



ESTUDIO DE CAPACIDAD INSTALADA Y PROYECCIÓN DE VALORIZACIÓN DE NFU



Resumen ejecutivo	5
-------------------	---

Glosario	7
----------	---

1	Introducción	9
	Contexto regulatorio: ley REP	10
	Objetivo del informe	12

2	Marco analítico y metodológico	13
	2.1 Fuentes de información	16
	2.2 Cálculo de variables relevantes	19
	2.3 Supuestos y limitaciones	22

3	Generación y dinámica del flujo de NFU	23
	3.1 Estimación de generación actual	25
	3.2 Determinantes estructurales	26
	3.3 Proyección 2026–2030	28

4	Capacidad del sistema de valorización	33
	4.1 Tipos de tratamiento de neumáticos usados	35
	4.2 Instalaciones en el país	38
	4.3 Capacidad efectiva vs capacidad ociosa	40
	4.4 Proyección de capacidad	42
	4.5 Ajuste de capacidad según régimen operacional	44

5	Funcionamiento del sistema por tecnología	46
	5.0 Pretratamiento	47
	5.1 Recauchaje	48
	5.2 Trituración	51
	5.3 Coprocesamiento	54
	5.4 Pirólisis	57
	5.5 Rellenos sanitarios	59

6	Diagnóstico estructural del sistema	62
	6.1 Brechas regulatorias	63
	6.2 Brechas de mercado	66
	6.3 Brechas operacionales y técnicas	67
	6.4 Brechas territoriales	69
	6.5 Brechas de trazabilidad	70

7	Propuestas de modificación normativa	71
	7.1 Flexibilización de metas y mecanismos de cumplimiento	73
	7.2 Revisión del requisito mínimo de reciclaje material para categoría A	75
	7.3 Fortalecimiento de trazabilidad y control de freeriders	77
	7.3 Desarrollo de mercado para productos derivados de NFU 30	78

Bibliografía	80
--------------	----

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación tuvo por objetivo evaluar la capacidad instalada y proyectada de valorización de neumáticos fuera de uso (NFU) en Chile, diferenciada por tipo de tratamiento, con el propósito de analizar la capacidad real del país para cumplir las metas establecidas en el Decreto Supremo N°8/2019 del Ministerio del Medio Ambiente, en el marco de la Ley N° 20.920 sobre Responsabilidad Extendida del Productor (Ley REP).

El estudio se desarrolló bajo un enfoque mixto, combinando revisión documental, levantamiento de información primaria, entrevistas técnicas, validación con actores del ecosistema y modelamiento de escenarios prospectivos. La metodología fue diseñada con el objetivo de trascender las capacidades nominales o declaradas administrativamente, buscando estimar las capacidades efectivamente operacionales del sistema nacional de valorización de NFU.

Actualmente, la capacidad técnica efectiva estimada para neumáticos categoría A alcanza aproximadamente 85 mil toneladas anuales, con potencial de expansión hacia cerca de 105 mil toneladas al año 2028. Sin embargo, incluso bajo escenarios optimistas de crecimiento de capacidad, las proyecciones muestran que el sistema enfrentará crecientes dificultades para absorber las metas futuras de valorización.

Los resultados muestran que el principal desafío futuro del sistema no se relaciona únicamente con aumentar infraestructura, sino con asegurar condiciones estructurales que permitan valorizar de manera efectiva, estable y económicamente viable los volúmenes crecientes que el sistema REP deberá absorber hacia 2030.

En términos estructurales, el estudio identifica cinco hallazgos principales:

- 1** La **capacidad nominal** instalada no refleja necesariamente capacidad efectiva de valorización.
- 2** El principal cuello de botella del sistema corresponde a la **fragilidad de los mercados secundarios** para productos derivados de NFU.
- 3** Las **metas proyectadas** hacia 2030 superan la capacidad efectiva actualmente disponible.
- 4** El **coprocesamiento** aparece como la tecnología con mayor potencial de escalamiento.
- 5** El **fortalecimiento de la trazabilidad y reducción de freeriders** podría incrementar significativamente las obligaciones futuras del sistema REP.

En este contexto, **el informe concluye que el cumplimiento futuro del DS N°8 dependerá no solo del crecimiento de infraestructura, sino también de ajustes regulatorios**, desarrollo de demanda para materiales reciclados, fortalecimiento de trazabilidad y consolidación de condiciones operacionales para las distintas tecnologías de valorización.



GLOSARIO

Productor

Persona que enajena un producto prioritario por primera vez en el mercado nacional, el que enajena bajo marca propia un producto adquirido de un tercero, o quien importa un producto prioritario para su propio uso profesional.

Trazabilidad

Conjunto de procedimientos que permiten conocer las cantidades, ubicación y trayectoria de un residuo o lote de residuos a lo largo de toda la cadena de manejo.

Valorización

Conjunto de acciones cuyo objetivo es recuperar un residuo, sus materiales o su poder calorífico. Incluye la preparación para la reutilización, el reciclaje y la valorización energética.

Neumático Fuera de Uso (NFU)

Neumático que su generador desecha o tiene la intención u obligación de desechar, de acuerdo con la normativa vigente.

Gestor Autorizado y Registrado

Persona natural o jurídica que realiza operaciones de manejo de residuos, cuenta con las autorizaciones vigentes y se encuentra inscrita en el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC).

Sistema de Gestión

Mecanismo instrumental para que los productores, de forma individual o colectiva, cumplan con las obligaciones de la Ley REP a través de un plan de gestión.

Introducir en el mercado

Enajenar un producto por primera vez, bajo marca propia, o importar para uso profesional.

Coprocesamiento

Operación industrial donde se aprovecha tanto la energía como el material del residuo.

Recauchaje

Operación de reacondicionamiento que reemplaza la banda de rodamiento para prolongar la vida útil.

El neumático constituye un componente esencial en los sistemas de transporte terrestre, cuya función principal es asegurar la interacción eficiente entre el vehículo y la superficie de rodadura. Se trata de un producto altamente tecnificado, compuesto por materiales como caucho natural y sintético, negro de humo, acero y fibras textiles, organizados en una estructura multicapa diseñada para resistir cargas dinámicas y garantizar condiciones de seguridad y desempeño.

El crecimiento sostenido del parque automotriz y de las actividades productivas ha derivado en un aumento significativo en la demanda de neumáticos y, consecuentemente, en la generación de residuos al término de su vida útil. En este contexto, los neumáticos fuera de uso (NFU) se han consolidado como un flujo de residuos prioritario, tanto por su volumen como por las complejidades asociadas a su gestión.

Los NFU presentan características que dificultan su manejo y valorización. Su composición heterogénea, junto con su alta resistencia a la degradación, implica que su acumulación genere impactos relevantes en el entorno. Entre las principales externalidades asociadas a su inadecuada gestión se encuentran el riesgo de incendios de alta complejidad, contaminación de suelos y aguas, generación de vectores sanitarios, debido a la acumulación de agua en su interior, emisión de microplásticos, entre otros.

A nivel internacional, se ha observado que la generación de NFU tiende a aumentar en la medida en que crecen el ingreso per cápita y el nivel de motorización, dado su vínculo directo con la expansión del parque vehicular y la intensidad de uso del transporte. En este contexto, se espera que la generación de NFU en Chile continúe una trayectoria creciente en el mediano plazo. Adicionalmente, su disposición en rellenos sanitarios presenta limitaciones operativas relevantes, debido a su volumen, baja compactabilidad y comportamiento físico, lo que refuerza la necesidad de soluciones de valorización efectivas.

CONTEXTO REGULATORIO: LEY REP

En Chile, la gestión de los NFU se enmarca en la Ley N° 20.920 sobre Responsabilidad Extendida del Productor (Ley REP), la cual establece que los productores son responsables de la organización y financiamiento de la gestión de los residuos derivados de los productos que introducen al mercado.

Para el caso de neumáticos, el Decreto Supremo N° 8/2019 del Ministerio del Medio Ambiente define metas específicas de recolección y valorización, diferenciando entre dos categorías:

Categoría A: aro <57", con excepción de aro igual a 45", 49" y 51"

Categoría B: aro igual a 45", 49" y 51" y aros iguales o mayores a >=57"

Este decreto establece obligaciones progresivas de valorización que deben ser cumplidas por los sistemas de gestión, tales como Valora+, quienes actúan como articuladores entre generadores, gestores y valorizadores. Un aspecto central del marco regulatorio es que las metas REP no solo exigen la recolección de los NFU, sino su valorización efectiva, lo que implica la existencia de capacidades técnicas, logísticas y de mercado para procesarlos. En este sentido, el cumplimiento de la normativa no depende únicamente de la gestión operativa del sistema, sino también del desarrollo y disponibilidad de infraestructura de valorización a nivel país. Por otro lado, un elemento crítico del diseño normativo es la exigencia de que, para la categoría A, un 60% de la valorización sea cumplido mediante reciclaje material.

La categoría B comprende neumáticos de gran tamaño, principalmente de los sectores minero y de construcción, cuyos procesos de recambio y generación de residuos presentan desafíos logísticos particulares. Las metas de valorización para estos productos se calculan respecto al total de neumáticos introducidos por los productores en el mercado nacional el año inmediatamente anterior, bajo la premisa de que los sistemas de gestión deben internalizar íntegramente los costos de manejo de estos residuos industriales.

Metas de recolección y valorización para categorías A y B

CATEGORÍA A		
Año	Recolección	Valorización
Primer año	50%	25%
Segundo año		30%
Tercer año		35%
Cuarto año	80%	60%
Quinto año		80%
Sexto año		
Séptimo año		
Octavo año	90%	90%

CATEGORÍA B*	
Año	Valorización
Primer año	25%
Segundo año	
Tercer año	
Cuarto año	
Quinto año	75%
Sexto año	
Séptimo año	
Octavo año	100%

La ambiciosa meta del 90% y 100% de valorización para el octavo año busca corregir una falla crítica en la gestión actual: se estima que hoy se desconoce la disposición final del 87% del Material Disponible País, terminando gran parte de estos residuos en basurales o eliminados mediante malas prácticas. El cumplimiento de estas metas es fundamental para garantizar un manejo ambientalmente racional, protegiendo la salud de las personas y el medio ambiente contra los efectos perjudiciales de la acumulación ilegal de estos residuos.

Por otro lado, un objetivo estratégico del Decreto Supremo N° 8 es incentivar la descentralización de la gestión de residuos, potenciando la capacidad de recolección en todas las regiones de Chile. Para evitar que la logística de los sistemas de gestión se concentre únicamente en las zonas con mayor densidad industrial, la normativa establece que, a contar del tercer año de vigencia, los sistemas colectivos deben cumplir con cuotas mínimas de recolección regional. Estas cuotas se calculan como un porcentaje del total de neumáticos introducidos en el mercado nacional por los productores integrantes del sistema.

La exigencia de estas cuotas territoriales es fundamental para la labor de fiscalización, considerando que actualmente se desconoce el destino final del 86,9% del Material Disponible País (MDP). Al obligar a los gestores a recolectar en regiones extremas, como Magallanes (0,7%) o Arica y Parinacota (0,7%), se mitiga el riesgo de que los NFU sean eliminados en vertederos clandestinos o mediante quemas informales. Para la SMA, el cumplimiento de estas metas regionales es un componente crítico de la trazabilidad, permitiendo acreditar que la trayectoria de los residuos se ajusta a un manejo ambientalmente racional en todo el territorio nacional.



OBJETIVO DEL INFORME

El presente informe tiene como objetivo evaluar la capacidad instalada y proyectada de valorización de NFU en Chile, contrastándola con las metas establecidas en el marco de la Ley REP, con el fin de determinar la viabilidad de su cumplimiento en el período 2026–2030.

En particular, el informe busca Analizar la generación actual y proyectada de NFU, Caracterizar la capacidad de valorización por tipo de tratamiento, Identificar brechas estructurales del sistema, tanto regulatorias como de mercado y operación y proponer lineamientos y ajustes al Decreto Supremo N°8, con el propósito de mejorar su efectividad y viabilidad en el contexto nacional.

A partir de este análisis, el documento se posiciona como un insumo técnico para la revisión del instrumento regulatorio, orientado a alinear las metas de política pública con las condiciones reales del sistema de gestión de NFU en el país.

MARCO ANALÍTICO Y METODOLÓGICO

La metodología se estructuró en cuatro componentes principales:

- 1** Revisión documental y construcción de línea base
- 2** Determinación de capacidades técnicas y operacionales
- 3** Levantamiento y validación de información primaria
- 4** Modelamiento y proyección del sistema de valorización

El análisis se desarrolló bajo una lógica de balance de sistema, relacionando generación de NFU, capacidad de valorización, condiciones de mercado y metas regulatorias. El principio analítico central consiste en contrastar la oferta potencial de residuos con la capacidad efectiva de absorción del sistema, incorporando restricciones tecnológicas, territoriales, logísticas y de mercado.

2.1 FUENTES DE INFORMACIÓN

Como primera etapa, se realizó un proceso de recopilación, revisión y sistematización de antecedentes técnicos, regulatorios y operacionales asociados al ecosistema nacional de gestión y valorización de NFU.

La revisión documental tuvo por objetivo construir una línea base nacional de instalaciones, capacidades, tecnologías y restricciones existentes, permitiendo identificar actores relevantes, tecnologías disponibles y brechas preliminares del sistema. Para ello, se analizaron diversas fuentes de información pública, sectorial y técnica, entre las que se incluyeron:

a) Registros administrativos

- Estadísticas de comercio exterior (Aduanas): análisis de las glosas de importación para neumáticos de reemplazo y neumáticos integrados en vehículos nuevos
- Registro de emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC): declaraciones de gestión de residuos.
- Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA): capacidades autorizadas de instalaciones de valorización.
- Instituto Nacional de Estadísticas (INE): Obtención del parque automotor total vigente mediante el registro de permisos de circulación.
- Servicio de Registro Civil e Identificación: Datos de inscripción de vehículos y maquinaria nueva para determinar el ingreso de neumáticos de "equipo original"
- Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental (SNIFA): Datos abiertos de la Ley de Responsabilidad Extendida del Productor con los resultados anuales por sistema de gestión

b) Levantamiento primario

- Entrevistas semiestructuradas a actores clave, tales como valorizadores, gestores, industria cementera, operadores y gremios. Se desarrolló un instrumento de captura de información primario denominado "Ficha de Entrevista", el cual se aplicó en un total de 23 entrevistas.
- Fichas técnicas de plantas: tecnología, capacidad nominal, utilización y restricciones operativas.

c) Documentos técnicos

- Estudios sectoriales:
 - Asociación Nacional Automotriz de Chile (ANAC): Informes del Mercado Automotor
 - Asociación Nacional de la Industria del Reciclaje (ANIR): Estadísticas del reciclaje
 - Cámara de la Industria del Neumático de Chile A.G (CINC): Parque automotor y neumáticos, Importación de neumáticos nuevos
 - Federación Interamericana del Cemento (FICEM): Potencial de Valorización de Residuos en la Industria del Cemento en América Latina y El Caribe al año 2030
 - Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile (ICH): Hoja de Ruta Chile, Cemento y Concreto – Net Zero 2050
- Antecedentes del Ministerio del Medio Ambiente
- Informe de la Hoja de Ruta de Implementación (MEP)
- Antecedentes provistos por sistemas de gestión y actores de la cadena

La revisión de estos antecedentes permitió identificar y caracterizar instalaciones asociadas al recauchaje, trituración mecánica, pirólisis, coprocesamiento en cementeras y rellenos sanitarios. Para cada instalación se levantó, en la medida de la disponibilidad de información, un conjunto de variables técnicas y operacionales, definidas en la siguiente tabla 1. A partir de este proceso se construyó una Matriz Base de Capacidades, utilizada posteriormente como insumo para el levantamiento de información primaria y validación técnica con actores del ecosistema.



CATEGORÍA	VARIABLE	DEFINICIÓN	UNIDAD DE MEDIDA
Capacidad	Capacidad técnica máxima	Ton/año procesables a 100% de capacidad (3 turnos, 365 días)	ton/año
	Capacidad técnica autorizada	Ton/año autorizados por la autoridad pertinente	ton/año
	Tasa de eficiencia	% ajuste de la capacidad por mantenciones preventivas y correctivas	%
	Capacidad técnica efectiva	Ton/año procesables a 100% de capacidad (3 turnos, 365 días) ajustados por tasa de eficiencia	ton/año
	Capacidad utilizada	Ton/año procesados en la realidad (menos turnos, menos días)	ton/año
	Capacidad técnica ociosa	Diferencia entre capacidad técnica operacional y capacidad utilizada	ton/año
	Capacidad técnica a 3 años	Proyección de crecimiento de la capacidad efectiva	ton/año
	Capacidad de acopio autorizada	Ton/año autorizados para el acopio de NFU	ton/año
Requisitos técnicos de admisión	Aro NFU	Rango de aros admisibles	n°
	Humedad	% de humedad máximo admisible	%
	Formato de ingreso	Condición física exigida	Cualitativo
	Tamaño máximo	Dimensión máxima aceptada del NFU o fragmento	mm
	Contaminante permitido	Límites de acero, textil, humedad u otros	%
	Restricciones operativas	Límites por estacionalidad, mezclas, continuidad de suministro	Abierta
Tratamiento	Tecnología utilizada	Proceso que realiza la máquina correspondiente	Abierta
	Subproducto	Subproductos generados por la tecnología	Cualitativo
	Cantidad de subproducto		
	Características subproducto	Tamaños obtenibles o rendimiento	n°
	Destino subproducto	A quién/cómo venden / Demanda interna	Abierta
Rep	Gestor REP	Viabilidad de inscripción como gestor	sí/no
	SINADER		
	Reporte 75%		

2.2 CÁLCULO DE VARIABLES RELEVANTES

La generación de neumáticos fuera de uso (NFU) se produce principalmente por dos vías: el recambio de neumáticos durante la vida útil de vehículos y maquinarias, y la salida definitiva de vehículos de circulación. Sin embargo, desde el punto de vista regulatorio, el Decreto Supremo N°8/2019 no calcula las metas REP a partir de la generación efectiva observada, sino sobre la base de los neumáticos introducidos en el mercado en el año inmediatamente anterior.

En este contexto, se entiende por introducción en el mercado la comercialización de neumáticos nuevos en el territorio nacional, ya sea como neumáticos de reemplazo o incorporados en vehículos, maquinarias o equipos nuevos. Para su estimación, se analizaron registros de importación asociados a ambos flujos mediante códigos arancelarios del Servicio Nacional de Aduanas.

De acuerdo con el DS N°8/2019, las metas de recolección y valorización se calculan como un porcentaje de los neumáticos puestos en el mercado en el año previo, utilizando este indicador como referencia para aproximar la generación potencial de NFU.

Para efectos del presente estudio, la generación estimada de NFU se calculó a partir de los neumáticos puestos en el mercado (NPEM), aplicando posteriormente los factores de desgaste establecidos en el decreto: 84% para neumáticos categoría A y 75% para neumáticos categoría B.

La estimación utilizada se representa mediante las siguientes relaciones:

(i) NFU generados = Neumáticos Puestos En Mercado (NPEM) × factor de desgaste

(ii) NPEM = N reemplazo + N equipos nuevos

Caracterización de la capacidad de valorización

La capacidad del sistema se analiza en tres niveles:

Capacidad máxima: capacidad teórica máxima de procesamiento a tres turnos durante todo el año

Capacidad efectiva: volumen realmente procesable, considerando restricciones operativas como por ejemplo mantenciones preventivas y correctivas

Capacidad ociosa: diferencia entre la capacidad efectiva y el tratamiento promedio actual al 2025

Esta información se obtiene a través de entrevistas con plantas y revisión de autorizaciones de procesamiento por parte de las autoridades pertinentes.

Para cada instalación se levantan variables clave: capacidades, tipo de insumo aceptado, requerimientos de pretratamiento y destinos de los subproductos. Para garantizar la integridad de los resultados, se implementó una estrategia de validación cruzada que comparó tres fuentes de datos independientes:

1. Datos Declarados (RETC): Se contrastó la información reportada obligatoriamente en el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) para verificar las cantidades históricas efectivamente gestionadas frente a las metas de trazabilidad exigidas por la SMA.

2. Límites Administrativos (RCA/DIA): Se utilizaron las Resoluciones de Calificación Ambiental y sus Adendas como el "techo legal" permitido para cada operación, asegurando que las proyecciones no excedan los marcos regulatorios vigentes.

3. Evidencia Empírica (Entrevistas): Los datos obtenidos en las entrevistas técnicas sirvieron para "ajustar" las capacidades nominales a la realidad del mercado actual.

2.3 SUPUESTOS Y LIMITACIONES

El análisis incorpora supuestos explícitos que condicionan los resultados:

- Inexistencia de inventario acumulado: se asume que todo producto introducido al mercado nacional es comercializado y puesto en uso dentro del mismo año calendario
- La capacidad declarada por las instalaciones es representativa de su potencial operativo
- No se consideran cambios estructurales abruptos en regulación o mercado en el corto plazo, salvo los escenarios evaluados

Estos supuestos son consistentes con metodologías utilizadas en estudios internacionales y permiten construir una base analítica comparable.

Por otro lado, el estudio presenta limitaciones asociadas a disponibilidad y calidad de datos en registros administrativos, subdeclaración o inconsistencias en reportes e incertidumbre en la evolución futura del mercado de valorización. Estas limitaciones son consideradas en la interpretación de resultados y en la formulación de propuestas regulatorias.



GENERACIÓN Y DINÁMICA **DEL FLUJO DE NFU**

3.1 ESTIMACIÓN DE GENERACIÓN ACTUAL

Para el año 2025 se estima una generación potencial de 189.828 toneladas de neumáticos fuera de uso (NFU) en Chile. Del total estimado, un 86% proviene de neumáticos de reemplazo y un 14% corresponde a neumáticos incorporados en vehículos, maquinarias y equipos nuevos. La generación se concentra principalmente en neumáticos de buses y camiones, los cuales representan el 40,7% del total generado en masa, seguidos por autos y camionetas con un 32,5%.

Por su parte, los neumáticos categoría B representan un 22,1% de la generación total en toneladas, pese a corresponder a una fracción muy menor del total de unidades comercializadas. Esto se explica por el elevado peso unitario asociado a neumáticos utilizados en minería y maquinaria de gran escala.

La siguiente tabla presenta la estimación total de generación de NFU para 2025:

Clasificación	Generación NFU	Participación por categoría (ton)	Participación por categoría (u)
Buses y camiones	77.333	40,7%	20,2%
Auto y camioneta	61.714	32,5%	76,8%
Categoría B	41.886	22,1%	0,2%
Industrial	8.815	4,6%	2,5%
Pequeños	81	0,0%	0,4%
Total 2025	189.828	100%	100%

Más detalles en el Anexo 1.

Los resultados muestran una alta concentración de generación en segmentos asociados al transporte de carga, logística y minería, sectores que además presentan mayores exigencias operacionales y desafíos logísticos para su valorización.

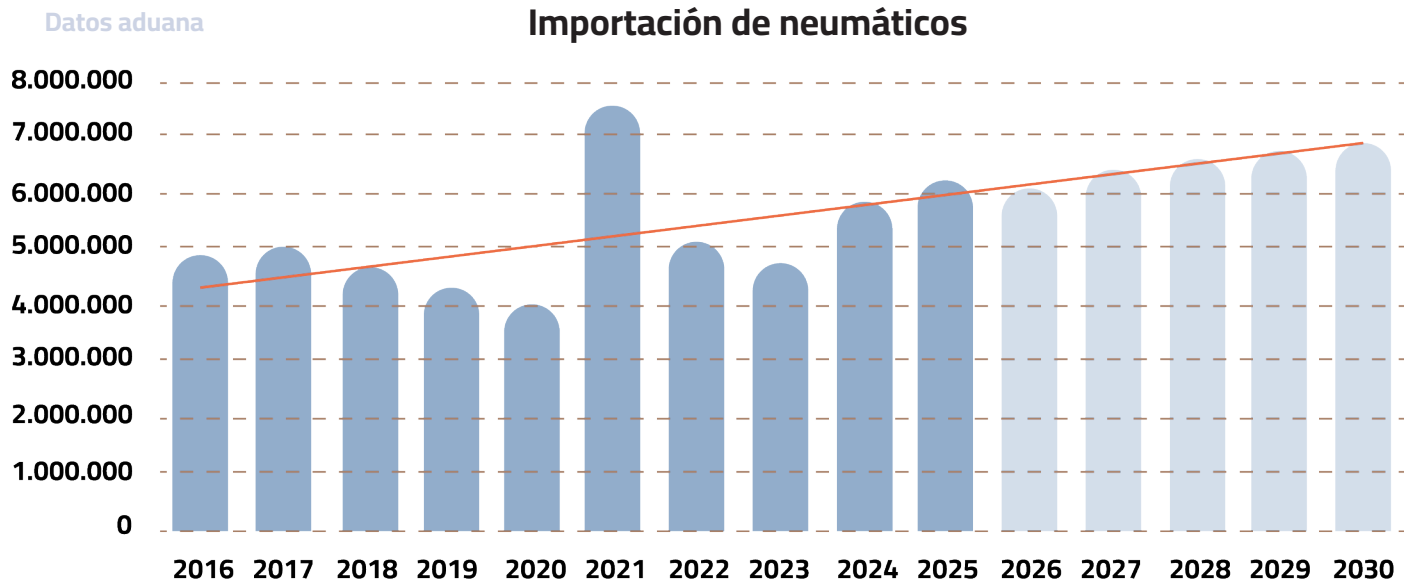
Asimismo, se observa una diferencia relevante respecto a otras estimaciones nacionales basadas en salida efectiva de vehículos fuera de circulación. En este caso, la estimación se construye bajo la lógica regulatoria del sistema REP, utilizando como referencia los neumáticos puestos en el mercado, lo que tiende a generar líneas base mayores en contextos de crecimiento sostenido del parque vehicular y de las importaciones de neumáticos.

En términos estructurales, los resultados reflejan que la generación de NFU en Chile continúa creciendo tanto por expansión del parque automotor como por el aumento en la intensidad de uso de vehículos de transporte, maquinaria e industrias extractivas, incrementando progresivamente la presión sobre el sistema nacional de valorización.

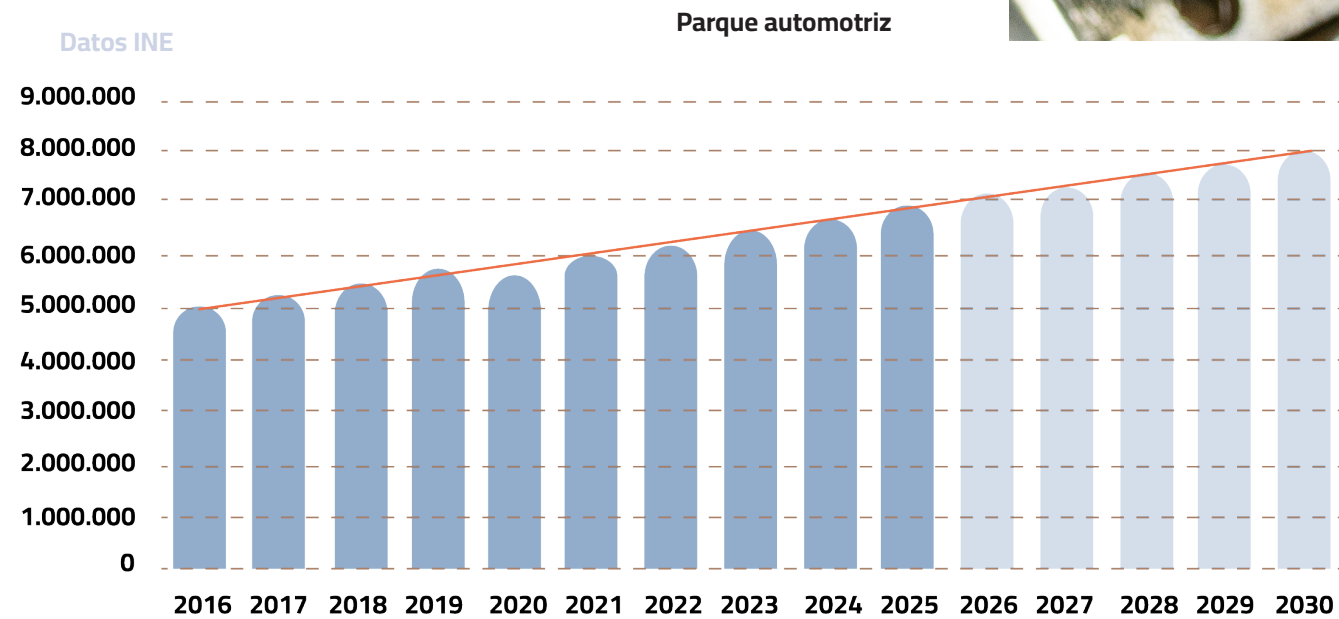
3.2 DETERMINANTES ESTRUCTURALES

La generación de NFU en Chile presenta una relación directa con la evolución del parque automotor, la actividad económica y el aumento sostenido en la demanda por transporte y logística.

Durante los últimos diez años, el parque automotor nacional aumentó desde 4,7 millones a 6,7 millones de vehículos en circulación, equivalente a un crecimiento promedio anual de 4,1%. Esta tendencia refleja un incremento estructural en la cantidad de vehículos que eventualmente requerirán recambio de neumáticos y posterior gestión como residuo.



En paralelo, las importaciones de neumáticos para reemplazo crecieron desde 4,9 millones a 6,5 millones de unidades anuales en el mismo período, registrando un crecimiento promedio de 2,7% anual.



Ambas tendencias muestran que la generación de NFU mantiene una trayectoria estructural de crecimiento, asociada tanto al aumento del parque vehicular como a una mayor demanda por transporte y recambio de neumáticos. Adicionalmente, otros indicadores sectoriales muestran tendencias consistentes con este comportamiento. Durante el mismo período las ventas de vehículos livianos nuevos crecieron en promedio un 3,7% anual, las ventas de camiones nuevos un 3,2% anual y las ventas de buses nuevos un 14,5% anual.

En vista de estos antecedentes, para efectos de proyección se adopta como supuesto un crecimiento tendencial de 2,5% anual en la generación de NFU para el período 2026–2030. Este supuesto corresponde a un escenario tendencial respecto de las tendencias históricas observadas en el parque automotor y las importaciones de neumáticos, permitiendo proyectar la evolución del sistema bajo condiciones de crecimiento moderado.

3.3 PROYECCIÓN 2026–2030

La proyección del sistema para el período 2026–2030 se desarrolló exclusivamente para neumáticos categoría A, por corresponder al principal flujo de generación de NFU del país y concentrar las mayores exigencias de cumplimiento establecidas en el DS N°8/2019. Dado que actualmente existe incertidumbre respecto al nivel real de subdeclaración dentro del sistema REP, se construyeron dos escenarios complementarios: (1) el crecimiento de la generación nacional de NFU y (2) la evolución del nivel de declaración de productores dentro del sistema REP.

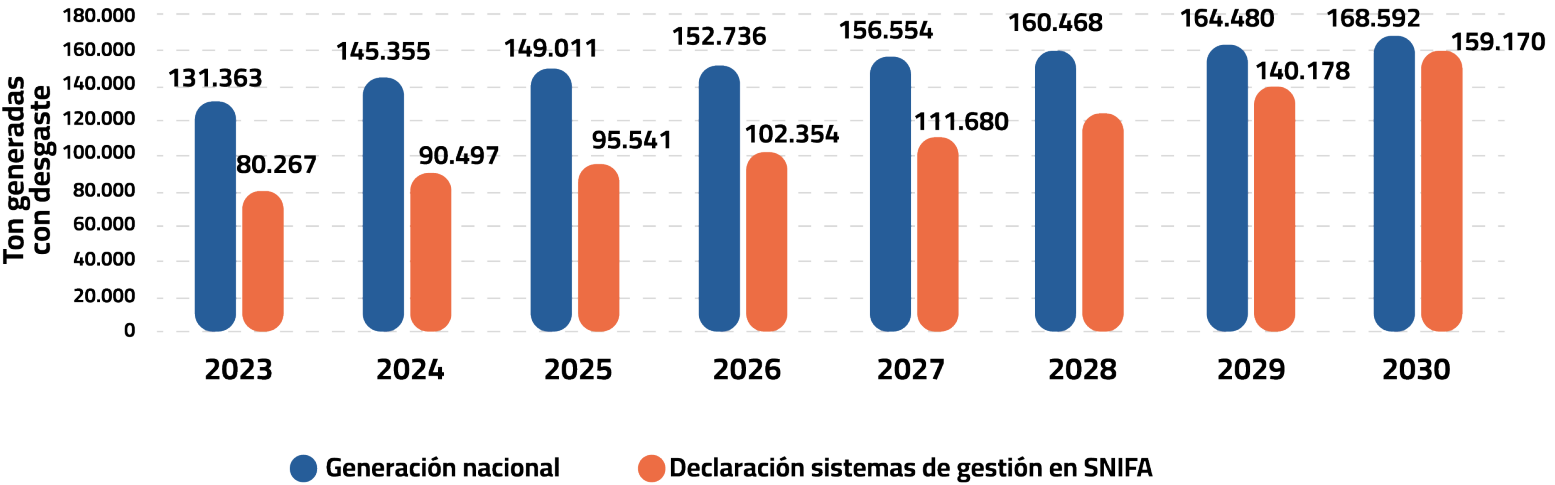
En primer lugar, se proyecta la generación nacional de NFU bajo un escenario de crecimiento tendencial de 2,5% anual, construido a partir de la evolución histórica del parque automotor, las importaciones de neumáticos de reemplazo y las ventas de vehículos nuevos observadas durante la última década. En segundo lugar, el análisis incorpora la existencia de subdeclaración o “freeriders”, entendidos como productores que introducen neumáticos al mercado sin reportarlos correctamente al sistema REP o sin incorporarse plenamente a un sistema de gestión.

Actualmente, se observa una diferencia relevante entre la generación nacional estimada de NFU y la línea base declarada en el sistema REP, lo que sugiere la existencia de volúmenes significativos de neumáticos puestos en el mercado que no están siendo completamente capturados por los mecanismos de declaración y trazabilidad.

En este contexto, la proyección considera una reducción progresiva de freeriders en el tiempo, asumiendo un fortalecimiento gradual de los mecanismos de fiscalización, el control aduanero, la trazabilidad y la maduración general del sistema REP. Bajo este supuesto, el porcentaje de neumáticos efectivamente declarados dentro del sistema aumenta progresivamente hacia 2030, incrementando la línea base sobre la cual se calculan las metas de recolección y valorización. De esta manera, la presión sobre el sistema no solo crece por el aumento esperado en la generación nacional de NFU, sino también por una mayor incorporación de productores y volúmenes actualmente no declarados.

Escenarios de crecimiento línea base

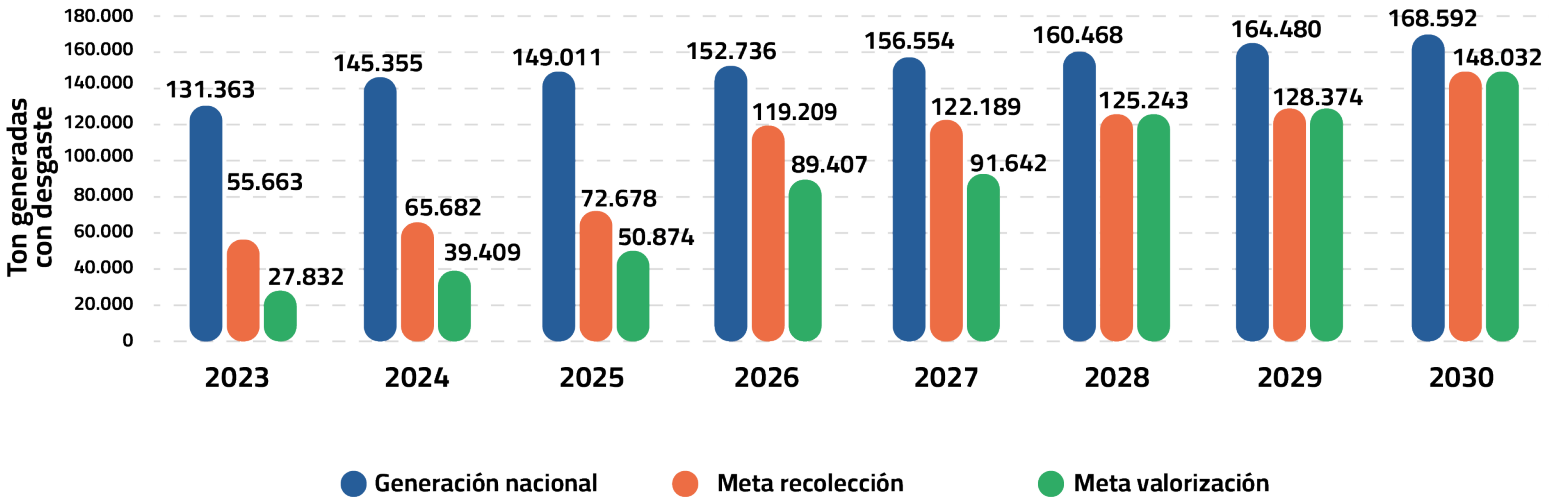
Categoría A	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
(A) Generación nacional con desgaste	131.363	145.355	149.011	152.736	156.554	160.468	164.480	168.592	>crecimiento tendencial
Variación respecto año anterior	-0,88%	10,65%	2,52%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	
Línea base REP (SNIFA) con desgaste	80.267	90.497	95.541	102.354	111.680	124.195	140.178	159.170	>(A) * (B)
(B) % de declaración (freerider)	61,1%	62,3%	64,1%	67,0%	71,3%	77,4%	85,2%	94,4%	>según disminución de freerider
Disminución creciente de freerider		1,2%	1,9%	2,9%	4,3%	6,1%	7,8%	9,2%	



A partir de la proyección de generación y de la evolución esperada de la declaración REP, se construyeron dos escenarios de exigencia regulatoria para el período 2026–2030.

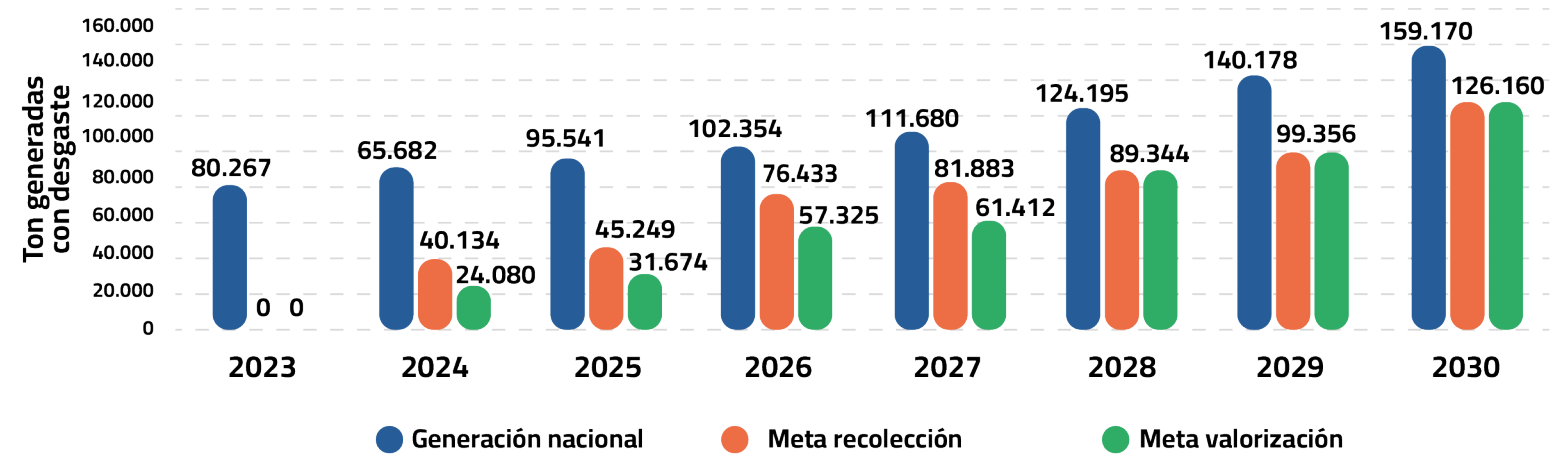
El primer escenario considera que las metas de valorización evolucionan en función de la generación nacional estimada de NFU. Bajo este supuesto, las obligaciones futuras reflejan el total potencial de neumáticos efectivamente puestos en uso en el país, incluyendo aquellos actualmente no capturados por el sistema REP debido a subdeclaración o freeriders.

En este escenario, las metas de valorización para categoría A alcanzarían aproximadamente 148.000 toneladas hacia 2030, representando una presión significativamente mayor sobre la capacidad nacional de valorización.



El segundo escenario considera la evolución de las metas sobre la base actualmente declarada en el sistema REP (PEM reportado), incorporando una disminución progresiva de freeriders en el tiempo. Bajo este enfoque, el crecimiento de las obligaciones ocurre de manera gradual conforme aumenta el porcentaje de neumáticos efectivamente declarados por productores y sistemas de gestión.

En este caso, las metas de valorización alcanzarían aproximadamente 126.000 toneladas al año 2030:



La diferencia entre ambos escenarios refleja el impacto estructural que tiene la subdeclaración sobre el sistema REP. Mientras el escenario basado en generación nacional representa una aproximación al volumen total potencial de NFU generado en el país, el escenario basado en PEM declarado refleja una trayectoria más consistente con la evolución esperada de la trazabilidad y fiscalización efectiva del sistema.

En términos prácticos, esto implica que una mejora progresiva en los mecanismos de control y declaración puede incrementar significativamente las obligaciones de valorización, incluso sin cambios relevantes en la generación física de NFU.

Por esta razón, el análisis posterior de capacidad y cumplimiento considera ambos escenarios como referencia para evaluar la suficiencia del sistema nacional de valorización hacia 2030.



CAPACIDAD DEL **SISTEMA DE VALORIZACIÓN**

4.1 TIPOS DE TRATAMIENTO DE NEUMÁTICOS USADOS

La valorización de neumáticos fuera de uso (NFU) puede desarrollarse mediante distintas tecnologías y estrategias de tratamiento, las cuales presentan diferencias relevantes en términos de complejidad técnica, escalabilidad, productos obtenidos, requerimientos operacionales y dependencia de mercados secundarios.

A nivel internacional, el Secretariado del Convenio de Basilea (2023) establece una jerarquía de manejo para NFU, priorizando alternativas que permitan extender la vida útil del neumático y maximizar el aprovechamiento de materiales y energía contenidos en su composición.

En Chile, las principales tecnologías actualmente presentes corresponden a recauchaje, trituración mecánica, coprocesamiento en cementeras y pirólisis (tabla comparativa en anexo 2). Cada una de estas alternativas presenta distintos niveles de madurez, capacidad de absorción y requerimientos de mercado para su viabilidad operacional.

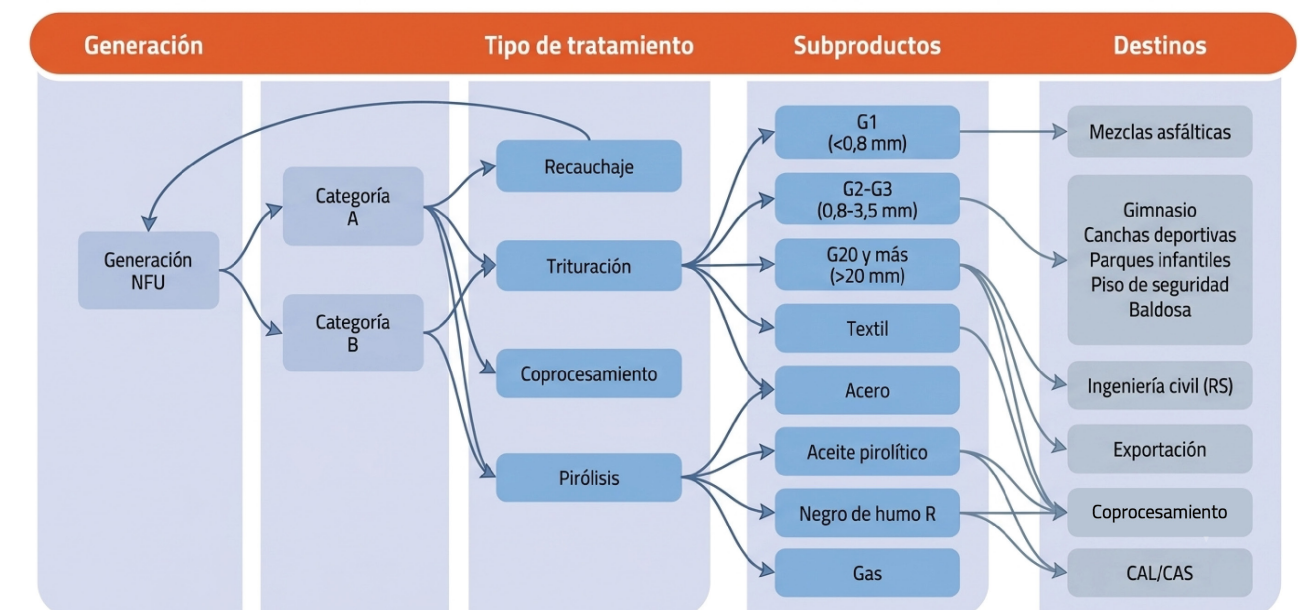
Jerarquía de tratamiento de NFU

De acuerdo con el Convenio de Basilea, las principales alternativas de gestión de NFU corresponden a:

1. Prevención y minimización: la prioridad absoluta es evitar que el neumático se convierta en residuo prematuramente
2. Reutilización mediante el recauchaje: extender la vida útil al reutilizar la carcasa original reemplazando la banda de rodadura. Este proceso permite que un neumático pueda ser utilizado más de una vez antes de convertirse en residuo.
3. Reciclaje mecánico (trituración): trituración para obtener granos y polvo de caucho para nuevos usos
4. Valorización energética/material (coprocesamiento): uso como combustible y materia prima en hornos de cemento, donde se aprovecha su poder calorífico y el contenido de hierro
5. Tratamiento térmico (pirólisis): Procesos en ausencia de oxígeno para obtener aceite, gas y carbón, aunque su viabilidad económica es variable

Flujo del NFU

La siguiente figura resume el funcionamiento general del sistema de valorización de NFU en Chile, identificando los principales flujos de tratamiento, los subproductos generados y sus destinos finales.



El sistema nacional de valorización opera bajo una lógica interdependiente entre tecnologías, subproductos y mercados de destino. En el caso de la trituración mecánica, los NFU son procesados para obtener granulados de distintas granulometrías, acero y fibras textiles, cuyos destinos incluyen mezclas asfálticas, superficies deportivas, pisos de seguridad, aplicaciones de ingeniería civil, coprocesamiento y exportación.

Por su parte, la pirólisis permite obtener aceite pirolítico, negro de humo recuperado (rCB), acero y gas, subproductos cuya viabilidad económica depende fuertemente de la existencia de demanda industrial y condiciones de mercado favorables. El coprocesamiento en cementeras constituye una alternativa de alta capacidad de absorción, aprovechando tanto el poder calorífico del caucho como el contenido metálico del neumático en el proceso de producción de clínker.

En paralelo, el recauchaje representa una estrategia de extensión de vida útil, particularmente relevante en segmentos de buses y camiones, aunque condicionado por la calidad estructural de las carcasas y por la competitividad frente al neumático nuevo.

Más allá de la capacidad instalada de tratamiento, el funcionamiento efectivo del sistema depende de la capacidad de absorción de los mercados asociados a los subproductos generados. En este sentido, la valorización de NFU no constituye únicamente un desafío de infraestructura, sino también de desarrollo de demanda, estabilidad comercial y articulación industrial para los materiales recuperados.



4.2 INSTALACIONES EN EL PAÍS

La infraestructura de valorización de NFU en Chile presenta una distribución territorial altamente heterogénea, con una fuerte concentración de capacidades en la zona centro del país y una menor presencia de alternativas de tratamiento hacia el extremo sur. Responde principalmente a lógicas industriales y de mercado más que a criterios de cobertura territorial REP.

En términos generales, la zona norte concentra una presencia relevante de instalaciones asociadas a categoría B y minería, particularmente en las regiones de Antofagasta y Atacama. En estas regiones se observa además una mayor presencia relativa de proyectos de pirólisis y valorización vinculados a neumáticos mineros de gran tamaño. Por su parte, la Región Metropolitana concentra la mayor diversidad de tecnologías y actores del sistema, incluyendo trituración mecánica, recauchaje y plantas de pretratamiento, consolidándose como el principal nodo operativo de valorización de NFU a nivel nacional.

La trituración mecánica corresponde a la tecnología con mayor presencia territorial, observándose instalaciones desde Tarapacá hasta Magallanes. Sin embargo, gran parte de estas capacidades corresponden a operaciones de menor escala o altamente dependientes de mercados específicos para la salida de subproductos. En contraste, el coprocesamiento en cementeras presenta una distribución más acotada, concentrándose principalmente en Antofagasta, Valparaíso, Región Metropolitana y Maule. El recauchaje muestra una distribución territorial relativamente más amplia, especialmente asociada a corredores logísticos y transporte de carga, aunque con capacidades generalmente menores y orientadas principalmente a neumáticos de buses y camiones.

Hacia el sur del país, particularmente desde La Araucanía en adelante, se observa una disminución significativa en la disponibilidad de infraestructura de valorización, intensificándose en las regiones de Aysén y Magallanes. Esta situación genera mayores desafíos logísticos y mayores costos de transporte para el cumplimiento de metas REP en zonas extremas.

En términos estructurales, la distribución territorial observada refleja que el sistema nacional de valorización se desarrolló principalmente en función de la disponibilidad de generación de NFU, la cercanía a polos industriales, el acceso logístico, la existencia de demanda para subproductos y la proximidad a centros de consumo o exportación.

Como consecuencia, la capacidad efectiva de valorización no depende únicamente del volumen nacional disponible, sino también de la capacidad del sistema para movilizar NFU hacia regiones donde existen alternativas reales de tratamiento.

Principales actores para el tratamiento de neumáticos usados y fuera de uso en Chile

	TRITURACIÓN	PIRÓLISIS	RECAUCHAJE entre otras	CEMENTERA hornos
Tarapacá	Ecocaucho		Neumaservicio Bailac Thor	
Antofagasta	Ecodesierto Michelin Rembre	Kal Tire	Neumaservicio Bailac Thor	Cementos Bióbio
Atacama		Amffal	Minero Bailac	
Coquimbo		GEP Coquimbo	Lubricar Insa	
Valparaíso		Asolam Cratos		Cementos Melón
RM	Polambiente Innova Ships Morgan TS Chile Resur Rcje. Los Ríos Volta		Atlas AA Comercial AC Comercial Lubricar Insa Vipal Minero Bailac Río Puelo Recauflex	Coactiva
O'Higgins		Arrigoni		
Maule		Ecorel		Cementos Bióbio
Biobío	Ecorubber Recbio	Energía circular	Octavio Ríos Riosan Bandag dl Sur	
Araucanía			Bacon	
Los Lagos	PTH Río Negro			
Magallanes	TLS Service			

4.3

CAPACIDAD EFECTIVA VS CAPACIDAD OCIOSA

A partir del levantamiento realizado, se estima que la capacidad técnica efectiva actual de valorización de NFU en Chile alcanza aproximadamente 125.500 toneladas anuales, considerando trituración mecánica, pirólisis y recauchaje.

Capacidad técnica instalada país				
Tipo tratamiento	Efectiva	Uso actual	Ociosa	A 3 años
Trituración	82.031	32.129	49.902	91.779
Pirólisis	29.541	15.325	14.216	53.694
Recauchaje	14.000	7.000	7.000	14.000
Total nacional	125.572	54.454	71.118	159.473

De este total, un 67% corresponde a capacidades asociadas a neumáticos categoría A, equivalente a aproximadamente 85.000 toneladas anuales.

Capacidad técnica instalada país - Categoría A				
Tipo tratamiento	Efectiva	Uso actual	Ociosa	A 3 años
Trituración	55.306	22.754	32.552	60.779
Pirólisis	15.989	6.505	9.484	30.319
Recauchaje	14.000	7.000	7.000	14.000
Total nacional	85.295	36.259	49.036	105.098

Sin Kal Tire, Michelin y capacidad exclusivas para categoría B

La trituración mecánica concentra la mayor capacidad efectiva del sistema, alcanzando más de 82.000 toneladas anuales a nivel nacional, seguida por pirólisis con cerca de 29.500 toneladas y recauchaje con aproximadamente 14.000 toneladas.

Cabe destacar que el análisis muestra que las instalaciones actualmente operan significativamente por debajo de su capacidad efectiva. En conjunto, el sistema utiliza cerca de 54.400 toneladas anuales, equivalente a aproximadamente un 43% de la capacidad disponible. En el caso específico de categoría A, el uso actual alcanza aproximadamente 36.300 toneladas, dejando una capacidad ociosa cercana a 49.000 toneladas anuales.

Estos resultados muestran que la principal restricción actual del sistema no corresponde necesariamente a una falta de infraestructura instalada, sino a limitaciones asociadas a la demanda insuficiente para subproductos, restricciones de mercado, dificultades logísticas y condiciones económicas para la valorización. En particular, varias plantas reportan que no resulta económicamente viable aumentar el procesamiento mientras no exista una salida estable para materiales como granulado, chips, negro de humo recuperado u otros subproductos derivados. Cabe señalar que la existencia de capacidad ociosa no implica necesariamente disponibilidad inmediata para absorber mayores metas REP.

Por esta razón, la capacidad efectiva operacional del sistema se encuentra fuertemente condicionada por la capacidad de absorción de los mercados secundarios más que por restricciones puramente tecnológicas.

Adicionalmente, el análisis muestra que la capacidad proyectada a tres años podría alcanzar aproximadamente 159.000 toneladas anuales, impulsada principalmente por expansiones esperadas en trituración y pirólisis. No obstante, en distintos casos estas proyecciones corresponden a estimaciones referenciales entregadas por los propios operadores, por lo que su materialización dependerá de condiciones futuras de mercado, estabilidad regulatoria y viabilidad económica de los proyectos.

Cabe señalar que la capacidad asociada a coprocesamiento en cementeras no se incorpora directamente en esta estimación, debido a que esta tecnología requiere etapas previas de acondicionamiento y pretratamiento para el ingreso de NFU a hornos, dependiendo además de especificaciones técnicas particulares asociadas a tamaño, humedad y composición del material.



4.4 PROYECCIÓN DE CAPACIDAD

Al contrastar la capacidad técnica instalada para categoría A con las metas proyectadas de recolección y valorización al año 2030, se observa que el sistema enfrenta una brecha estructural entre la generación esperada de NFU y la capacidad efectiva realmente disponible para absorberlos.

Bajo un escenario teórico de operación plena, la capacidad técnica instalada del sistema alcanzaría aproximadamente 85.000 toneladas anuales entre 2025 y 2027, aumentando posteriormente a cerca de 105.000 toneladas anuales a partir de 2028, impulsada principalmente por expansiones proyectadas en trituración y pirólisis.

Sin embargo, incluso considerando estos aumentos de capacidad, el sistema no lograría absorber completamente las metas proyectadas sobre generación nacional hacia el final del período analizado. En el escenario construido sobre generación nacional estimada de NFU, la brecha comienza a evidenciarse desde 2026 y aumenta progresivamente hasta alcanzar aproximadamente 43.000 toneladas anuales hacia 2030.

Por su parte, bajo el escenario basado en la línea base REP declarada (PEM reportado), el sistema presenta una situación más favorable durante gran parte del período, aunque igualmente se proyecta un déficit cercano a 21.000 toneladas anuales al año 2030.

	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Trituración	55.306			60.779		
Pirólisis	15.989			30.319		
Recauchaje	14.000			14.000		
CTIP Total	85.295	85.295	85.295	105.098	105.098	105.098
Meta recolección sobre nacional	72.678	119.209	122.189	125.243	128.374	148.032
Disponible sobre nacional	12.618	-33.914	-36.894	-20.145	-23.277	-42.934
Meta recolección sobre PEM REP	45.249	76.433	81.883	89.344	99.356	126.160
Disponible sobre línea base	40.047	8.862	3.412	15.754	5.742	-21.062

Estos resultados muestran que, incluso bajo supuestos optimistas de utilización de capacidad instalada, el cumplimiento futuro de las metas dependerá no solo de aumentar infraestructura, sino también de resolver restricciones estructurales asociadas a desarrollo de mercados secundarios, capacidad de absorción de subproductos, estabilidad económica de las tecnologías y disponibilidad efectiva de valorización operacional.

En este contexto, la principal limitación observada no corresponde únicamente a la capacidad nominal instalada, sino a la diferencia entre capacidad técnicamente existente y capacidad económicamente viable de utilizar de manera sostenida. Particularmente en trituración y pirólisis, el crecimiento de capacidad se encuentra altamente condicionado por la posibilidad de comercializar los subproductos generados, como granulado, negro de humo recuperado y aceite pirolítico. Por esta razón, el sistema presenta una dependencia estructural respecto al desarrollo de demanda industrial para materiales derivados de NFU, transformando el desafío de cumplimiento REP en un problema no solo de gestión de residuos, sino también de desarrollo de mercado.

4.5 AJUSTE DE CAPACIDAD SEGÚN RÉGIMEN OPERACIONAL

Las capacidades técnicas levantadas para el presente estudio fueron estimadas inicialmente bajo un régimen teórico de operación continua equivalente a tres turnos diarios durante todo el año, ajustado posteriormente mediante factores de eficiencia operacional asociados a mantenciones preventivas y correctivas.

No obstante, el análisis realizado evidencia que una parte importante de las instalaciones actualmente no opera bajo esquemas continuos de tres turnos, sino bajo configuraciones parciales de operación, principalmente de uno o dos turnos diarios, condicionadas por disponibilidad de demanda, costos energéticos, abastecimiento de NFU, disponibilidad de personal y viabilidad económica de operación continua.

En este contexto, se construyó adicionalmente un escenario operacional ajustado a dos turnos diarios, con el objetivo de aproximar una condición más representativa del funcionamiento real esperado para parte importante de las instalaciones actualmente presentes en el país. Bajo este supuesto, la capacidad técnica efectiva equivalente se ajusta proporcionalmente a un 66,7% en lo casos donde la planta no opere actualmente bajo 3 turnos:

	2025	2026	2027	2028	2029	2030
CTIP Total	71.469	71.469	71.469	89.903	89.903	89.903
Meta recolección sobre nacional	72.678	119.209	122.189	125.243	128.374	148.032
Disponible sobre nacional	-1.209	-47.740	-50.720	-35.340	-38.471	-58.129
Meta recolección sobre PEM REP	45.249	76.433	81.883	89.344	99.356	126.160
Disponible sobre línea base	26.220	-4.964	-10.414	559	-9.453	-36.257

Los resultados muestran que, bajo un escenario de operación equivalente a dos turnos diarios, la brecha entre capacidad efectiva y metas proyectadas aumenta significativamente hacia el final del período analizado. Esto evidencia que el cumplimiento futuro del sistema depende no solo de capacidad técnicamente instalada, sino también de la posibilidad económica y operacional de mantener esquemas de operación continua en el tiempo.



FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA POR TECNOLOGÍA

5.1 PRETRATAMIENTO

El pretratamiento y acondicionamiento de NFU constituye un eslabón habilitante para gran parte del sistema nacional de valorización, permitiendo adaptar los neumáticos a los requerimientos técnicos y operacionales exigidos por las distintas tecnologías de tratamiento. Estas etapas incluyen actividades como clasificación, almacenamiento temporal, corte, trozado, enfardado y reducción de tamaño, las cuales permiten optimizar transporte, reducir costos logísticos y facilitar el ingreso del material a procesos posteriores de valorización.

Actualmente, las capacidades de pretratamiento presentan una distribución territorial relativamente amplia y una alta heterogeneidad entre operadores respecto a nivel de mecanización, capacidad de procesamiento y estándares operacionales. Asimismo, distintos actores reportan restricciones asociadas a capacidad de acopio, disponibilidad de patios y exigencias sanitarias y ambientales para almacenamiento temporal, especialmente debido a riesgos de incendio y limitaciones de espacio.

Adicionalmente, el pretratamiento ha adquirido una relevancia creciente en el contexto de exportación de NFU y caucho procesado, particularmente mediante enfardado y acondicionamiento para optimizar transporte internacional. En términos estructurales, el fortalecimiento de estas capacidades aparece como un elemento clave para mejorar eficiencia logística, habilitar nuevas alternativas de valorización y aumentar la flexibilidad operacional del sistema nacional de NFU.



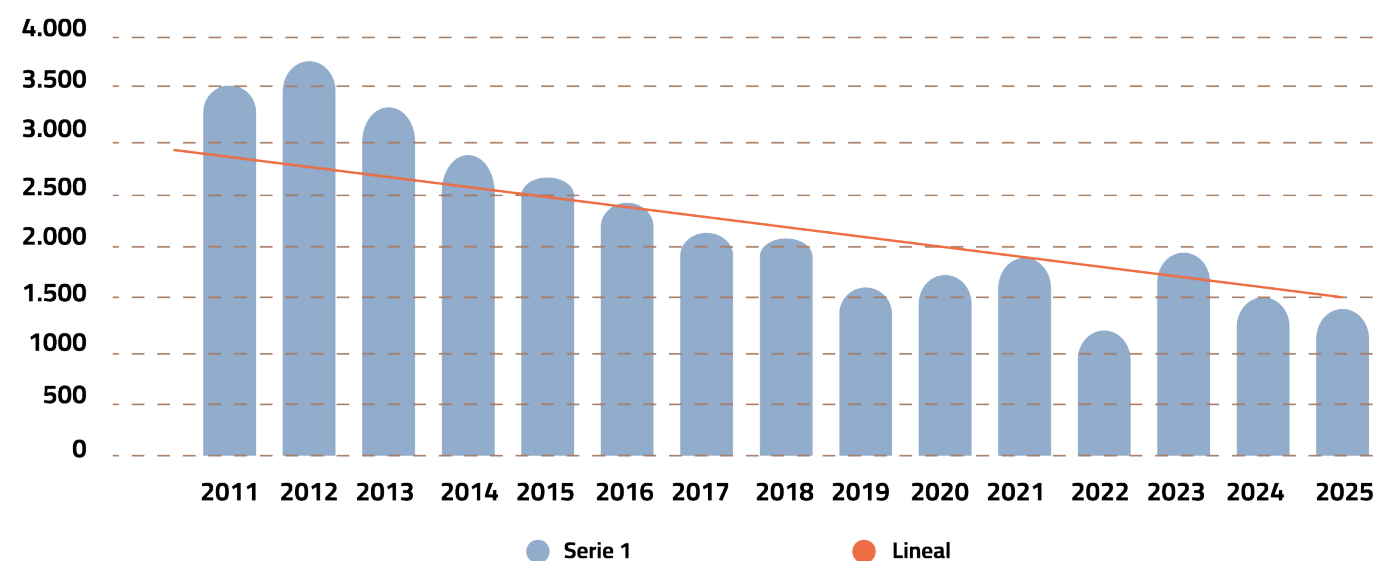
5.2 RECAUCHAJE

El recauchaje corresponde a una estrategia de preparación para la reutilización que permite extender la vida útil de neumáticos mediante el reemplazo de la banda de rodadura, reutilizando la carcasa original. A nivel internacional, esta alternativa es considerada una de las opciones prioritarias dentro de la jerarquía de gestión de residuos, debido a que evita la generación prematura de NFU y reduce el consumo de materias primas y energía respecto a la fabricación de neumáticos nuevos.

En Chile, el recauchaje se concentra principalmente en neumáticos de buses y camiones, segmentos donde el mayor costo unitario del neumático permite hacer económicamente viable el reacondicionamiento.

Actualmente, la capacidad efectiva estimada de recauchaje alcanza aproximadamente 14.000 toneladas anuales, con un nivel de utilización cercano al 50%. No obstante, el principal desafío identificado no corresponde a capacidad instalada insuficiente, sino a una disminución progresiva en la disponibilidad de carcasas técnicamente aptas para recauchaje.

En particular, se observa una caída sostenida en el índice de recauchabilidad durante los últimos años. Mientras en 2011 se estimaba una relación cercana a 0,4 neumáticos recauchados por neumático nuevo comercializado en segmentos de transporte, hacia 2025 este indicador disminuye a aproximadamente 0,1.



Uno de los principales factores asociados a esta tendencia corresponde al aumento en la penetración de neumáticos de bajo costo y menor estándar técnico, los cuales presentan menores posibilidades de recauchaje debido a menor calidad estructural de carcasa, menor resistencia mecánica y mayor probabilidad de fallas prematuras.

Actualmente, aproximadamente un 65% de las importaciones de neumáticos corresponden a productos de origen chino, fenómeno que distintos actores del mercado asocian a una reducción progresiva en la calidad promedio de las carcassas disponibles para recauchaje. Este proceso genera dos efectos estructurales relevantes: disminuye la proporción de neumáticos técnicamente aptos para recauchaje y reduce la vida útil efectiva del neumático antes de convertirse en residuo. Como consecuencia, una fracción creciente de los neumáticos introducidos al mercado pierde potencial de reutilización tempranamente, aumentando la presión sobre las etapas posteriores de valorización.

Adicionalmente, el análisis muestra que la competitividad económica del recauchaje se ha debilitado frente a la disponibilidad de neumáticos nuevos de bajo costo. En distintos segmentos, especialmente transporte de carga, el diferencial de precio entre un neumático nuevo económico y un neumático premium recauchable reduce los incentivos de largo plazo para optar por soluciones de mayor durabilidad. En este contexto, la decisión de adquirir neumáticos de mejor calidad depende crecientemente de la capacidad de los transportistas para internalizar beneficios de largo plazo asociados a mayor duración, menor frecuencia de recambio, menor generación de residuos y posibilidad futura de recauchaje.



Desde el punto de vista regulatorio, el recauchaje presenta además una particularidad relevante: si bien actualmente es contabilizado dentro de las metas de valorización REP, técnicamente corresponde a una estrategia de prevención y extensión de vida útil más que a una valorización de un residuo ya generado. Por esta razón, distintos actores entrevistados plantean la necesidad de fortalecer mecanismos específicos de incentivo al recauchaje, especialmente en segmentos de buses y camiones, donde se concentra cerca del 40% de la generación nacional de NFU en masa. Entre las alternativas mencionadas destacan mecanismos de ecomodulación, incentivos económicos asociados a durabilidad, metas diferenciadas de reutilización, y criterios de compra orientados a desempeño y vida útil del neumático.

5.3 TRITURACIÓN

La trituración mecánica corresponde actualmente a la principal tecnología de valorización material de NFU en Chile, concentrando la mayor capacidad instalada y la mayor diversidad de aplicaciones para los subproductos obtenidos. El proceso considera etapas de corte, trituración, separación y clasificación granulométrica, permitiendo obtener distintos productos como chips, granulado, polvo de caucho, acero recuperado y fibras textiles. Estos materiales tienen múltiples aplicaciones tales como pisos de seguridad, canchas de fútbol, ingeniería civil y exportación.

Actualmente, la capacidad efectiva de trituración para categoría A alcanza aproximadamente 55.000 toneladas anuales, representando cerca de dos tercios de la capacidad total de valorización material del sistema. Sin embargo, el análisis muestra que la principal restricción para esta tecnología no corresponde a la capacidad de procesamiento, sino a la limitada capacidad de absorción del mercado nacional para los subproductos generados.

En particular, actualmente no existe un mercado interno suficientemente desarrollado para consumir de manera estable los volúmenes de granulado y caucho reciclado que serían necesarios para sostener una expansión significativa de la valorización material. Como consecuencia, gran parte de la viabilidad económica de las plantas depende de la capacidad de comercializar subproductos hacia mercados externos.

Durante 2024 y 2025 se observa un aumento significativo en las exportaciones de caucho reciclado, especialmente hacia India, consolidándose la exportación como una válvula de escape frente a la insuficiente demanda interna.



Toneladas de caucho reciclado exportado por país de destino entre 2023 y 2025

País de destino	2023	2024	2025
India		4.209	10.871
Perú	611	843	742
U.S.A.	38	63	1.281
Brasil		83	541
Colombia		242	152
Bélgica			96
Panamá			25
Canadá			20
Japón	2,7	3,1	0,4
Bolivia		0,7	
TOTAL	651	5.444	13.729

En 2025, las exportaciones superan las 13.000 toneladas anuales, más del doble respecto al año anterior y muy por encima de los niveles observados en 2023. Si bien este crecimiento permite aliviar parcialmente la presión sobre el sistema nacional, también introduce nuevas vulnerabilidades estructurales asociadas a dependencia de demanda externa, volatilidad de precios internacionales, costos logísticos y riesgos geopolíticos.

Adicionalmente, distintos actores entrevistados plantean que la exportación de material con bajo nivel de procesamiento podría generar distorsiones competitivas dentro del mercado nacional, particularmente frente a plantas que han realizado inversiones relevantes en tecnologías de mayor complejidad y costos operacionales más altos. En este contexto, el crecimiento futuro de la trituración mecánica dependerá directamente del desarrollo de nuevos mercados de absorción para el caucho reciclado.

Entre las principales oportunidades identificadas destacan la incorporación de caucho reciclado en mezclas asfálticas, reemplazo parcial de áridos, aplicaciones en ingeniería civil de grandes faenas mineras o rellenos sanitario y potencial incorporación en hormigones y materiales constructivos.

Particularmente, el uso de caucho en mezclas asfálticas aparece como una de las alternativas con mayor potencial de escalamiento. Diversos antecedentes técnicos y pilotos nacionales sugieren que la incorporación de caucho reciclado podría aumentar significativamente la capacidad de absorción del mercado interno, aunque actualmente su implementación aún presenta barreras normativas, técnicas y de estandarización.

Asimismo, se identifican oportunidades de articulación intersectorial entre el Ministerio del Medio Ambiente y el Ministerio de Obras Públicas para promover aplicaciones de infraestructura que permitan incrementar el consumo nacional de materiales reciclados derivados de NFU. En términos estructurales, la trituración mecánica presenta una situación particular: existe capacidad instalada y capacidad ociosa disponible, pero el crecimiento del sistema se encuentra limitado principalmente por la ausencia de una demanda suficientemente robusta para los subproductos generados.

5.4 COPROCESAMIENTO

El coprocesamiento en hornos cementeros representa actualmente la principal oportunidad de expansión de capacidad de valorización de NFU en Chile, debido a su alta capacidad potencial de absorción y a la posibilidad de utilizar el neumático tanto como fuente energética como material incorporado al proceso productivo. En esta tecnología, los NFU son utilizados como combustibles alternativos en hornos de clínker, aprovechando el alto poder calorífico del caucho y el contenido metálico del neumático, particularmente acero, el cual se incorpora al producto final.

A diferencia de otras tecnologías de valorización, el coprocesamiento presenta una menor dependencia de mercados secundarios para subproductos, ya que el aprovechamiento ocurre directamente dentro del proceso industrial cementero. Actualmente, la industria cementera nacional consume aproximadamente 7.000 TJ/año de energía térmica para la producción de clínker. Históricamente, esta demanda ha sido cubierta principalmente mediante combustibles fósiles convencionales, especialmente petcoke. Sin embargo, las hojas de ruta de descarbonización del sector proyectan un aumento progresivo en la sustitución térmica mediante combustibles alternativos durante las próximas décadas.

MATRIZ COMBUSTIBLES	2020	2030	2050
Carbón	1%	0%	0%
Petcoke	84%	66%	10%
Gas Natural	0%	2%	12%
Fósiles Convencionales (%)	85%	68%	22%
Fósiles Alternativos	14%	23%	46%
Biomasa	1%	7%	22%
Coprocesamiento	15%	30%	68%
Hidrógeno	0%	2%	10%

Fuente: Hoja de Ruta Chile, Cemento y Concreto – Net Zero 2050



Actualmente, la tasa de sustitución térmica en Chile se estima en torno al 20%, cifra inferior a la observada en Europa, donde algunos países superan el 50%. No obstante, la industria cementera nacional proyecta avanzar hacia niveles cercanos al 68% al año 2050.

En términos potenciales, este proceso podría representar una oportunidad significativa para aumentar la absorción de NFU dentro del sistema REP. Considerando un poder calorífico aproximado de 30 GJ por tonelada de NFU, un 20% de sustitución térmica equivale teóricamente a 46.000 toneladas anuales de neumáticos. Bajo escenarios de mayor sustitución, el potencial de absorción podría aumentar considerablemente.

No obstante, el análisis realizado muestra que la incorporación de NFU al coprocesamiento enfrenta diversas restricciones técnicas y operacionales. En particular, los requisitos de ingreso dependen fuertemente de la configuración tecnológica de cada horno. En instalaciones sin precalcinador, generalmente se requiere pretratamiento previo mediante trituración y acondicionamiento específico del material. Por el contrario, algunos hornos con precalcinador presentan mayor flexibilidad para incorporar NFU completos o formatos menos procesados.

Adicionalmente, ciertos subproductos derivados de otras tecnologías presentan dificultades relevantes para su utilización en hornos cementeros. Por ejemplo el negro de humo recuperado presenta complejidades asociadas a manipulación y volatilidad, mientras que el aceite pirolítico presenta variabilidad en poder calorífico, composición y emisiones odoríferas. Estas condiciones limitan parcialmente la capacidad de integrar ciertos flujos secundarios provenientes de pirólisis dentro del coprocesamiento.

A pesar de estas restricciones, el coprocesamiento continúa apareciendo como la alternativa con mayor potencial de escalamiento dentro del sistema nacional, particularmente considerando su elevada capacidad de absorción, menor dependencia de mercados secundarios, infraestructura industrial ya existente y compatibilidad con estrategias de descarbonización industrial.

En este contexto, distintos actores identifican que el desarrollo de esta alternativa requerirá avanzar en condiciones habilitantes de permisos, infraestructura de pretratamiento, estabilidad regulatoria, coordinación logística y mecanismos que permitan reducir incertidumbre para inversiones de largo plazo.

5.5 PIRÓLISIS

La pirólisis corresponde a una tecnología de tratamiento térmico que descompone los NFU en ausencia de oxígeno, permitiendo obtener distintos subproductos como aceite pirolítico, negro de humo recuperado (rCB), acero, y gas. A diferencia de la trituración mecánica o el coprocesamiento, la viabilidad económica de la pirólisis depende fuertemente de la capacidad de comercializar estos subproductos bajo condiciones de mercado relativamente estables.

Actualmente, la capacidad efectiva estimada de pirólisis en Chile alcanza aproximadamente 16.000 toneladas anuales para categoría A, con proyecciones de expansión relevantes durante los próximos años. Sin embargo, el análisis realizado muestra que esta tecnología presenta altos niveles de sensibilidad frente a continuidad de abastecimiento, homogeneidad de materia prima, estabilidad operacional y desarrollo de mercados para productos derivados.

En Chile, las plantas existentes presentan niveles de desarrollo tecnológico, escalas de inversión y grados de sofisticación muy heterogéneos, traduciéndose en diferencias importantes en rendimiento, calidad de productos, estabilidad de operación, y capacidad de inserción comercial. Uno de los factores más relevantes corresponde a la calidad y consistencia de la materia prima utilizada. En términos generales, los neumáticos categoría B presentan mejores condiciones para la pirólisis debido a mayor homogeneidad, composición más estable y escalas de operación más constantes. Por esta razón, parte importante de las operaciones existentes tiende a priorizar este tipo de alimentación.

El aceite pirolítico corresponde actualmente a uno de los principales desafíos comerciales de la tecnología. Si bien posee potencial como combustible alternativo en calderas y hornos industriales, presenta variabilidad relevante en composición, poder calorífico, contenido de impurezas y emisiones odoríferas.



Adicionalmente, distintos actores reportan dificultades para su utilización directa en cementeras debido a problemas asociados a olor y manipulación operacional. En muchos casos, el aceite termina comercializándose como aditivo o combustible secundario, limitando su valorización económica. Por su parte, el negro de humo recuperado (rCB) representa uno de los subproductos con mayor potencial de valorización, aunque actualmente enfrenta importantes restricciones de mercado y estandarización. La calidad del rCB obtenido varía significativamente entre plantas según tecnología utilizada, temperatura de operación, tipo de neumático procesado y etapas posteriores de refinamiento.

En este contexto, el material generalmente requiere procesos adicionales de postratamiento para alcanzar estándares industriales que permitan sustituir parcialmente negro de humo virgen en aplicaciones de mayor valor agregado. Sin estos procesos complementarios, la capacidad de absorción del mercado resulta limitada.

Algunos actores identifican además oportunidades de utilización energética del rCB mediante briqueteado o sustitución parcial de carbón industrial, aunque estas alternativas aún presentan niveles incipientes de desarrollo en Chile. En términos estructurales, la pirólisis presenta un alto potencial de crecimiento futuro, particularmente por su capacidad de recuperar productos con valor industrial. Sin embargo, su expansión dependerá de estabilidad de abastecimiento, madurez tecnológica, desarrollo de estándares de calidad, consolidación de mercados secundarios y viabilidad económica sostenida para los subproductos obtenidos.

5.6 RELLENOS SANITARIOS

En el marco regulatorio chileno, el Decreto Supremo N° 189/2008 del Ministerio de Salud establece restricciones al ingreso de neumáticos en rellenos sanitarios, debido a los riesgos asociados a incendios de alta complejidad, acumulación de gases, baja compactabilidad, flotación del material y dificultades operacionales en disposición final. Como consecuencia, los rellenos sanitarios no constituyen actualmente una alternativa formal de valorización para NFU dentro del sistema REP.

No obstante, el levantamiento realizado evidencia que existen aplicaciones técnicas específicas donde NFU procesados son utilizados dentro de operaciones de ingeniería asociadas a rellenos sanitarios. En particular, distintos operadores reportan usos vinculados a estabilización de taludes, sistemas de drenaje, reemplazo parcial de grava, capas de impermeabilización y protección de geomembranas. Estas aplicaciones utilizan principalmente neumáticos trozados o chips de caucho, aprovechando propiedades como alta permeabilidad, bajo peso específico, capacidad de drenaje y comportamiento estructural del material. Adicionalmente, se identificaron configuraciones tipo “sandwich” utilizadas en sistemas de sellado e impermeabilización, donde los NFU cumplen simultáneamente funciones de drenaje y soporte estructural.

De acuerdo con la información recopilada, estos usos han sido autorizados caso a caso por la autoridad sanitaria mediante modificaciones operacionales específicas y aprobaciones técnicas asociadas a obras de ingeniería dentro de los rellenos. Sin embargo, actualmente estas aplicaciones presentan un

alcance limitado y no forman parte de una estrategia estructural de valorización a nivel nacional. En términos regulatorios, esta situación genera una discusión relevante respecto a la frontera entre valorización material y disposición final, particularmente en aquellos casos donde los NFU cumplen funciones técnicas permanentes dentro de obras de ingeniería autorizadas.

Distintos actores entrevistados plantean que ciertas aplicaciones podrían eventualmente reconocerse como formas de valorización material, siempre que exista transformación previa del neumático, se acrediten funciones técnicas específicas y se cuente con validación sanitaria y ambiental correspondiente. En este contexto, el uso de NFU en rellenos sanitarios aparece actualmente como una alternativa complementaria y de alcance acotado, más vinculada a aplicaciones específicas de ingeniería que a una solución estructural para la gestión nacional de estos residuos, sin perjuicio de que estas alternativas deben evitar transformarse en mecanismos sustitutivos de valorización efectiva.



DIAGNÓSTICO ESTRUCTURAL DEL SISTEMA

El análisis integrado de generación proyectada, capacidad de valorización y funcionamiento operacional del sistema permite identificar brechas relevantes para el cumplimiento de las metas establecidas en el Decreto Supremo N° 8/2019 durante el período 2026–2030. En términos generales, los resultados muestran que el sistema nacional presenta capacidades de valorización relevantes y un ecosistema tecnológico relativamente diverso. Sin embargo, la capacidad efectiva de cumplimiento se encuentra limitada por restricciones operacionales, de mercado y trazabilidad que reducen significativamente la absorción real de NFU.

Actualmente, la capacidad técnica efectiva estimada para categoría A alcanza aproximadamente 85.000 toneladas anuales, con potencial de expansión hacia cerca de 105.000 toneladas al año 2028. No obstante, incluso considerando estos aumentos de capacidad, las proyecciones muestran que el sistema enfrentará crecientes dificultades para absorber las metas futuras bajo escenarios de crecimiento tendencial y reducción progresiva de freeriders.

Bajo el escenario construido sobre generación nacional estimada, las metas de valorización podrían alcanzar aproximadamente 148.000 toneladas al año 2030, superando ampliamente la capacidad efectiva proyectada. Por su parte, incluso considerando el escenario basado en línea base REP declarada y disminución progresiva de freeriders, las metas alcanzarían cerca de 126.000 toneladas hacia el final del período analizado.

Estos resultados muestran que el principal desafío del sistema no corresponde únicamente a aumentar la infraestructura de valorización, sino a asegurar condiciones estructurales que permitan utilizar de manera efectiva, estable y económicamente viable las capacidades existentes y futuras. En este contexto, el análisis identifica las siguientes brechas estructurales del sistema.

6.1 BRECHAS REGULATORIAS

El análisis realizado muestra que parte importante de las restricciones observadas en el sistema se relacionan con elementos del diseño regulatorio actualmente establecido en el DS N°8.

En primer lugar, se observa una desalineación entre las metas de valorización y la capacidad efectiva real del sistema. Si bien el decreto establece metas crecientes de recolección y valorización, estas no consideran explícitamente restricciones asociadas a capacidad operacional efectiva, disponibilidad de mercado para subproductos, limitaciones logísticas ni diferencias territoriales de infraestructura. Como consecuencia, el sistema puede enfrentar escenarios donde la exigencia regulatoria crece más rápidamente que la capacidad real de absorción de NFU.

Adicionalmente, el requisito de que al menos un 60% de la valorización de categoría A corresponda a reciclaje material introduce una restricción tecnológica implícita que limita la utilización de alternativas con mayor capacidad potencial de absorción, particularmente el coprocesamiento. El análisis muestra que el coprocesamiento representa actualmente una de las tecnologías con mejores condiciones de escalabilidad dentro del contexto nacional, debido a alta capacidad de absorción, menor dependencia de mercados secundarios, y compatibilidad con procesos industriales existentes. Sin embargo, la estructura actual del decreto restringe parcialmente su utilización para cumplimiento de metas REP.

Por otra parte, el recauchaje presenta una situación regulatoria



particular. Si bien actualmente es contabilizado dentro de las metas de valorización, técnicamente corresponde a una estrategia de extensión de vida útil y prevención de generación de residuos, más que a valorización de un residuo ya generado. Esta situación genera dificultades conceptuales en la medición del desempeño del sistema y limita la diferenciación entre estrategias de prevención y tratamiento de residuos.

Asimismo, el análisis evidencia tensiones entre metas de recolección y valorización. En la práctica, el sistema puede verse obligado a recolectar volúmenes crecientes de NFU aun cuando no existan alternativas suficientes de valorización efectiva para absorberlos, particularmente bajo escenarios de expansión acelerada de metas.

Finalmente, se identifican restricciones regulatorias asociadas al uso de NFU en aplicaciones de ingeniería dentro de rellenos sanitarios. Si bien actualmente existen experiencias autorizadas caso a caso, la normativa vigente mantiene una prohibición general de ingreso de neumáticos a rellenos, limitando el desarrollo de ciertos usos técnicos potenciales para material procesado.



6.2 BRECHAS DE MERCADO

El análisis realizado muestra que la principal limitación estructural actual del sistema no corresponde necesariamente a infraestructura insuficiente, sino a la fragilidad de los mercados asociados a los productos derivados de la valorización.

En trituración mecánica, la viabilidad económica depende fuertemente de la comercialización de granulado, chips, polvo de caucho, acero recuperado y otros subproductos. Sin embargo, actualmente no existe un mercado nacional suficientemente desarrollado para absorber de manera estable los volúmenes requeridos para sostener una expansión significativa del reciclaje material. Como consecuencia, parte importante del sistema depende crecientemente de exportaciones para mantener operatividad económica.

Entre 2023 y 2025 se observa un aumento significativo en exportaciones de caucho reciclado, particularmente hacia India. Si bien esta situación permite aliviar presión sobre el sistema nacional, también introduce vulnerabilidades relevantes asociadas a volatilidad internacional, sensibilidad a precios externos y cambios geopolíticos.

Por otra parte, el análisis evidencia que distintos productos reciclados derivados de NFU enfrentan dificultades competitivas frente a materiales vírgenes o combustibles convencionales, tanto por costos, estándares técnicos, como ausencia de incentivos regulatorios para su incorporación. Esta situación limita el desarrollo de demanda estructural para productos derivados del reciclaje.

En el caso de la pirólisis, las restricciones de mercado resultan particularmente relevantes para aceite pirolítico y negro de humo recuperado (rCB). Actualmente, ambos productos presentan dificultades de estandarización y comercialización, limitando la expansión económica de esta tecnología.

En términos generales, los resultados muestran que el crecimiento futuro del sistema depende directamente del desarrollo de demanda industrial para materiales y subproductos derivados de NFU, transformando el desafío REP en un problema no solo de gestión de residuos, sino también de desarrollo de mercado.

6.3 BRECHAS OPERACIONALES Y TÉCNICAS

El análisis evidencia que una parte significativa de la capacidad instalada actualmente disponible presenta niveles relevantes de subutilización. Actualmente, el sistema opera utilizando aproximadamente un 43% de su capacidad efectiva disponible, manteniendo cerca de 71 mil toneladas anuales de capacidad ociosa a nivel nacional. Sin embargo, esta capacidad ociosa no necesariamente representa disponibilidad inmediata para absorber mayores volúmenes de NFU. Distintos valorizadores reportan que no resulta económicamente viable aumentar procesamiento mientras no exista salida estable para los productos generados.

En este contexto, la capacidad efectiva operacional se encuentra condicionada no solo por infraestructura, sino también por viabilidad económica de operación continua. Adicionalmente, distintas tecnologías presentan restricciones técnicas específicas. En coprocesamiento, el ingreso de NFU depende de tamaño, humedad, composición y nivel de pretratamiento requerido por cada horno cementero. Por esta razón, el sistema requiere infraestructura previa de acondicionamiento y trituración para parte importante de los flujos.

En el caso de la pirólisis, los operadores reportan alta sensibilidad frente a continuidad de abastecimiento, homogeneidad de materia prima y estabilidad operacional. Esto limita parcialmente la robustez de la tecnología frente a fluctuaciones de oferta y composición de NFU. Por otra parte, el recauchaje enfrenta restricciones estructurales asociadas a calidad de carcasa y disminución progresiva de neumáticos técnicamente aptos para reutilización.

En términos generales, el análisis muestra que las restricciones técnicas del sistema no se relacionan únicamente con volumen de infraestructura, sino también con estabilidad de operación, requisitos tecnológicos, calidad del flujo de entrada y condiciones de rentabilidad operacional.



6.4 BRECHAS TERRITORIALES

La infraestructura nacional de valorización presenta una distribución territorial altamente concentrada. La mayor parte de las capacidades se ubica en en las regiones Metropolitana, Valparaíso, Antofagasta y Biobío, mientras que las regiones extremas presentan una disponibilidad significativamente menor de alternativas de tratamiento. Esta situación genera mayores costos logísticos y dificultades de cumplimiento REP en zonas alejadas de los principales polos industriales.

Particularmente desde La Araucanía hacia el sur se observa una reducción significativa de infraestructura de valorización, intensificando en Aysén y Magallanes. En estas regiones, gran parte de los NFU requiere traslado hacia otras zonas del país para acceder a alternativas de valorización, aumentando costos de transporte, complejidad operacional, y dependencia logística.

Adicionalmente, el análisis muestra que las metas regionales actualmente no necesariamente reflejan los patrones reales de generación de NFU. En la práctica, una parte importante de los neumáticos se reemplaza en corredores logísticos, centros de mantenimiento, faenas industriales y polos de transporte, los cuales no siempre coinciden con la región de circulación o inscripción original del vehículo. Esta situación genera distorsiones entre generación efectiva y acreditación territorial de cumplimiento.

6.5 BRECHAS DE TRAZABILIDAD

El análisis realizado evidencia diferencias relevantes entre la generación nacional estimada de NFU y la línea base actualmente declarada dentro del sistema REP. Esta brecha sugiere la existencia de subdeclaración de neumáticos puestos en mercado y presencia de freeriders que actualmente no participan plenamente del sistema.

Como consecuencia, las metas REP podrían estar calculándose sobre bases inferiores a la generación real potencial del país. Adicionalmente, distintos actores identifican debilidades en control aduanero, trazabilidad de importaciones, seguimiento territorial y acreditación efectiva de valorización. En particular, el análisis territorial muestra que actualmente pueden producirse distorsiones entre región de generación, región de recolección, región de pretratamiento y región de valorización final. Esto dificulta evaluar adecuadamente el desempeño territorial del sistema.

Por otra parte, el aumento de exportaciones de material procesado introduce nuevos desafíos de trazabilidad respecto a tratamiento efectivo del material exportado, niveles reales de valorización y condiciones ambientales de destino final. En términos generales, el fortalecimiento de mecanismos de trazabilidad, control y fiscalización aparece como un elemento crítico para asegurar estabilidad, competencia adecuada y cumplimiento efectivo del sistema REP en el largo plazo.



PROPUESTAS DE **MODIFICACIÓN NORMATIVA**

A partir del análisis realizado, se identifican cuatro ámbitos críticos del diseño actual del Decreto Supremo N°8/2019 que condicionan el funcionamiento y la capacidad futura de cumplimiento del sistema nacional de valorización de NFU. Las siguientes propuestas se construyen directamente sobre los principales hallazgos levantados durante el estudio y buscan abordar las restricciones estructurales observadas en términos de capacidad efectiva, desarrollo de mercado, trazabilidad y alineamiento regulatorio.

7.1

FLEXIBILIZACIÓN DE METAS Y MECANISMOS DE CUMPLIMIENTO

El análisis realizado muestra que las metas futuras de valorización podrían superar la capacidad efectiva actualmente disponible del sistema, particularmente bajo escenarios de crecimiento tendencial de generación y disminución progresiva de freeriders. Actualmente, el diseño del decreto calcula las obligaciones sobre la base de los neumáticos puestos en el mercado el año inmediatamente anterior, generando una alta sensibilidad frente a fluctuaciones coyunturales del mercado y variaciones en niveles de declaración REP.

En términos prácticos, esto implica que mejoras futuras en trazabilidad y fiscalización podrían incrementar significativamente las metas exigidas al sistema en períodos relativamente cortos, aun cuando la capacidad efectiva de valorización no crezca al mismo ritmo. Adicionalmente, el análisis evidencia que gran parte de las tecnologías actualmente presentes en Chile requieren estabilidad operacional y horizonte de demanda para sostener inversiones y expansión de capacidad.

En este contexto, se propone evaluar mecanismos que permitan introducir mayor gradualidad y estabilidad en el cumplimiento de metas, particularmente mediante la utilización de promedios móviles multianuales para el cálculo de obligaciones. Esto permitiría reducir volatilidad anual y entregar mejores condiciones para la planificación de inversiones y expansión del sistema.

Asimismo, el estudio evidencia tensiones relevantes entre metas de recolección y valorización. Bajo determinados escenarios, el sistema podría verse obligado a recolectar volúmenes crecientes de NFU aun cuando no existan alternativas suficientes de valorización efectiva para absorberlos. Por esta razón, se recomienda evaluar mecanismos de flexibilidad temporal entre períodos de cumplimiento, permitiendo compensaciones o gradualidad asociada al desarrollo real de capacidad efectiva y mercado.

7.2 REVISIÓN DEL REQUISITO MÍNIMO DE RECICLAJE MATERIAL PARA CATEGORÍA A

Actualmente, el DS N°8 establece que al menos un 60% de la valorización de neumáticos categoría A debe corresponder a reciclaje material. Sin embargo, el análisis realizado muestra que esta condición introduce una restricción tecnológica relevante dentro del sistema, particularmente considerando las características actuales de capacidad instalada y desarrollo de mercado en Chile.

Los resultados evidencian que la trituración mecánica concentra la mayor capacidad instalada de valorización material, pero al mismo tiempo enfrenta importantes limitaciones asociadas a la fragilidad de los mercados para subproductos como granulado, polvo de caucho y chips. Actualmente, gran parte de la capacidad disponible se mantiene subutilizada debido a restricciones de demanda más que a limitaciones técnicas de procesamiento.

En contraste, el coprocesamiento aparece como la alternativa con mayor potencial de absorción y escalabilidad dentro del contexto nacional, debido a su elevada capacidad potencial, menor dependencia de mercados secundarios y compatibilidad con procesos industriales ya existentes. No obstante, el requisito actual de reciclaje material limita parcialmente la utilización de esta alternativa para cumplimiento de metas REP.



En este contexto, se recomienda revisar el requisito mínimo de reciclaje material establecido para categoría A, avanzando hacia un esquema regulatorio más consistente con las condiciones reales de operación y capacidad efectiva del sistema nacional. Esto no implica eliminar criterios asociados a jerarquía de residuos, sino incorporar una lógica más flexible y tecnológicamente neutral que permita compatibilizar valorización efectiva, viabilidad operacional y desarrollo progresivo de mercados secundarios.

7.3 FORTALECIMIENTO DE TRAZABILIDAD Y CONTROL DE FREERIDERS

El análisis realizado evidencia diferencias relevantes entre la generación nacional estimada de NFU y la línea base actualmente declarada dentro del sistema REP, sugiriendo la existencia de subdeclaración de neumáticos puestos en mercado y presencia de freeriders que actualmente no participan plenamente del sistema.

Esta situación genera múltiples efectos sobre el funcionamiento del DS N°8. En primer lugar, implica que las metas futuras podrían estar calculándose sobre una base inferior a la generación real potencial del país. En segundo lugar, genera distorsiones competitivas entre actores que participan formalmente del sistema y aquellos que actualmente no internalizan costos asociados a la gestión REP.

Adicionalmente, el estudio muestra que el fortalecimiento progresivo de mecanismos de fiscalización y trazabilidad podría incrementar significativamente las obligaciones futuras del sistema, aumentando la presión sobre la capacidad nacional de valorización. Por esta razón, la trazabilidad no constituye únicamente un desafío de control regulatorio, sino también un elemento central para la planificación futura de capacidad y cumplimiento.

En este contexto, se recomienda avanzar hacia mayores niveles de integración entre registros aduaneros, declaraciones REP y sistemas de trazabilidad asociados a neumáticos importados, particularmente en vehículos nuevos, maquinaria y equipos complejos. Asimismo, se recomienda fortalecer mecanismos de acreditación y seguimiento de flujos exportados, especialmente considerando el crecimiento observado en exportaciones de material procesado durante los últimos años. El fortalecimiento de trazabilidad aparece como una condición crítica para asegurar estabilidad, transparencia y funcionamiento adecuado del sistema REP en el largo plazo, permitiendo además mejorar la estimación real de generación y las necesidades futuras de valorización del país.

7.4 DESARROLLO DE MERCADO PARA PRODUCTOS DERIVADOS DE NFU

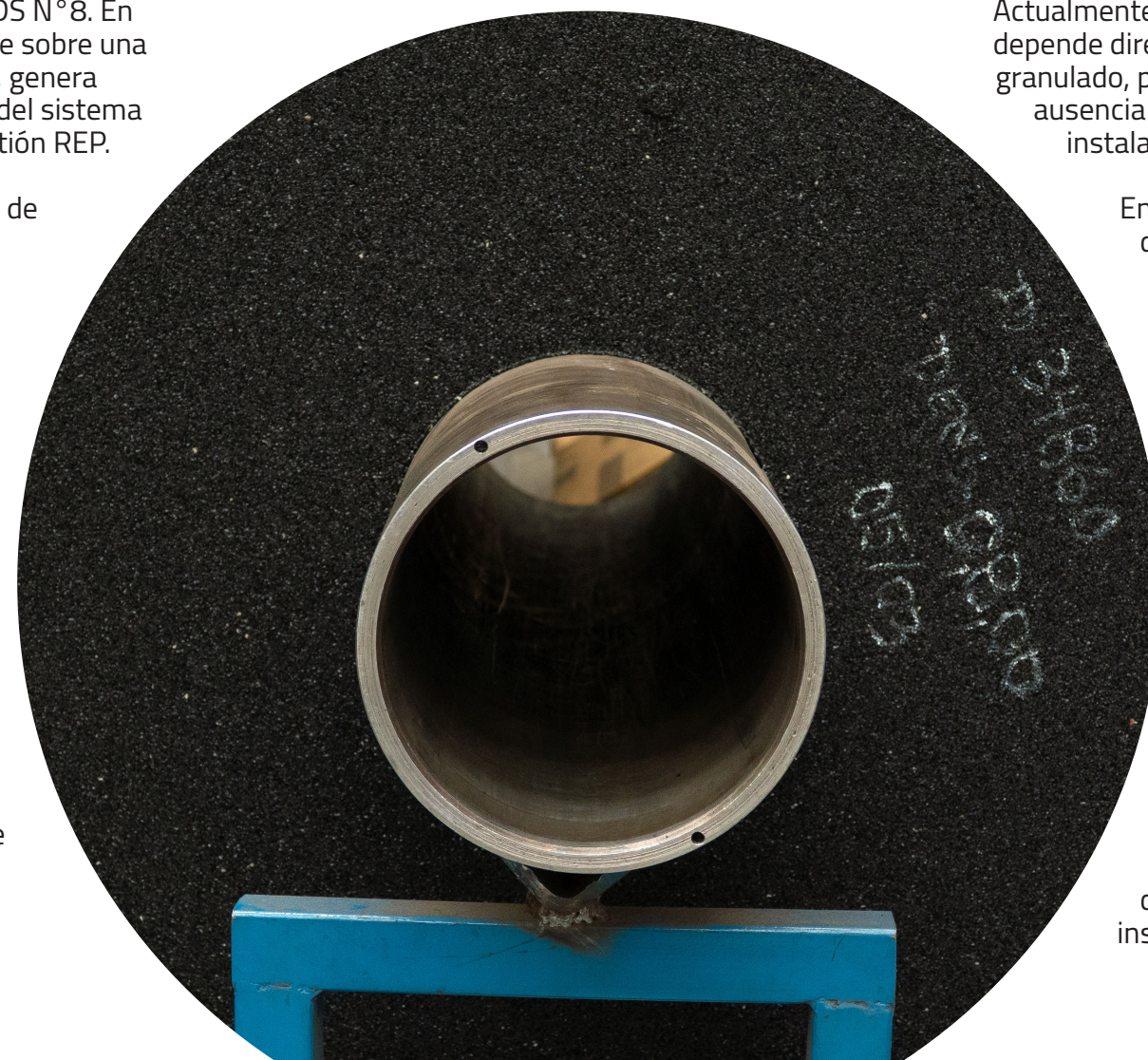
El principal hallazgo estructural del estudio corresponde a que la principal restricción actual del sistema no se relaciona con ausencia de infraestructura, sino con la limitada capacidad del mercado nacional para absorber los productos derivados de la valorización de NFU.

Actualmente, la expansión de tecnologías como trituración mecánica y pirólisis depende directamente de la posibilidad de comercializar materiales como granulados, polvo de caucho, negro de humo recuperado y aceite pirolítico. En ausencia de mercados suficientemente robustos y estables, gran parte de las instalaciones opera bajo niveles relevantes de capacidad ociosa.

En este contexto, el estudio evidencia que el cumplimiento futuro de las metas REP dependerá necesariamente del desarrollo de demanda estructural para materiales reciclados derivados de NFU. Particularmente, el uso de caucho reciclado en mezclas asfálticas aparece como una de las alternativas con mayor potencial de absorción de volumen a nivel nacional, debido a la magnitud de consumo asociada a infraestructura vial.

Sin embargo, actualmente persisten barreras asociadas a estandarización técnica, incorporación normativa y validación de desempeño para este tipo de aplicaciones. Por esta razón, se recomienda avanzar en el desarrollo de especificaciones técnicas, pilotos de infraestructura y mecanismos de articulación interinstitucional que permitan aumentar progresivamente la incorporación de caucho reciclado en obras públicas y proyectos de infraestructura.

Asimismo, se recomienda fortalecer instrumentos asociados a compras públicas, criterios de incorporación de material reciclado y validación técnica de aplicaciones industriales para productos derivados de NFU. El desarrollo de mercado aparece como una condición habilitante crítica para transformar capacidad técnicamente instalada en valorización efectiva disponible para el sistema REP.



8 CONCLUSIONES

El estudio evidencia que Chile ha desarrollado durante los últimos años una capacidad creciente de valorización de NFU, incorporando nuevas tecnologías y actores a lo largo de la cadena de gestión. Sin embargo, el cumplimiento futuro de las metas establecidas en el DS N°8 dependerá menos de la existencia nominal de infraestructura y más de la capacidad del sistema para sostener operacional y económicamente la valorización efectiva de los volúmenes proyectados. En este contexto, los principales desafíos futuros del sistema se relacionan con el fortalecimiento de la trazabilidad, el desarrollo de mercados para productos derivados, la reducción de brechas territoriales y la generación de condiciones regulatorias consistentes con las capacidades reales de absorción existentes en el país.



BIBLIOGRAFÍA

Cámara de la Industria del Neumático de Chile A.G. (2020). Parque automotor y neumáticos. <https://cinc.cl/wp-content/uploads/2020/07/200727-Parque-automotor-y-neumaticos.pdf>

López Muñoz, R. A. (2024). Economía circular en neumáticos OTR (Tesis de magíster). Universidad de Chile.

Ministerio del Medio Ambiente. (2016). Ley N° 20.920: Establece marco para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1090894>

Ministerio del Medio Ambiente. (2021). Decreto Supremo N° 8: Establece metas de recolección y valorización y otras obligaciones asociadas de neumáticos. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1156893>

Secretariat of the Basel Convention. (2023). Technical guidelines on the environmentally sound management of waste tyres. United Nations Environment Programme (UNEP).

ANEXO 1

Neumáticos de reemplazo

Se analizaron las partidas arancelarias del capítulo 40.11 contrastando con información entregada por la CINC, dando como resultado la siguiente tabla.

Clasificación	Unidades	Kg. promedio	Toneladas	Factor de desgaste	Generación NFU	Participación por categoría (ton)	Participación por categoría (u)
Buses y camiones	1.451.820	56,3	81.737	84%	68.659	41,6%	22,1%
Auto y camioneta	4.678.982	11,8	55.160	84%	46.335	28,1%	71,3%
Categoría B	13.586	4.000	54.344	75%	40.758	24,7%	0,2%
Industrial	203.369	51,6	10.494	84%	8.815	5,3%	3,1%
Pequeños	213.696	3,4	724	84%	608	0,4%	3,3%
Total 2025	6.561.453		202.460		165.175	100%	100%

Neumáticos equipos nuevos

Se analizaron las partidas arancelarias del capítulo 87, integrando los resultados estadísticos reportados por ANAC sobre la venta de vehículos nuevos en 2025, dando como resultado la siguiente tabla.

Clasificación	Unidades	Kg. promedio	Toneladas	Factor de desgaste	Generación NFU
Buses y camiones	183.396	56,3	10.325	84%	8.673
Auto y camioneta	1.552.990	11,8	18.308	84%	15.379
Categoría B	376	4.000	1.504	75%	1.128
Pequeños	28.594	3,4	97	84%	81
Total 2025	1.736.762		30.137		25.261

ANEXO 2

	Reutilización (recauchaje) 	Reciclaje mecánico (trituración) 	Valoriz. energética (coprocesamiento) 	Tratamiento térmico (pirólisis) 
Características técnicas	- Requiere neumáticos con carcassas en buen estado estructural - Involucra inspección, raspado, aplicación de nueva banda y vulcanización - Aplicable a neumáticos de buses y camiones	- Separación mecánica de componentes - Procesos de corte, trituración y granulación - Clasificación por granulometría	- Uso de neumáticos enteros o triturados - Combustión a altas temperaturas (hasta ~2.000 °C) - Integración en el proceso productivo del cemento	- Sistemas de condensación y separación de productos en reactores - Operación en condiciones controladas sin presencia de oxígeno
Productos	Neumáticos recauchados aptos para su reutilización	- Polvo, granulado, chip de caucho - Acero recuperado - Fibras textiles	- Energía térmica - Incorporación de hierro al clínker	- Negro de carbono recuperado (rCB) - Aceite pirolítico - Acero recuperado - Gas
Aplicaciones		- Mezclas asfálticas - Superficies (canchas, pisos de seguridad) - Ingeniería civil	- Sustitución térmica de energía	
Ventajas	- Extiende la vida útil del neumático - Reduce la generación de residuos en origen - Menor consumo de energía y materiales en comparación con la fabricación de neumáticos nuevos	- Tecnología madura y ampliamente disponible - Permite generar materias primas reutilizables - Flexibilidad en aplicaciones finales	- Alta capacidad de absorción de volumen - Sustitución de combustibles fósiles tradicionales (petcoke)	- Permite recuperar componentes del neumático que podrían volver a utilizarse en la fabricación de neumáticos nuevos - Potencial para integración en cadenas industriales - Alternativa a la fragmentación en microplásticos
Limitaciones	- Dependencia de la calidad del neumático original - No aplicable a todos los tipos de neumáticos - Sensible a condiciones de mercado (precio de neumáticos nuevos)	- Generación de microplásticos que puede propagarse al entorno a través del agua de lluvia, ropa y calzado durante su uso o transporte - Dependencia de mercados para el granulado - Requiere gestión de la calidad del material de entrada	- Requisitos específicos de tamaño y pretratamiento - Dependencia de la operación de hornos cementeros - Posibles restricciones técnicas asociadas a la composición del neumático	- Alta dependencia de mercados para los subproductos - Variabilidad en la calidad de los productos obtenidos - Requiere inversiones tecnológicas significativas - Sensibilidad a economías de escala

ANEXO 3

Reciclaje de Neumáticos en la Siderurgia (Caso Brasil)

La implementación industrial del reciclaje de neumáticos en el sector del acero se centra en la planta de Gerdau Aços Longos, situada en Araçariguama, São Paulo. El proceso utiliza un Horno Eléctrico a Arco (EAF) trifásico con una capacidad nominal de 108 toneladas para la producción de acero de grado AISI 1020D. La infraestructura cuenta con un sistema de alimentación de tres inyectoras neumáticas, diseñado para suministrar el material de forma precisa durante la etapa crítica de refino.

Para asegurar la continuidad operativa, el caucho de neumático debe someterse a un procesamiento riguroso que garantice una pureza absoluta, estando libre de metales, tejidos y fibras que podrían obstruir los inyectores. La especificación técnica exige una granulometría clasificada por tamices entre 3 y 8 mm. En cada colada o "heat", se inyectan exactamente 600 kg de material carburante de caucho, operando en un rango de temperatura de 1550 °C basado en experimentos cinéticos previos.

La viabilidad de este método se fundamenta en una validación estadística robusta tras realizar 120 pruebas industriales. Aunque el caucho posee un contenido de azufre del 2% (frente al 0,28% del coque), el análisis estadístico ANOVA arrojó un P-valor de 0,994. Este resultado demuestra que no existe una diferencia significativa en el azufre presente en el acero final al sustituir el coque por caucho, garantizando la calidad metalúrgica del producto.

Finalmente, el proceso ha demostrado una alta estabilidad operativa y cumplimiento ambiental en la planta brasileña. Los estudios confirmaron que el azufre no se queda en la escoria debido a su nivel de oxidación, sino que se evacúa de forma segura como SO₂ en los gases de salida, operando siempre dentro de la normativa legal. Estos resultados posicionan a la inyección de neumáticos como una alternativa sostenible y eficiente para la industria siderúrgica mundial.

Valorización Energética en Papeleras (Caso Japón)

Japón se ha consolidado como un referente global en el reciclaje térmico de neumáticos, alcanzando una tasa de utilización efectiva del 99,6% en 2024. El sector papelero es el principal motor de esta estrategia, consumiendo 413.000 toneladas de neumáticos fuera de uso (NFU) para la generación de energía. A pesar de una ligera disminución en la oferta interna debido a la caída en el desguace de vehículos, el país compensa la demanda mediante la importación sistemática de chips de caucho a bajo costo.

El combustible utilizado, conocido como Tire Derived Fuel (TDF), ofrece un rendimiento energético superior a los combustibles fósiles convencionales. Con un poder calorífico de 32,6 MJ/kg, el caucho supera al carbón térmico habitual, que oscila entre 18,6 y 27,9 MJ/kg. Además, su baja humedad y alta relación de carbono volátil permiten una combustión más rápida y eficiente en las calderas industriales, reduciendo la energía necesaria para la evaporación del agua.

Empresas líderes como Oji Paper, específicamente en su planta de Tomakomai, utilizan tecnología de calderas de Lecho Fluido Circulante (CFB) de alta eficiencia. En estas instalaciones, los neumáticos se procesan en chips uniformes de 5x5 cm para facilitar su dosificación mecánica. Un paso fundamental en este proceso es la remoción magnética del alambre de acero, lo que previene incrustaciones en las parrillas y asegura un manejo fluido de las cenizas resultantes.

La operación en Japón se rige por estrictos controles técnicos de emisiones para garantizar la seguridad ambiental. Para evitar la resíntesis de dioxinas, los gases de escape se enfrían rápidamente por debajo de los 200 °C, mientras que precipitadores electrostáticos capturan las partículas de zinc. Esta estrategia busca eliminar totalmente el uso de carbón, incrementando el uso de combustibles derivados de residuos hasta las 600.000 toneladas anuales en sus operaciones consolidadas.

ESTUDIO DE CAPACIDAD INSTALADA Y PROYECCIÓN DE VALORIZACIÓN DE NFU

Mandante: Corporación Sistema de Gestión de Neumáticos Fuera de Uso Valora Más



Consultor: Asesorías y Servicios Kyklos SpA

