PET below it.
2	Polietileno de Alta Densidad (HDPE)	Rígido, resistente a los impactos, al calor y a los productos químicos. Puede ser translúcido u opaco.	Alto. Es un plástico muy demandado para reciclaje. Se reutiliza en cañerías, mobiliario urbano y contenedores.	A triangular recycling symbol with the number 2 inside and the text HDPE below it.
3	Policloruro de Vinilo (PVC)	Muy versátil, duradero y resistente. Puede ser rígido o flexible. Su producción y desecho son controvertidos por su alto contenido de cloro y aditivos. Muy utilizado en construcción.	Muy Bajo y Complejo. No es compatible con otros flujos de reciclaje. Requiere un sistema de ciclo cerrado y plantas especializadas que en Chile son escasas.	A triangular recycling symbol with the number 03 inside and the text PVC below it.
4	Polietileno de Baja Densidad (LDPE)	Flexible, blando y transparente. Es el plástico tipo "film" y bolsas. Es uno de los plásticos más abundantes como residuo en obra.	Medio. Es técnicamente reciclable, pero su bajo peso y alto volumen encarecen el transporte. Su principal barrera en obra es la alta contaminación con residuos como tierra y polvo.	A triangular recycling symbol with the number 4 inside and the text LDPE below it.
5	Polipropileno (PP)	Rígido, resistente al calor y a la fatiga. Actúa como una barrera eficaz contra la humedad.	Medio. Similar al HDPE, es un plástico valorado. Sin embargo, su reciclaje desde la construcción se ve obstaculizado por la contaminación (restos de cemento, pintura etc.) que requiere procesos de limpieza intensivos.	A triangular recycling symbol with the number 05 inside and the text PP below it.

6	Poliestireno (PS) y Poliestireno Expandido (EPS)	Versátil, puede ser rígido y quebradizo (PS) o espumado (EPS)("plumavit"). Es un excelente aislante térmico.	Muy Bajo. Aunque técnicamente reciclable, su gestión es muy compleja. El EPS es 98% aire, lo que hace su transporte económicamente inviable.	
7	Otros plásticos o mezclas	Es la categoría para todos los demás plásticos, incluyendo mezclas, materiales multicapa y polímeros menos comunes.	Prácticamente Nulo. Esta categoría es una unión de materiales muy difíciles o imposibles de reciclar por vías mecánicas convencionales. Muchos son termoestables o compuestos, y su gestión casi siempre termina en vertederos.	

Tabla N°1 Códigos de categorización de polímeros.

4.2.2 Identificación y categorización de acuerdo al ciclo constructivo.

En la tabla desarrollada a continuación, se identifican y caracterizan los residuos plásticos generados, detallando la etapa constructiva en donde se genera, el tipo de residuo, el tipo de polímero o código, y las características y problemáticas asociadas a su gestión.

Tabla 2: Caracterización de los residuos plásticos generados en la construcción de una vivienda

Etapas Constructivas	Residuo Plástico	Tipo de polímero/ Código	Características y Problemática para la gestión
Obras Preliminares y Movimientos de Tierra	Cintas plásticas de peligro o señalización.	Polietileno de baja densidad (LDPE)/ 4	Contaminación Extrema: Quedan generalmente enterradas y cubiertas de tierra y barro, haciendo inviable su limpieza y reciclaje. Suelen ser desechadas junto al material de escombros de excavación.
	Geotextiles, Geomembranas y Geomallas	Polipropileno (PP)/ 5, Poliéster (PET)/ 1, Polietileno de alta densidad (HDPE)/ 2	Residuo Mixto: Diseñados para permanecer en el terreno, sus recortes y despuntes se mezclan con el suelo natural. El material que se recupera queda altamente contaminado.

Obra Gruesa (Fundaciones y Estructura)	Zunchos de embalaje de pallets	Polipropileno (PP)/ 5 o Poliéster (PET)/ 1	Aunque es un material limpio y de alto valor para reciclaje, su bajo volumen y dispersión por la obra hacen que a menudo se mezcle con otros residuos y termine en la basura.
	Film de embalaje de pallets y cargas varias	Polietileno de baja densidad lineal (LLDPE)/ 4	Alto volumen, bajo peso: Genera grandes volúmenes de residuo liviano. Contaminación: Se ensucia fácilmente con polvo y barro en la obra. Si se segrega limpio, es altamente reciclable.
	Espaciadores, camisas y conos para moldajes	Policloruro de vinilo (PVC)/ 3 , Polietileno de alta densidad (HDPE)/ 2	Muchos quedan incrustados en restos de hormigón. Los que se recuperan generalmente están cubiertos de restos de cemento, requiriendo limpieza. Son reutilizables si se gestionan bien.
	Bidones de aditivos para hormigón	Polietileno de alta densidad (HDPE)/ 2	Residuos químicos: Pueden contener remanentes de aditivos, requiriendo un triple lavado para ser reciclados como no peligrosos. De lo contrario, deben gestionarse como residuo peligroso según DS 148.
	Aislamientos plásticos	Polietileno de baja densidad (LDPE)/ 4	Films de Polietileno se utilizan para aislación de fundaciones y radieres del contacto con el terreno natural y el traspaso de humedad.
Instalaciones (Eléctricas, Sanitarias, Clima, CCDD, Domótica, etc.)	Recortes y despuntes de tuberías sanitarias y eléctricas	Policloruro de vinilo (PVC)/ 3	Toxicidad y aditivos: El PVC es el plástico más problemático. Su reciclaje es complejo y debe ser en un ciclo cerrado. Contiene cloro y aditivos como ftalatos. Su quema descontrolada libera dioxinas tóxicas.
	Recortes y despuntes de tuberías de agua potable/calefacción	Polipropileno (PPR) / 5 , Polietileno Reticulado (PEX) / 7	Mezcla de polímeros: Existen múltiples tipos de plásticos para la misma función, lo que dificulta su identificación y segregación para el

			reciclaje. Cada uno requiere un proceso distinto.
	Tinas, receptáculos de ducha, jacuzzis.	Acrílico (PMMA) / 7 , Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio (FRP) / 7	Son materiales termoestables o compuestos, lo que los hace no reciclables por métodos mecánicos convencionales. Su gran volumen los convierte en un problema.
	Restos y Recubrimientos de cables eléctricos.	Policloruro de Vinilo (PVC) / 3 ; Polietileno (PE) / 2 o 4	Se trata de un residuo compuesto. El plástico está íntimamente ligado al cobre. Su reciclaje requiere un proceso mecánico especializado para separar el metal del plástico. La quema para recuperar el cobre es una práctica ilegal y altamente contaminante.
	Artefactos de iluminación, cintas LED	Polimetilmetacrilato (PMMA)/ 7 , Tira de Silicona / 7	
	Cajas de derivación, conduits y accesorios.	Policloruro de vinilo (PVC)/ 3	Se generan muchos trozos pequeños que son difíciles de recolectar y segregar, tendiendo a mezclarse con el escombros general.
	Latas de espuma de poliuretano.	Acero (lata) con residuo de Poliuretano (PUR) / 7	Residuo peligroso: Las latas contienen gases propelentes inflamables y restos de isocianatos. Deben ser gestionadas como residuo peligroso y no pueden ir a vertedero común. Su reciclaje es casi nulo en Chile
Terminaciones (Tabiquería, revestimientos, pinturas, pisos, ventanas etc.)	Recortes de planchas de aislación térmica.	Poliestireno Expandido (EPS) / 6 o Extruido (XPS) / 6 , Fibras de poliéster (PET)/ 1	Es el residuo más voluminoso y menos denso. El costo de transporte para reciclaje es muy alto en relación con el peso del material. Se fragmenta fácilmente en trozos más pequeños que contaminan la obra.
	Films protectores de perfiles de ventanas y puertas.	Polietileno de Baja Densidad (LDPE) / 4	El adhesivo que los mantiene pegados al perfil contamina el flujo de PE, dificultando su reciclaje.

	Barreras de humedad y vapor.	Polietileno de baja densidad (LDPE)/ 4	Se generan recortes que se mezclan con otros residuos de tabiquería. Suelen estar contaminados con adhesivos o sellantes.
	Envases y cartuchos de sellantes y siliconas.	Polietileno de Alta Densidad (HDPE) / 2	El cartucho es un residuo compuesto de diferentes plásticos, con restos de silicona adheridos, lo que lo hace no reciclable por vías convencionales.
	Baldes de pintura, estuco, adhesivos.	Polipropileno (PP)/ 5 , Polietileno de alta densidad (HDPE)/ 2	Los restos de pintura o adhesivo secos son muy difíciles de remover. Requieren un triple lavado para poder ser reciclados; de lo contrario, pueden ser considerados residuos peligrosos.
	Brochas, rodillos y herramientas de pintura.	Materiales mixtos (PP, Nylon, PET, metal)	Totalmente impregnados de pintura, son un residuo mixto no reciclable destinado directamente a vertedero.
	Recortes de pisos vinílicos, en rollos o palmetas.	Policloruro de vinilo (PVC)/ 3	A menudo son multicapa (PVC, fibra de vidrio, PUR). El adhesivo de instalación contamina los recortes, dificultando su reciclaje.
	Recortes de revestimiento exterior (Siding).	Policloruro de vinilo (PVC)/ 3	Los recortes pueden estar contaminados con polvo y adhesivos. Generan un volumen considerable en proyectos con este tipo de revestimiento.
	Planchas de cubierta de Policarbonato.	Policarbonato (PC) / 7	Se generan recortes y el film protector de LDPE. El PC es reciclable, pero requiere un flujo separado. El film protector está contaminado con adhesivo.

	Zócalos, guardapolvos, molduras.	Policloruro de vinilo (PVC)/ 3 , Poliestireno Expandido (EPS) / 6	Se generan muchos trozos pequeños, a menudo pintados, lo que dificulta su recolección separada y contamina el polímero para su reciclaje.
Obras Exteriores (Jardines, terrazas, piscinas etc.)	Recortes de decks de madera plástica.	Compuesto de Madera y Plástico (WPC) / 7	La mezcla íntima de fibras de madera con termoplásticos (PE, PP o PVC) hace que su separación y reciclaje sea técnicamente muy complejo.
	Recortes de pasto sintético.	Polietileno (PE) / 4 (fibras), Polipropileno (PP) / 5 (base).	La combinación de diferentes plásticos, a menudo con una base de látex o PU, y la contaminación con arena lo hacen extremadamente difícil de reciclar.
	Tuberías y accesorios de riego.	Polietileno (PE) / 2 o 4 ; Polipropileno (PP) / 5 (goteros); ABS / 7 (aspersores).	Se generan muchos recortes de mangueras y piezas pequeñas de distintos polímeros, que se pierden fácilmente en la tierra.
	Membranas y tuberías de piscinas.	Policloruro de Vinilo (PVC) / 3 ; Polietileno (PE) / 2	Las tuberías generan los mismos problemas que en las instalaciones interiores.
Aseo Fino y entrega final.	Bolsas de basura.	Polietileno de baja densidad (LDPE)/ 4	Su función es contener otros residuos. Llegan al destino final altamente contaminadas, sin posibilidad de reciclaje.
	Envases de productos de limpieza.	Polietileno de Alta Densidad (HDPE) / 2 ; Polipropileno (PP) / 5 (tapas).	Son envases limpios y fácilmente reciclables, pero en el contexto de una obra, suelen mezclarse con otros residuos y no se segregan.

Tabla N°2 Caracterización de los residuos plásticos generados en la construcción de una vivienda.

De acuerdo al análisis realizado, es posible observar que prácticamente todas las etapas del proceso constructivo generan algún tipo de residuo plástico. Dentro de los más repetidos se encuentran el HDPE, el PVC y el EPS.

4.3 Análisis de ciclo de vida de los principales residuos generados.

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una herramienta metodológica que permite evaluar los impactos ambientales asociados a todas las etapas del ciclo de vida de un producto, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final (ISO 14040:2006), o, en otras palabras, desde la cuna al cajón. Tal como se analizó anteriormente, en Chile, el uso de materiales plásticos es transversal a múltiples partidas constructivas, generando residuos con comportamientos ambientales diversos según su composición química, forma de aplicación y gestión post-consumo.

A continuación, se desarrolla el ACV para los principales tipos de polímeros utilizados en la construcción, categorizados según su código de reciclaje.

4.3.1 Polietileno Tereftalato (PET).

- Extracción de materias primas: El PET se produce a partir de petróleo o gas natural, extrayendo etilenglicol y ácido tereftálico. Esta etapa consume grandes cantidades de energía y genera emisiones de CO₂
- Producción: La polimerización del PET para envases (como botellas de productos químicos usados en obra) implica procesos termoquímicos intensivos. Esto sumado a otros procesos como extrusión y tejido para la producción de otros productos como zunchos o fibras de geotextiles y aislantes, genera emisiones adicionales de gases de efecto invernadero.
- Transporte: En Chile, el PET es mayormente importado, lo que aumenta la huella de carbono por el transporte marítimo (CChC, 2023).
- Uso: En la construcción, el PET se usa principalmente en botellas para disolventes o limpiadores y en la fabricación de zunchos para embalajes y fibras de geotextiles. Tiene una vida útil corta (un mes o menos) antes de convertirse en residuo.
- Gestión de residuos: El PET es altamente reciclable, pero en Chile solo el 12% se recicla debido a la falta de infraestructura y segregación en obra (Pacto Chileno de los Plásticos, 2023). Ese porcentaje corresponde casi exclusivamente a reciclaje de botellas.

- Disposición final: En el vertedero. El PET es muy estable y tarda cientos de años en degradarse. Además, su presencia contribuye a la ocupación de volumen y a la futura fragmentación en microplásticos.
- Puntos Críticos: Se puede destacar la dependencia de combustibles fósiles para la producción de la resina virgen y la alta emisión de gases de efecto invernadero como puntos críticos.
- Oportunidades: El reciclaje de PET puede ahorrar hasta un 60% de la energía en comparación con la producción virgen (Plastics Europe, 2020). La falta de segregación en obra es la principal barrera para cerrar el ciclo.



Ilustración 6: Zunchos plásticos en proceso de reciclaje.

Fuente: Typack-Recipet

4.3.2 Polietileno de Alta Densidad (PEAD/HDPE).

- Extracción de materias primas: El HDPE es un polímero derivado del etileno, que se obtiene del gas natural o del petróleo.
- Producción: Su proceso de producción (polimerización a baja presión) es energéticamente intensivo y emite una cantidad considerable de CO₂. Se utiliza el moldeo por soplado para fabricar bidones y envases, y la extrusión para tuberías. Estos procesos añaden un consumo energético adicional.
- Transporte: Similar al PET, muchos productos de HDPE son importados, aumentando la huella de carbono.
- Uso: Los envases de aditivos o productos de limpieza tienen una vida útil corta. Las tuberías tienen una vida útil muy larga, de más de 50 años.
- Gestión de residuos: Los envases vacíos son el principal residuo. Si no se limpian (triple lavado), los remanentes químicos los convierten en un residuo peligroso o, como mínimo, contaminan el flujo de reciclaje. En la práctica, la

mayoría se desecha sin limpiar en el contenedor general. Los recortes de tuberías, aunque limpios, también suelen mezclarse con otros escombros.

- Disposición final: En vertederos, al igual que el PET, el HDPE es muy estable y ocupa un volumen significativo en los rellenos, sin embargo, el HDPE es uno de los plásticos con mejor mercado de reciclaje en Chile. El HDPE reciclado se utiliza para fabricar nuevas tuberías, contenedores de basura, madera plástica y otros productos. La principal barrera es la contaminación del residuo en la fuente (obra) y la falta de protocolos de limpieza para los envases con residuos químicos.
- Punto Crítico: La contaminación del envase al final de su vida útil, que actúa como barrera para el reciclaje.
- Oportunidades: Implementar programas de lavado y recolección separada en obra. El potencial de ahorro energético y de reducción de gases de efecto invernadero al sustituir HDPE virgen por reciclado es muy alto.



Ilustración 7: Pellets de HDPE reciclado.

Fuente: www.recyclingtoday.org

4.3.3 Cloruro de Polivinilo (PVC)

- Extracción de materias primas: El PVC es único entre los plásticos de gran volumen, ya que se compone solo en un 43% de etileno (derivado del petróleo) y en un 57% de cloro, obtenido de la sal común (cloruro de sodio) a través de un proceso de electrólisis muy intensivo en energía.

- Producción: La producción del monómero (cloruro de vinilo, VCM) es un proceso químico complejo y peligroso, ya que el VCM es un conocido carcinógeno humano. Para fabricar tuberías, perfiles o pisos, la resina de PVC se mezcla con una amplia gama de aditivos: estabilizadores térmicos (a menudo a base de metales pesados como plomo o cadmio en formulaciones antiguas), plastificantes (ftalatos para dar flexibilidad), lubricantes y pigmentos.
- Transporte: En Chile no se produce PVC virgen a gran escala, siendo importado en forma de pellet, granza o producto final, lo que genera una importante huella de carbono asociada al transporte.
- Uso: Los productos de PVC son conocidos por su larga vida útil y durabilidad en la construcción, que varía entre 30 y 50 años, dependiendo de su exposición al sol, agentes químicos o cargas mecánicas. En sistemas sanitarios, su comportamiento es eficiente y su mantenimiento casi nulo.
- Gestión de residuos: Los recortes de tuberías y perfiles son el principal residuo. En la práctica, se mezclan con el resto de los escombros. No existe un sistema de recolección segregada para el PVC de construcción a nivel nacional. Sin embargo, el reciclaje de PVC es técnicamente posible, pero extremadamente complejo. Requiere una separación muy rigurosa por tipo de formulación y no puede mezclarse con otros plásticos. La infraestructura en Chile para el reciclaje de PVC post-consumo es prácticamente inexistente.
- Disposición final: En vertederos. Genera preocupación a largo plazo por la posible lixiviación de los aditivos, especialmente los ftalatos. El mayor riesgo ocurre en caso de incendios accidentales en los vertederos, donde la combustión del PVC libera ácido clorhídrico, dioxinas y furanos, compuestos altamente tóxicos y persistentes (Al-Salem et al., 2009).
- Puntos Críticos: Entre los puntos más preocupantes, se puede destacar el uso de aditivos tóxicos en la fabricación, la dificultad para reciclar debido a la contaminación y a la composición química y la posible contaminación por lixiviados en vertederos.
- Oportunidades: La sustitución de materiales. Dada la dificultad de su reciclaje y sus riesgos inherentes, la principal oportunidad reside en reemplazar el PVC por otros materiales con un mejor perfil ambiental en aquellas aplicaciones donde sea técnica y económicamente viable.



Ilustración 8: Tuberías de PVC típicas.

Fuente: www.norventas.com

4.3.4 Polietileno de Baja Densidad (PEBD/LDPE).

- Extracción de materias primas: Al igual que el HDPE, el LDPE se produce a partir del etileno. Sin embargo, su proceso de polimerización se realiza a alta presión, lo que lo convierte en uno de los procesos más energéticos entre los termoplásticos de gran volumen, esto provoca una alta huella de carbono asociada.
- Producción: El LDPE se transforma mediante extrusión o moldeo en film, láminas, bolsas y recubrimientos. Su bajo punto de fusión permite una fácil manipulación, pero también lo hace susceptible a deformaciones con el calor.
- Transporte: Similar a otros plásticos, con impacto por importaciones de materia prima para luego procesar en Chile.
- Uso: Durante el desarrollo de una obra habitacional, el LDPE aparece en múltiples formas y etapas, tales como barreras de humedad, protección de elementos sensibles o como embalaje. Su vida útil es extremadamente corta, a menudo de sólo algunos días.
- Gestión de residuos: Los residuos de LDPE son de alta generación, debido a su uso en protecciones temporales y empaques descartables, lo que se traduce en grandes volúmenes de residuos no segregados y muchas veces contaminados por polvo, tierra u otros materiales de obra. El reciclaje del LDPE es posible, pero en Chile su valorización sigue siendo limitada, debido a razones como la alta contaminación del material, la baja densidad y alto

volumen, y una muy escasa valorización económica, lo que finalmente desincentiva su recolección.

- Disposición final: Como consecuencia de la mala gestión de estos residuos, la mayoría de estos residuos termina en vertederos, rellenos sanitarios o en microbasurales, especialmente cuando se trata de obras pequeñas o informales. Al ser liviano, es propenso a ser dispersado por el viento desde las obras o los vertederos si no se gestiona adecuadamente, convirtiéndose en un contaminante visual y un peligro para la fauna.
- Puntos Críticos: Se identifican como principales puntos críticos la alta contaminación del material en obra, la baja densidad y altos volúmenes y la corta vida útil.
- Oportunidades: La implementación de protocolos de segregación en la fuente. La Ley REP para Envases y Embalajes es el principal instrumento que podría impulsar este cambio, obligando a las constructoras a separar este flujo para su valorización.



Ilustración 9: Film de LDPE, muy utilizado en embalajes.

Fuente: www.plastico.com

4.3.5 Polipropileno (PP).

- Extracción de materias primas: El PP se produce a partir del monómero de propileno, un subproducto del refinamiento de petróleo y del craqueo de gas natural.

- Producción: Se utiliza el moldeo por inyección para productos rígidos (baldes, cajas) y la extrusión y tejido para productos flexibles como los sacos. Su producción comparte los impactos asociados a la industria petroquímica: alto consumo de energía, emisiones de gases de efecto invernadero y dependencia de recursos no renovables.
- Transporte: En Chile, no existe producción primaria de monómero, por lo que la totalidad del PP procesado en el país proviene de importaciones de resinas o productos semiacabados, lo que genera una huella de carbono asociada.
- Uso: En la construcción aparece principalmente en tuberías de presión, componentes de unión y accesorios para instalaciones sanitarias y de gas, cintas adhesivas y envases.
- Gestión de residuos: Similar al HDPE, el principal problema es la contaminación por los residuos del producto original. El PP es reciclable mecánicamente, pero su tasa de recuperación en el país es baja (<10%), debido a la falta de sistemas de recolección diferenciada y a la contaminación del material.
- Disposición final: Tal como la mayoría de los plásticos, la opción más frecuente es la disposición en vertederos o rellenos sanitarios. Es un material muy estable y no biodegradable. Ocupa un volumen considerable y representa una pérdida neta de recursos.
- Puntos Críticos: De la misma manera que otros residuos, uno de los principales puntos críticos corresponde a la contaminación del plástico con otros residuos, sumado a la carencia de infraestructura nacional para el reciclaje masivo de PP.
- Oportunidades: El desarrollo de sistemas de limpieza eficientes, de manera de facilitar la separación y reciclaje del PP.



Ilustración 10: Tuberías de polipropileno. Fuente: www.techtonica.archi

4.3.6 Poliestireno (PS).

- Extracción de materias primas: Se produce a partir del estireno, un monómero derivado del benceno y el etileno (ambos del petróleo). El proceso de fabricación del Poliestireno Expandido (EPS) implica el uso de agentes espumantes como el pentano, un compuesto orgánico volátil (COV) que contribuye a la formación de ozono troposférico (smog) si se libera a la atmósfera.
- Producción: Se utilizan distintos métodos, como expansión de perlas con vapor de agua y moldeo para el EPS, extrusión continua con agentes espumantes para el XPS y la inyección, extrusión o termoformado para el PS rígido.
- Transporte: La baja densidad del EPS implica un elevadísimo volumen de transporte, generando un gasto importante en combustible y por consecuencia una huella de carbono asociada.
- Uso: Como aislante térmico, tiene una vida útil muy larga, contribuyendo a la eficiencia energética del edificio durante décadas. También se utiliza en moldajes perdidos para elementos de hormigón y en la fabricación de paneles SIP.
- Gestión de residuos: El residuo principal son los recortes de las planchas durante la instalación. Aquí surgen sus dos problemas críticos: su densidad extremadamente baja (98% aire) y su alta friabilidad. El bajo peso y alto

volumen hacen que su transporte a una planta de reciclaje sea económicamente prohibitivo. Además, se rompe y desintegra con facilidad, generando una lluvia de pequeñas perlas (microplásticos) que son casi imposibles de contener y limpiar en una obra, contaminando el sitio y el entorno. El reciclaje es mínimo.

- Disposición final: Vertederos y rellenos sanitarios. El EPS es uno de los peores residuos en términos de ocupación de espacio en vertederos. Es inerte y no se biodegrada, persistiendo en el ambiente por largo tiempo.
- Puntos Críticos: Es evidente que la relación volumen/peso extremadamente desfavorable y la facilidad de fragmentación en microplásticos son sus principales puntos críticos.
- Oportunidades: El reciclaje de EPS es técnicamente viable. El método más eficiente implica el uso de compactadores en la obra, que extraen el aire y reducen su volumen, convirtiéndolo en lingotes densos y fáciles de transportar. Estos lingotes pueden ser procesados para fabricar nuevos productos de poliestireno, como marcos de cuadros o molduras. El reciclaje químico (disolución) también es una opción. La barrera es la alta inversión inicial en los equipos de densificación y la logística para su implementación en las obras.



Ilustración 11: Residuos de poliestireno.

Fuente: www.construye2025.cl

4.3.7 Otros Plásticos (Compuestos y Termoestables).

- Extracción de materias primas: Esta categoría incluye materiales y procesos muy diversos. La madera plástica (WPC) mezcla fibras de madera con

termoplásticos como el PE o PP. El poliuretano (PUR) se forma por la reacción química de polioles e isocianatos. El policarbonato (PC) se fabrica a través de la reacción interfacial. Todos estos procesos son complejos y energéticamente intensivos.

- Producción: La fabricación se concentra fuera del país, mientras que en Chile se realizan principalmente labores de transformación (extrusión, inyección, termoformado) para componentes específicos. Muchos productos llegan como insumos terminados (planchas de policarbonato, espumas de PU en aerosol, etc.).
- Transporte: Tal como la mayoría de los plásticos, el traslado de estos plásticos hacia obras en Chile involucra rutas marítimas y terrestres, contribuyendo significativamente a la huella de carbono.
- Uso: Dada la diversidad de plásticos que se encuentran en esta categoría, se encuentran usos tan variados como planchas de policarbonato para cubiertas y lucarnas, como espumas de poliuretano para sellos y aislación o como madera plástica para un deck. El factor común es que son productos diseñados para un alto rendimiento y una larga vida útil.
- Gestión de residuos: Los recortes o los productos al final de su vida útil son considerados prácticamente como un desecho final. Su naturaleza compuesta (mezcla íntima de materiales) o termoestable (enlaces químicos permanentes) impide que sean reciclados mediante los procesos mecánicos tradicionales. A pesar de que existen algunas alternativas de reciclaje en investigación o de nicho, su potencial de circularidad es extremadamente bajo o nulo.
- Disposición final: El vertedero o relleno sanitario es el destino casi exclusivo para esta categoría. Son materiales inertes y duraderos, que ocuparán espacio en los vertederos por siglos.
- Puntos Críticos: Al tratarse de una categoría tan diversa y compleja, es posible encontrar variados puntos críticos, sin embargo, existen algunos que engloban la gran problemática de esta categoría. El diseño del material, que prioriza el rendimiento durante el uso, pero no considera en absoluto el fin de vida. La mezcla de materiales o la creación de enlaces químicos irreversibles son una "sentencia de muerte" para la circularidad. La pérdida total y permanente de los recursos y la energía incorporados en el producto.
- Oportunidades: El Ecodiseño y la Sustitución. La principal estrategia es evitar su uso cuando sea posible, reemplazándolos por materiales que sean más

fáciles de reciclar, o diseñar productos modulares que permitan separar sus componentes al final de su vida útil.



Ilustración 12: Espuma de poliuretano de aislación

Fuente: www.apv.cl

4.4 Alternativas y métodos de disposición final disponibles actualmente en Chile.

El destino final de los residuos plásticos de la construcción está determinado por una compleja interacción entre su valor intrínseco, la logística de la recolección, la tecnología disponible para el desarrollo de procesos de reciclaje y el marco regulatorio vigente. En Chile, el escenario es heterogéneo, con algunos plásticos que poseen un mercado de reciclaje desarrollado, mientras que otros están condenados casi exclusivamente al vertedero. A continuación, se analizan las opciones actualmente disponibles para la disposición final de los residuos plásticos generados en obras de construcción de viviendas en Chile, de acuerdo a su composición.

4.4.1 PET (Tereftalato de polietileno).

- Ruta predominante en la construcción: Eliminación en Relleno Sanitario. Los residuos de PET en obra son de bajo volumen y peso, por lo que su segregación no es una práctica común, mezclándose con el resto de los RCD.
- Rutas de valorización disponibles en Chile:
 - **Reciclaje Mecánico (Industrial):** Proceso de lavado, triturado, fundido y peletizado. El RPET (PET Reciclado) obtenido se usa para fabricar nuevas botellas, envases tipo clamshell, y fibra de poliéster para la industria textil y de aislación.
 - **Recolección Selectiva:** A través de puntos limpios municipales, gestores de residuos privados y programas de recolección.

- Empresas o Iniciativas relevantes:
 - *RECIPET / TYPACK*: Planta de reciclaje de PET en San Bernardo, considerada una de las más grandes de Chile, con capacidad aproximada de 600-1000 toneladas/mes (TYPACK, 2023).
 - *Circular PET, RECiclar*: Se trata de una alianza entre CCU, Embonor, Coca Cola y Pepsico, donde se crean 2 empresas conjuntas para la implementación de plantas industriales para aumentar la capacidad de reciclaje de envases PET. Esta alianza sienta un precedente, pues busca cumplir con las metas de la ley REP.
 - *ReSimple, TriCiclos y Giro*: Sistemas de gestión de residuos bajo la Ley REP que recolectan PET en comunas seleccionadas, promoviendo la separación en origen.
 - Puntos Limpios /SantiagoRecicla: Red pública gestionada por el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) para recepción de fracciones separadas, incluyendo PET desde obras cuando se segrega correctamente.
 - *Green Bricks*: Empresa innovadora que fabrica revestimientos de alta gama con PET reciclado.
- Limitaciones: En obras de construcción, el PET representa una fracción pequeña de los residuos plásticos, y su reciclabilidad depende de la limpieza y segregación previa.
- Perspectiva a futuro: Alta disponibilidad de PET post consumo (principalmente botellas y envases) y un mercado creciente para su uso en productos de construcción como aislamientos, paneles y revestimientos. La Ley REP y la economía circular impulsarán estas iniciativas.

4.4.2 HDPE o PEAD (Polietileno de alta densidad).

- Ruta Predominante en Construcción: Hay 2 grandes caminos, los recortes de tuberías limpias tienen alguna probabilidad de ser recuperados informalmente. Los envases y bidones contaminados van mayoritariamente a Relleno Sanitario.
- Rutas de Valorización Disponibles en Chile:
 - **Reciclaje Mecánico**: El HDPE es triturado, lavado y peletizado para fabricar resinas recicladas y producir nuevos productos.
 - **Fabricación de "Madera Plástica"**: El HDPE reciclado es una materia prima clave para perfiles, postes, mobiliario urbano y decks, donde se mezcla a menudo con otros plásticos reciclados.

- Empresas o Iniciativas relevantes:
 - Existen diversas empresas como *Comberplast, GreenPlast, Inproplas, RPLAST o Greendot* que se dedican al reciclaje de plásticos rígidos como el HDPE, para luego fabricar nuevos productos.
 - Empresas como *Revalora, Re-made, Plásticos Puelche o Evergood* que se especializan en la fabricación de madera plástica, con aplicaciones en estructuras y revestimientos.
 - Proyecto piloto de la UDEC y ENAP de combustión controlada a través de pirólisis, una técnica que descompone el plástico a altas temperaturas en ausencia de oxígeno, para producir hidrocarburos líquidos.
 - Gestores de Residuos Industriales: Empresas como *Volta o Armony* ofrecen servicios de retiro de residuos industriales, incluyendo plásticos rígidos, que luego son derivados a plantas de reciclaje.
- Limitaciones: El HDPE usado en obra (ej. tuberías recortadas o envases) puede reciclarse si se acopia limpio. El problema es la falta de segregación en faena, la contaminación con restos de productos y químicos y rutas logísticas para recoger cantidades pequeñas.
- Perspectiva a futuro: La Ley REP obliga a los productores de aditivos y pinturas a gestionar sus envases. Esto forzará la creación de sistemas de recolección y limpieza, abriendo una oportunidad para que las constructoras se integren a este sistema y valoricen sus residuos de HDPE.

4.4.3 PVC (Policloruro de Vinilo).

- Ruta Predominante en Construcción: Relleno Sanitario. Es el destino casi exclusivo para todos los residuos de PVC generados en obra (tuberías, perfiles, pisos, etc.).
- Rutas de Valorización Disponibles en Chile:
 - **Reciclaje Mecánico:** Prácticamente inexistente para el PVC de construcción. Las pocas iniciativas se limitan a residuos de producción industrial muy limpios y homogéneos, como perfiles de ventanas.
- Empresas o Iniciativas relevantes:
 - *Deceuninck:* Empresa líder en el mercado de ventanas y puertas de PVC, realiza reciclaje de PVC, en Chile, alcanza las 300 toneladas anuales,

principalmente de despuntes de clientes y material de reprocesos. Estas posteriormente son enviadas a la planta de Colombia, donde se procesan.

- *Reciclaje Amanecer*: Empresa de que realiza reciclaje de PVC, limitado exclusivamente a PVC flexible, como el utilizado en mangueras, conos viales, o recubrimientos de cables.
- Limitaciones: Barreras técnicas (diversidad de aditivos), logísticas (necesidad de segregación estricta) y de mercado (falta de demanda para PVC reciclado contaminado) hacen que su reciclaje sea inviable en el contexto actual.
- Perspectiva a futuro: La única oportunidad real a corto y mediano plazo además de la sustitución por materiales alternativos, es el desarrollo de tecnologías de reciclaje químico, aunque eso requiere inversión y adaptación del medio.

4.4.4 LDPE (Polietileno de baja densidad).

- Ruta Predominante en Construcción: Relleno Sanitario o vertedero. A pesar de ser reciclable, su bajo peso, alto volumen y, sobre todo, su alta contaminación en obra, lo condenan a ser desechado.
- Rutas de Valorización Disponibles en Chile:
 - **Reciclaje Mecánico**: Proceso que incluye lavado, triturado y peletizado de LDPE proveniente de films protectores, bolsas y envoltorios usados en obras de construcción, para producir resina reciclada destinada a nuevos films, bolsas o tuberías flexibles. La recolección selectiva se realiza a través de puntos limpios y campañas de empresas privadas, aunque la segregación en obra es limitada.
- Empresas o Iniciativas relevantes:
 - Empresas como *Revalora*, *Re-made*, *Plásticos Puelche* o *Evergood* que se especializan en la fabricación de madera plástica, con aplicaciones en estructuras y revestimientos.
 - Recicladores de Plásticos Flexibles: Existen múltiples empresas medianas y pequeñas que procesan films plásticos, pero dependen de recibir un material relativamente limpio.
 - Sistemas de Gestión REP. La Ley REP para Envases y embalajes es el principal motor que está impulsando la creación de una logística para la recolección de este material desde las industrias.

- Limitaciones: La contaminación es el enemigo número uno del reciclaje de LDPE. Un residuo con un bajo porcentaje de suciedad puede ser rechazado por el reciclador.
- Perspectiva a futuro: El LDPE tiene potencial en la fabricación de maderas plásticas y productos reciclados para construcción. La Ley REP y la creciente red de puntos limpios ofrecen oportunidades para escalar la recolección y reciclaje, especialmente si se mejora la segregación en obras.

4.4.5 PP(Polipropileno).

- Ruta Predominante en Construcción: Relleno Sanitario o vertedero. Principalmente por la contaminación de los residuos generados en obra.
- Rutas de Valorización Disponibles en Chile:
 - **Reciclaje mecánico:** Proceso de triturado, lavado y peletizado para transformar PP de cintas adhesivas, envases y embalajes en resina reciclada usada en nuevos envases, tuberías o componentes plásticos. La recolección se realiza a través de puntos limpios y sistemas privados.
 - **Uso en hormigón:** Experimentos locales evalúan PP triturado como agregado en hormigón, aunque en fase de desarrollo. También se incorpora en fibras PP para mejorar la resistencia a la tracción.
- Empresas o Iniciativas relevantes:
 - Para el proceso de reciclaje del PP, las iniciativas y empresas dedicadas son prácticamente las mismas que trabajan el HDPE Y LDPE, dado que sus procesos de reciclaje son similares.
 - *B-Morph.* Una empresa que se dedica al desarrollo de productos y materiales sustentables e innovadores desde la perspectiva de la ciencia de los materiales. Cuentan con un producto llamado B-TILE, que consiste en una palmeta diseñada para recubrir edificios, es fabricada con plástico reciclado, purifica el aire, degrada olores y es antibacterial.
- Limitaciones: La tasa de reciclaje de PP es baja debido a la falta de segregación en obra, la contaminación de los residuos de PP y la infraestructura limitada para manejar grandes volúmenes.
- Perspectiva a futuro: Al igual que el HDPE y LDPE, el PP tiene un mercado creciente para maderas plásticas y productos reciclados en construcción. La implementación de la Ley REP y la expansión de puntos limpios pueden aumentar la recolección y reciclaje.

4.4.6 PS (Poliestireno EPS/ XPS)

- Ruta Predominante en Construcción: Relleno Sanitario o vertedero. El EPS ("plumavit") es uno de los residuos más problemáticos por su volumen.
- Rutas de Valorización Disponibles en Chile:
 - El EPS limpio puede ser reciclado. El proceso requiere una densificación en o cerca de la obra para reducir su volumen drásticamente. El material densificado se usa para fabricar molduras, marcos de cuadros o aislantes de mayor densidad.
 - Valorización Química (Disolución): Proceso que utiliza solventes para disolver el EPS y separar el polímero del aire, generando una resina que puede ser reutilizada.
- Empresas o Iniciativas relevantes:
 - Aislapol S.A.: Como productor, ha implementado programas de reciclaje de su propio desecho industrial y ha promovido el reciclaje de EPS.
 - Utilización en el hormigón, para hormigones livianos y voluminosos.
 - Empresas dedicadas al reciclaje de EPS, que reciben material de puntos limpios y de algunas industrias, como *EPS Chile*, *EcoClean*, *BacuPlast* o *Revaloriza*.
 - Emprendimientos de Reciclaje Químico, *Idea-Tec* es un emprendimiento chileno que desarrolló una tecnología para disolver el EPS y transformarlo en pinturas y barnices, ofreciendo una solución innovadora para este residuo.
- Limitaciones: La logística y el costo del transporte del EPS sin densificar son prohibitivos. La contaminación con adhesivos o cemento y la alta dispersión en obra también son un problema.
- Perspectiva a futuro: La densificación en obra es la solución clave. La instalación de equipos compactadores en grandes proyectos o en puntos de acopio centralizados para varias obras podría viabilizar económicamente su reciclaje. Por otro lado, iniciativas como la de *Idea-Tec* muestran potencial para escalar el uso de PS reciclado en construcción.

4.4.7 Otros (PC, PUR, ABS, Nylon, PU Rígido/Espuma, etc.)

- Ruta Predominante en Construcción: Relleno Sanitario o vertedero. Es el destino final por defecto para casi todos los materiales de esta categoría.
- Rutas de Valorización Disponibles en Chile:

- Reciclaje: Prácticamente nulo para la mayoría de los materiales de esta categoría por vías convencionales.
 - Coprocesamiento o combustibles alternativos (cuando materiales no son reciclables y tras acondicionamiento, destinados a hornos cementeros o producción energética), siempre sujeto a normativa y controles.
 - Reutilización o Downcycling (Nicho): Existen emprendimientos que utilizan residuos plásticos mixtos para crear productos de bajo requerimiento técnico.
- Empresas o Iniciativas relevantes:
 - Madera Plástica. Aunque su materia prima principal es el PE y PP, aceptan un cierto porcentaje de "contaminación" con otros plásticos, funcionando como una vía de downcycling para residuos plásticos mixtos.
 - Coactiva (Polpaico). Plataforma de acondicionamiento que produce combustibles alternativos (AFR) para coprocesamiento en hornos cementeros (ej.: planta Cerro Blanco), una ruta aplicada a residuos no reciclables técnicamente.
 - Limitaciones: La categoría "Otros" es la más crítica: heterogénea, con aditivos peligrosos (isocianatos, retardantes, BPA), y pocas soluciones locales desarrolladas. El "diseño para el desecho" de estos materiales es la barrera fundamental. El reciclaje químico para PU y tratamientos para PC o ABS existen en Europa y países desarrollados. Requieren inversión y acuerdos público-privados para introducirlos en Chile.
 - Perspectiva a futuro: El coprocesamiento es actualmente una salida práctica para fracciones no reciclables, pero genera debate técnico-ambiental (riesgos de emisiones vs. eficiencia energética), por lo que su aplicación exige control estricto. La única estrategia viable es la prevención, el ecodiseño y fomentar la investigación.

5 Análisis comparativo, propuestas y proyecciones.

El análisis realizado en los capítulos anteriores da muestras de que la gestión de residuos plásticos generados en la construcción de viviendas en Chile, presenta un

desarrollo que recién comienza y que intenta alinearse con los estándares de países más avanzados en el tema. Tanto en la valorización de los residuos generados, como en el marco normativo.

5.1 Síntesis del análisis: Brechas entre la realidad chilena y los estándares internacionales.

El estado actual de la gestión de RPC en el contexto nacional, podría definirse como un sistema en vías de desarrollo o en transición. Que tiene un marco legal relativamente moderno, que sigue los principios desarrollados en países líderes, pero que en la práctica sigue anclado en el sistema de economía lineal y un poco lejos de los estándares internacionales de economía circular. La comparación con estos estándares internacionales no sólo muestra las distancias, sino que también permite identificar los caminos para acortar esas distancias.

5.1.2 Comparativa de alternativas de disposición final y valorización.

El desarrollo del análisis de las alternativas presentes en Chile, demostró que, en la práctica, el destino final de casi todos los RPC es el relleno sanitario o vertedero.

En Chile, las alternativas predominantes siguen un patrón común, que es descendente en la jerarquía de valorización de residuos, con un énfasis en la disposición final en vertederos o rellenos sanitarios, mientras que en países con marcos regulatorios más desarrollados se priorizan las estrategias de revalorización.

En resumen, se pueden destacar las siguientes brechas:

- Brecha de mercado para plásticos reciclables: En Chile existe una industria establecida de reciclaje de PET y HDPE, sin embargo, está centrada principalmente en los residuos como botellas y envases de alimentos. Esta capacidad industrial no logra captar los residuos generados en la construcción con los mismos polímeros. Mientras que, en países avanzados, predominan esquemas de separación en origen y altas metas de valorización.
- Brecha tecnológica y logística para plásticos de difícil gestión: Para los RPC constituidos por polímeros como el LDPE, el PP o el EPS, en Chile su principal destino es el relleno sanitario o vertedero, debido principalmente a la limitada infraestructura de reciclaje especializado. Además de una baja cobertura de los sistemas de recolección y clasificación en obra.

- Brecha de circularidad para plásticos problemáticos y compuestos: Para los residuos plásticos como el PVC o los pertenecientes al grupo 7, en Chile la situación es de eliminación total en rellenos sanitarios o vertederos. Si bien a nivel global ese es el destino común para estos residuos, los países líderes están abordando el problema en su origen, o “aguas arriba”, es decir se busca desincentivar el diseño y uso de productos que no puedan ser reciclados.

5.1.3 Deficiencias del marco regulatorio nacional.

De acuerdo al análisis del capítulo 3, se evidencia que, si bien Chile posee una legislación conceptualmente moderna, esta presenta algunas deficiencias estructurales que dificultan su efectividad, particularmente en el sector de la construcción.

- Alcance limitado de la ley REP.
Una de las principales debilidades del marco regulatorio nacional es el alcance acotado, por no decir nulo, de la Ley N° 20.920 (Ley REP) respecto del sector de la construcción. Si bien esta normativa constituye un avance significativo al incorporar el principio de responsabilidad extendida del productor, su aplicación efectiva se concentra en productos prioritarios como envases y embalajes domiciliarios, neumáticos y aparatos eléctricos, dejando fuera de manera explícita productos como tuberías, aislantes y a la mayoría de los materiales plásticos utilizados en la construcción de viviendas.
- Presencia de normativa con carácter voluntario.
Otra deficiencia relevante es el carácter mayoritariamente voluntario de los instrumentos técnicos aplicables al sector. Por ejemplo, la NCh 3562, la norma que entrega las directrices técnicas para la gestión de RCD es voluntaria. Su aplicación depende de la autogestión de empresas motivadas por la sostenibilidad o por incentivos de mercado como las certificaciones (LEED/CES), pero no es una exigencia para la totalidad del sector.
- Debilidad de los incentivos económicos y señales al mercado.
Desde una perspectiva económica, el marco regulatorio chileno presenta una escasez de instrumentos como impuestos por vertido de desechos, tarifas diferenciadas por tipo de residuos o incentivos robustos al uso de materiales reciclados. Incentivos así generan señales positivas en el mercado, lo contrario a la realidad actual que favorece la opción más barata en el corto plazo, la disposición en rellenos sanitarios.
- Fragmentación institucional.

Finalmente, se identifica una fragmentación en las competencias institucionales, donde distintos organismos (MOP, MINVU, Municipalidades, autoridades sanitarias) actúan de forma poco coordinada. Esta dispersión dificulta la implementación de políticas integrales y coherentes, especialmente en lo relativo al seguimiento del destino final de los residuos generados en obras de construcción de viviendas.

5.1.4 Desafíos en la fiscalización y control.

Más allá de las deficiencias normativas, la gestión de los residuos plásticos de la construcción enfrenta importantes desafíos en materia de fiscalización y control. La efectividad de cualquier marco normativo depende de su capacidad de ser fiscalizado.

- Capacidades institucionales limitadas.
Uno de los principales problemas identificados es la capacidad limitada de los organismos fiscalizadores, tanto a nivel central como municipal. La supervisión de la gestión de residuos en obras de construcción suele ser esporádica y reactiva, concentrándose en denuncias ciudadanas o situaciones de emergencia, más que en controles sistemáticos durante el ciclo completo del proyecto (Contraloría General de la República, 2020). Esto requiere de recursos humanos y técnicos que a menudo superan las capacidades de las entidades fiscalizadoras, que deben priorizar otros riesgos ambientales o sanitarios considerados de mayor urgencia.
- Falta de trazabilidad de los RCD y RPC.
Otro desafío crítico es la ausencia de sistemas robustos de trazabilidad, particularmente para los residuos no peligrosos. Mientras los residuos peligrosos están sujetos a un estricto sistema de seguimiento, no existe un sistema análogo y obligatorio para los RCD y RPC no peligrosos. Una vez que un camión sale de la obra con escombros mezclados, su trazabilidad se pierde, facilitando su disposición en vertederos ilegales, a pesar de las sanciones de la Ley 20.879.
- Dispersión y temporalidad de las obras.
A diferencia de una industria fija, las obras de construcción son puntos de generación de residuos temporales y geográficamente dispersos. Esto hace que la fiscalización sistemática por parte de la autoridad sanitaria (SEREMI de Salud) o ambiental (Superintendencia del Medio Ambiente - SMA) sea logísticamente muy compleja.
- Cultura de cumplimiento en crecimiento.
Finalmente, se observa que la cultura de cumplimiento normativo en materia de residuos en el sector de la construcción se encuentra en una etapa incipiente, especialmente en proyectos de menor escala o particulares. En muchos casos, la

gestión de residuos es percibida como un requisito administrativo más que como una responsabilidad ambiental estratégica, lo que reduce su prioridad en la planificación y ejecución de las obras (CChC, 2021).

En conjunto, todos estos desafíos evidencian que el fortalecimiento del marco regulatorio debe ir acompañado necesariamente de mejoras sustantivas en los mecanismos de fiscalización, control y generación de información sobre la gestión de residuos plásticos, sino se corre el riesgo de que los avances normativos queden relegados a segundo plano.

5.2 Propuestas estratégicas para avanzar hacia la circularidad.

El análisis realizado a lo largo de esta memoria, demuestra que la problemática asociada a los residuos plásticos de la construcción no responde a una sola causa, sino a una combinación de limitaciones normativas, deficiencias operativas y fallas estructurales del sistema. En este contexto, es importante articular soluciones que no solo sean teóricamente correctas, sino que también sean operativamente viables en el contexto de la construcción de viviendas en Chile, y además sean aplicables a todas las empresas, transversalmente e independiente de su tamaño.

5.2.2 Mejoras legislativas y de política pública sugeridas.

- Ampliación del alcance de la ley REP: Una de las medidas prioritarias es la extensión explícita del alcance de la Ley N° 20.920 para incorporar los materiales plásticos utilizados en la construcción de viviendas. Esto implica avanzar desde un enfoque centrado en productos de consumo masivo hacia uno que considere materiales de uso profesional, como tuberías, aislantes, etc. Esto permitiría trasladar parte de los costos de gestión, más arriba en la cadena, dando un impulso al diseño ecológico, la reducción y reutilización de material.

Incorporación obligatoria de planes de gestión de residuos plásticos en permisos de edificación: Se propone avanzar hacia la obligatoriedad de planes de gestión de residuos de construcción, lo cual podría lograrse transformando las directrices de la NCh 3562 en una obligatoriedad a través de la OGUC, con un énfasis específico en los residuos plásticos, como requisito para la aprobación de permisos de edificación y la recepción final de obras. Estos planes deberían contemplar, como mínimo:

- Identificación de tipos de plásticos a generar.
- Estrategias de segregación en origen.
- Destinos de valorización o disposición final autorizados.

- Indicadores de desempeño y trazabilidad.

Esta medida permitiría pasar desde una gestión reactiva a una planificación preventiva, alineada con los principios de la economía circular.

- Impuesto al vertido: Se propone la implementación gradual de un impuesto por tonelada de residuo no peligroso enviado a relleno sanitario. Este mecanismo económico busca equiparar los costos de disposición con los de valorización, haciendo que el reciclaje sea la opción financiera más lógica para las empresas.
- Fortalecimiento de otros instrumentos económicos: Se proponen otras medidas como: tarifas diferenciadas según tipo de residuo, incentivos tributarios por el uso de plásticos reciclados en procesos de construcción, incluir en las licitaciones de vivienda social puntajes adicionales o requisitos obligatorios de contenido de plástico reciclado en componentes específicos (tuberías, aislación, mobiliario urbano), activando así el mercado de la valorización.

5.2.3 Estrategias de gestión, reducción y valorización en obra.

A nivel operativo, las constructoras lo primero que deben hacer, es transitar desde la "limpieza de obra" hacia la "gestión de recursos" y promover el concepto entre todos los actores del sector.

- Segregación en origen como eje central de la gestión: Desde una perspectiva operativa, la segregación en origen se identifica como la condición habilitante más relevante para mejorar la gestión de residuos plásticos en obra. La separación temprana de flujos homogéneos permite conservar el valor del material y facilitar su valorización posterior.
Para ello, se propone la implementación de zonas de acopio diferenciadas, señalizadas y protegidas de la contaminación con áridos, tierra o residuos orgánicos, especialmente en faenas de obra gruesa y terminaciones.
- Industrialización y Prefabricación: Fomentar la construcción modular y el uso de componentes prefabricados. Al desplazar procesos constructivos desde la obra (ambiente no controlado) a la fábrica (ambiente controlado), se reduce drásticamente el desperdicio de materiales plásticos y se facilita la segregación de los residuos inevitables.
- Implementación de Centros de Acopio Intermedios: Para obras pequeñas o medianas donde la logística de retiro por separado es costosa, se propone la creación de centros de acopio regionales o comunales específicos para RPC, que

permitan consolidar volúmenes de plásticos (como el EPS o el film) para hacer viable su transporte hacia plantas de reciclaje.

- Logística Inversa y Acuerdos de Retorno con Proveedores: Establecer contratos donde el proveedor de materiales plásticos (tuberías de PVC, perfiles de ventanas) se comprometa al retiro de los despuntes y mermas generados en obra para su reincorporación en el proceso productivo.
- Capacitación y creación de cultura: Todas estas mejoras técnicas deben ir acompañadas evidentemente de un cambio cultural al interior de las empresas constructoras. Se propone fortalecer programas de capacitación dirigidos a jefaturas de obra, capataces y trabajadores, enfocados en: Identificación de los distintos tipos de plásticos, buenas prácticas de segregación y separación, riesgos ambientales y legales asociados a una mala gestión. Una mayor conciencia de parte del equipo de trabajo, contribuye a mejorar el cumplimiento normativo y la eficiencia a la hora de controlar la gestión de los residuos producidos por las obras.



Ilustración 13: segregación de residuos en obra.



Ilustración 14: Segregación de residuos en obra. Fuente: www.iconstruccion.cl

5.3 Proyecciones y visión a futuro.

El análisis del estado actual de la gestión de residuos plásticos en la construcción de viviendas en Chile evidencia que el país se encuentra en un punto de inflexión. Las decisiones que se adopten en el corto y mediano plazo determinarán si el sector continúa reproduciendo un modelo lineal, basado en la extracción, uso y eliminación, o si avanza progresivamente hacia un enfoque de economía circular, alineado con los compromisos ambientales nacionales e internacionales.

5.3.2 Escenario tendencial v/s escenario circular.

Escenario tendencial: En un escenario donde se mantenga la tendencia actual de la industria, y no se implementen cambios estructurales relevantes, más allá del cumplimiento mínimo de la normativa vigente, la generación de residuos plásticos en la construcción tenderá a incrementarse de manera permanente, y se verá impulsada por factores como:

- El aumento sostenido del déficit habitacional, y con ello el incremento de la necesidad de nuevas viviendas.
- El uso intensivo y creciente de materiales plásticos, tanto por razones técnicas, económicas o constructivas.
- La continuidad de bajas tasas de separación y valorización en obras.

Bajo este escenario, la mayor parte de los residuos plásticos continuará siendo dispuesto en rellenos sanitarios autorizados o en sitios de disposición irregular, como basurales o cauces de ríos, con las siguientes consecuencias previsibles:

- Una saturación y posible colapso de la infraestructura disponible para la disposición final de residuos.
- Un aumento sostenido de los costos municipales y privados asociados al transporte y la eliminación de los residuos.
- Mayor presión social y ambiental por la acumulación de residuos persistentes generados por el sector.
- Riesgos crecientes de incumplimiento normativo y sanciones para el sector.

En conclusión, este escenario sólo logra acrecentar las actuales debilidades ya identificadas y profundiza aún más la brecha entre Chile y los países líderes en gestión de residuos plásticos.

Escenario circular: En este escenario, donde el sector de la construcción se acopla a la implementación progresiva y coordinada de las mejoras legislativas, operacionales y de mercado, donde los RPC son considerados materias primas secundarias con

mercados secundarios estables, y la construcción de viviendas se proyecta como un nicho de utilización de materiales reciclados, es posible proyectar lo siguiente:

- Una reducción importante de la fracción plástica de los RCD, que será enviada a sitios de disposición final.
- El aumento de tasas de valorización, especialmente para polímeros homogéneos y reciclables.
- El surgimiento y desarrollo de nuevos mercados secundarios para plásticos reciclados de origen constructivo.
- Mejores indicadores ambientales para la industria y el sector de la construcción.
- Reducción de los sitios irregulares de disposición final.

Para Chile, este escenario permitiría no solo mitigar impactos ambientales, sino también capturar valor económico a partir de materiales que actualmente son desechados.

5.3.3 El rol de la construcción en el camino de Chile hacia la circularidad.

La “Hoja de Ruta para un Chile Circular al 2040”, impulsada por el Ministerio del Medio Ambiente, y que establece metas ambiciosas como que el 75% de los residuos municipales sean valorizados, reconoce al sector de la construcción como uno de los sectores estratégicos para avanzar hacia la circularidad, debido a su alto consumo de materiales y generación de residuos.

Bajo este contexto, el sector puede desempeñar un rol clave, a través de medidas como:

- Prevención en la fuente, a través de mejoras en el diseño, usando procesos de modulación y selección de materiales.
- Gestión avanzada de los residuos generados, incorporando nuevas prácticas de separación, trazabilidad y valorización.
- Aumentar la demanda de materiales circulares, integrando productos con contenido reciclado certificado a la cadena de producción y construcción de viviendas.
- Innovación y transferencia tecnológica, adoptando soluciones ya probadas en contextos internacionales.

El liderazgo de la Cámara Chilena de la Construcción y la implementación de la Estrategia Nacional de RCD son señales positivas. Sin embargo, el futuro requiere que el plástico deje de ser visto como un residuo "invisible" o "difícil" dentro de los escombros, para ser tratado como un polímero técnico que debe mantenerse en el ciclo económico el mayor tiempo posible. El sector construcción no solo debe "limpiar sus residuos", sino que debe transformarse en el principal motor de la economía circular de plásticos en el país, dado que existe la oportunidad concreta de realizarlo. En síntesis, las proyecciones muestran que el

futuro de la gestión de residuos plásticos en la construcción chilena no está determinado únicamente por la disponibilidad tecnológica, sino por la capacidad del sistema institucional y del sector productivo para articularse, anticiparse y adoptar un enfoque preventivo y circular.

6 Conclusiones y recomendaciones finales.

6.1 Conclusiones generales.

A partir del análisis desarrollado a lo largo de esta memoria, es posible concluir que la gestión de los residuos plásticos provenientes de la construcción de viviendas en Chile presenta avances normativos importantes, pero también presenta brechas estructurales relevantes que limitan su real eficacia en términos ambientales y siguiendo los principios de la economía circular.

En primer lugar, se aprecia que los residuos plásticos de la construcción constituyen una fracción relevante dentro de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD), tanto por su volumen como por su persistencia ambiental en el tiempo. Sin embargo, actualmente existe una especie de “invisibilización” del plástico, dado que su gestión continúa siendo mayoritariamente lineal, centrada en la disposición final, con bajos niveles de segregación en origen y valorización material, especialmente en obras de pequeña y mediana escala, lo que impide o dificulta una gestión eficiente.

Desde el punto de vista normativo, Chile ha experimentado evidentemente una evolución importante en las últimas décadas, transitando desde un enfoque sanitario de eliminación hacia un marco regulatorio que incorpora principios de responsabilidad extendida del productor, trazabilidad de residuos y valorización. Sin embargo, el análisis comparativo internacional evidencia que esta evolución ha sido más lenta y fragmentada que en países líderes, donde la gestión de residuos de la construcción y en particular de los plásticos, se aborda de manera específica, con normativas obligatorias y con instrumentos económicos claros. Si bien la ley REP es y será un catalizador, la verdadera transformación vendrá de la mano de la obligatoriedad del marco regulatorio y de la trazabilidad de los materiales desde el diseño hasta su fin.

El ACV realizado a los principales polímeros utilizados en la construcción demuestra que existen impactos ambientales significativos, concentrados en las etapas de producción y de disposición final, y que la valorización material representa, en la mayoría de los casos, una alternativa que es evidentemente preferible frente al vertido en rellenos sanitarios o la incineración sin recuperación energética.

En la misma línea, se puede concluir que las principales barreras para avanzar hacia una gestión circular no son exclusivamente de carácter tecnológico, sino que se trata también de barreras institucionales, económicas y operacionales, donde se puede destacar la falta de exigencias normativas específicas y obligatorias para el sector, la escasa o nula fiscalización efectiva en obra y la limitada conexión o comunicación entre los organismos fiscalizadores.

Asimismo, en este contexto, el sector de la construcción se posiciona como un actor clave para el cumplimiento de las metas nacionales de economía circular, con un potencial relevante para reducir impactos ambientales. La adopción de prácticas circulares no sólo responde a una necesidad ética o normativa, sino que también representa una oportunidad de mejorar la eficiencia operacional, una reducción de mermas de materiales y una mejora en la reputación del sector de la construcción, dentro de un mercado cada vez más consciente y competitivo.

6.2 Limitaciones de la investigación.

Como todo trabajo de investigación, en esta memoria es necesario reconocer ciertos factores y limitaciones que pudieron acotar el alcance de este trabajo.

En primer lugar, la escasez de datos estadísticos oficiales y la falta de información actualizada sobre la generación y la composición específica de los residuos plásticos generados en obras de construcción de viviendas en Chile, lo que obliga a trabajar con estudios sectoriales y estimaciones indirectas, lo que puede generar algunas variaciones.

En segundo lugar, los hallazgos se basan en prácticas de empresas constructoras de mediano y gran tamaño, sin embargo, la realidad de las pequeñas constructoras o la autoconstrucción informal (donde la gestión de residuos es prácticamente nula) queda fuera del alcance de este análisis. Del mismo modo, el estudio se centró en la construcción de viviendas, dejando fuera otros subsectores muy relevantes como la edificación en altura, obras públicas o la demolición a gran escala, los cuales presentan dinámicas y volúmenes de residuos distintos.

Finalmente, las propuestas formuladas consideran el contexto normativo y de mercado vigente a la fecha de la investigación, y dado que el país se encuentra en un proceso activo de modificación regulatoria, es que, eventuales modificaciones legales o cambios estructurales futuros podrían alterar algunas de las conclusiones o proyecciones planteadas en la memoria.

6.3 Recomendaciones finales.

En función de los resultados obtenidos en la memoria, se proponen las siguientes recomendaciones, orientadas a distintos actores del sistema:

6.3.1 Para organismos públicos y legisladores.

- Ampliar explícitamente el alcance de la ley 20.920 (REP), para incorporar los residuos plásticos de la construcción, estableciendo metas diferenciadas y realistas entendiendo el contexto del sector.
- Avanzar hacia la obligatoriedad de las normas técnicas, como la NCh 3562, para todos los proyectos de construcción, especialmente aquellos financiados con recursos públicos.
- Fortalecer y modernizar los mecanismos de fiscalización y trazabilidad de los RCD y RPC.
- Incorporar incentivos económicos que fomenten la valorización y reciclaje y desincentiven la disposición final en rellenos sanitarios.
- Actualización de la OGUC, para exigir planes de gestión de residuos a toda obra que solicite permiso de edificación.

6.3.2 Para las empresas constructoras

- Integrar planes de gestión de residuos desde la etapa del diseño y planificación de la obra.
- Implementar sistemas de separación en origen, capacitar a trabajadores y aplicar control interno de residuos.
- Priorizar la utilización de materiales con contenido reciclado y certificaciones ambientales.
- Documentar la implementación de nuevas prácticas y planes de gestión, de manera de generar casos de éxito y ahorro, que puedan motivar al resto de la industria.

6.3.3 Para la academia e instituciones de educación superior.

- Profundizar en ACV comparativo entre materiales plásticos reciclados y materiales tradicionales, para derribar mitos sobre calidad y durabilidad del plástico reciclado o valorizado.
- Integrar en las mallas curriculares de carreras del área, módulos específicos sobre economía circular de materiales, cambiando el enfoque tradicional de gestión de escombros.
- Evaluar el desempeño ambiental y económico de nuevas tecnologías de reciclaje y valorización aplicables al sector.
- Profundizar en estudios cuantitativos sobre generación y caracterización de residuos plásticos en distintos tipos de proyectos.

7. Bibliografía.

Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático. (2007). *Acuerdo de Producción Limpia del Sector Construcción de la Región del Biobío.*

Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 1596–1605. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>.

ASIPLA (Asociación Gremial de Industriales del Plástico). (2020). *Reporte de la Industria del Plástico en Chile.*

ASIPLA. (2022). *Plásticos y economía circular en Chile.* Asociación de Industriales del Plástico. <https://www.asipla.cl/plasticos-y-eco-circular/>.

Breathing plastic: The health impacts of invisible plastics in the air. (2023, 27 de marzo). Center for International Environmental Law. <https://www.ciel.org/breathing-plastic-the-health-impacts-of-invisible-plastics-in-the-air/>.

CalRecycle. (2022). *Plastic Pollution Prevention and Packaging Producer Responsibility Act (SB 54).* State of California.

Cámara Chilena de la Construcción (CChC). (2021). *Guía para la Gestión de Residuos en Obras de Construcción.* Gerencia de Estudios y Políticas Públicas.

Carlock, G., & Mardones, C. (2019). Extended Producer Responsibility in Chile: A Law in the Making. En *The Circular Economy in the Americas*. Palgrave Macmillan, Cham.

Comisión Europea. (2016). *EU Construction and Demolition Waste Protocol.*

Congreso Nacional de Chile. (1994). *Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente.* Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

Congreso Nacional de Chile. (2015). *Ley 20.879 que sanciona el transporte de desechos hacia vertederos clandestinos.* Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

Congreso Nacional de Chile. (2021). *Ley 21.368 que regula la entrega de plásticos de un solo uso y las botellas plásticas.* Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

Contraloría General de la República. (2020). *Informe sobre fiscalización ambiental y gestión de residuos.* Santiago, Chile.

Cornejo, D. (2022). *Gestión de Residuos de la Construcción y Demolición (RCD) en Chile: Diagnóstico y Propuestas.* Informe Técnico. Santiago: Instituto de la Construcción.

Department of Agriculture, Water and the Environment (DAWE), Australia. (2021). *National Plastics Plan.*

Environment and Climate Change Canada (ECCC). (2018). *A Canada-wide strategy on zero plastic waste*.

European Commission. (2018). *A European Strategy for Plastics in a Circular Economy*.

Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), e1700782. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>.

Gómez, M. (2019). *Caracterización de residuos de construcción y demolición en la Región Metropolitana para una propuesta de valorización* (Tesis de Magíster). Pontificia Universidad Católica de Chile.

Government of the Netherlands. (2016). *A Circular Economy in the Netherlands by 2050*.

INE (Instituto Nacional de Estadísticas). (2023). *Cuentas nacionales de Chile: Producto Interno Bruto 2022*. <https://www.ine.gob.cl/>.

Instituto del PVC Chile. (2021). *Reporte de Sostenibilidad del PVC*.

Instituto Nacional de Normalización (INN). (2012a). *NCh-ISO14040:2012 Gestión ambiental - Análisis del ciclo de vida - Principios y marco de referencia*.

Instituto Nacional de Normalización (INN). (2012b). *NCh-ISO14044:2012 Gestión ambiental - Análisis del ciclo de vida - Requisitos y directrices*.

Instituto Nacional de Normalización (INN). (2015). *NCh-ISO14001:2015 Sistemas de gestión ambiental - Requisitos con orientación para su uso*.

Instituto Nacional de Normalización (INN). (2019). *NCh3562:2019 - Construcción - Residuos de construcción y demolición (RCD) - Clasificación y directrices para el plan de gestión*

Jalali, F. P.-T. A. (2011). Earth construction: Lessons from the past for future eco-efficient construction. *Construction and Building Materials*.
<https://repositorium.uminho.pt/bitstream/1822/16367/1/JCBM2998.pdf>.

Koelmans, A. A., Besseling, E., & Foekema, E. M. (2014). Leaching of plastic additives to marine organisms. *Environmental Pollution*, 187, 49–54.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.12.013>.

Ministerio de Salud, Gobierno de Chile. (1968). *DFL N° 725, Código Sanitario*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

Ministerio de Salud, Gobierno de Chile. (2003). *Decreto Supremo N° 148, Aprueba reglamento sanitario sobre manejo de residuos peligrosos*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

Ministerio de Salud, Gobierno de Chile. (2008). *Decreto Supremo N° 189, Reglamento sobre condiciones sanitarias y de seguridad básicas en los rellenos sanitarios*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). (2016). *Estándares de Construcción Sustentable para Viviendas de Chile. Tomo IV: Materiales y Residuos*.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2022, 1 de julio). *Plan de Emergencia Habitacional*. <https://www.minvu.gob.cl/plan-de-emergencia-habitacional/>.

Ministerio del Medio Ambiente (MMA) & Cámara Chilena de la Construcción (CChC). (2018). *Estrategia Nacional de Residuos de la Construcción y Demolición*.

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (2021). *Hoja de Ruta Nacional a la Economía Circular para un Chile sin Basura 2020-2040*. Gobierno de Chile.

Ministerio del Medio Ambiente, Gobierno de Chile. (2013). *Decreto Supremo N° 1, Aprueba Reglamento del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC)*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

Ministerio del Medio Ambiente, Gobierno de Chile. (2016). *Ley 20.920 - Ley marco para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y el fomento al reciclaje*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

Ministerio del Medio Ambiente. (2021). *Informe sobre la gestión de residuos plásticos en Chile*. <https://sinia.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2022/01/C10-residuos-remat-2021.pdf>.

Ministry for the Environment, New Zealand. (2021). *Taking responsibility for our waste: National Plastics Action Plan*.

Ministry of Economy, Trade and Industry (METI), Japan. (2021). *Act on Promotion of Resource Circulation for Plastics*.

Ministry of Environment, Republic of Korea. (2021). *K-Circular Economy Implementation Plan*.

Ministry of the Environment, Japan. (2010). *Construction Material Recycling Law*.

O'Ryan, R., & Pereira, M. (2012). *Environmental Policy in Chile: The Politics of the Unfinished Agenda*. En *The Political Economy of Environmental Policy in Latin America*. Routledge.

Ossa, A. (2016). *Estudio de la cadena de valor del reciclaje de residuos de la construcción y demolición (RCD) en la Región Metropolitana* (Tesis de Pregrado). Universidad de Chile.

Pacheco-Torgal, F., Jalali, S., & Fucic, A. (2012). *Toxicity of building materials*. Woodhead Publishing.

Pacto Chileno de los Plásticos. (2023). *Economía Circular del Plástico*.

<https://fch.cl/iniciativa/pacto-chileno-de-los-plasticos/>.

Plastics Europe. (2024). *Plastics – the Fast Facts 2024*.

<https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-fast-facts-2024/>.

Pozo, K., Gomez, V., Torres, M., Vera, L., Nuñez, D., Oyarzún, P., Mendoza, G., Clarke, B., Fossi, M. C., Bains, M., Přibyllová, P., & Klánová, J. (2019). Presence and characterization of microplastics in fish of commercial importance from the Biobío region in central Chile.

Marine Pollution Bulletin, 140, 315–319.

<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.01.025>.

REGEMAC. (2023, 5 de mayo). *El problema de los residuos de construcción*. REGEMAC.

<https://regemac.cl/el-problema-de-los-residuos-de-construccion/>.

The New Plastics Economy: Rethinking the future of plastics. (s. f.).

Ellenmacarthurfoundation.org. Recuperado el 17 de julio de 2025, de

<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/the-new-plastics-economy-rethinking-the-future-of-plastics>.

Van Eerd, M. (2011). Solid Waste Management in Latin America: The Role of Scavengers and Recyclers. *Latin American Perspectives*, 38(4), 55–69.

Verma, R., Vinoda, K. S., Papireddy, M., & Gowda, A. N. S. (2016). Toxic pollutants from plastic waste - A review. *Procedia Environmental Sciences*, 35, 701–708.

<https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.069>.

Wright, S. L., Thompson, R. C., & Galloway, T. S. (2013). The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review. *Environmental Pollution*, 178, 483–492.

<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.02.031>.