

Neumáticos fuera de uso en la provincia de Buenos Aires. Hacia una economía circular





AUTORIDADES

Gobernador de la Provincia de Buenos Aires

Axel Kicillof

Jefe de Gabinete

Martín Insaurralde

Ministra de Ambiente

Daniela Vilar

Subsecretaría de Residuos Sólidos Urbanos

y Economía Circular

Jacqueline Flores

MINISTERIO DE AMBIENTE



GOBIERNO DE LA
PROVINCIA DE
**BUENOS
AIRES**

1ra. Edición. La Plata. Ministerio de Ambiente de la Provincia de Buenos Aires, 2022.

Aportes

Contenidos

Coordinador de proyectos / responsable del informe: Osvaldo Alonso

Director de proyecto: Francisco Suárez

Equipo a cargo de la investigación: Matías Tarando, Federico Wahlberg, Teresa Heras, Pamela Natan, Daniela López de Munain, Darío Martín, Juan Ignacio Moreno, Erika Márquez, Alexander Portugheis, Tomás Marriscurrena, Tomás Braessas, Susana Lusich, Cecilia Minafó.

Universidad Nacional de General Sarmiento-MINCYT Proyecto PICT 2016-2021

Facultad de Ingeniería de la UBA

Diseño

Directora de Imagen y Diseño: Antonela Toretta

Diseño y arte de tapa: Manuela Gascón

Diseño de interior: Agustina Magallanes

Correcciones: Fernando Barrena

Neumáticos fuera de uso en la provincia de Buenos Aires. Hacia una economía circular, es una producción del Área de Publicaciones y Producción de Contenidos del Ministerio de Ambiente de la Provincia de Buenos Aires. Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons.

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual 4.0 Internacional.



Ministerio de Ambiente de la provincia de Buenos Aires

Calle 12 y 53 Torre II Piso 14

Buenos Aires, La Plata C.P. 1900

Tel.: (0221) 4295548

<https://www.ambiente.gba.gob.ar/>

Neumáticos fuera de uso en la provincia de Buenos Aires. Hacia una economía circular

MINISTERIO DE
AMBIENTE



GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE
BUENOS AIRES

El presente informe de investigación tiene como objetivo analizar el descarte de Neumáticos en la Provincia de Buenos Aires. Se estiman las cantidades de Neumáticos Fuera de Uso (NFU), sus impactos ambientales, sus posibilidades de aprovechamiento, los circuitos formales e informales de recuperación y reciclado, y los marcos normativos. Asimismo, se examinan elementos de referencia del ámbito internacional, las características del mercado local, los obstáculos para el desarrollo de una gestión apropiada y se presentan lineamientos para iniciativas en ese campo.

La metodología utilizada responde a una articulación/triangulación de diversas herramientas de investigación cuantitativa y cualitativa: estimación del mercado de consumo de neumáticos, análisis de ciclo de vida del producto, análisis de flujo de materiales, encuestas a referentes ambientales municipales, construcción de mapa de actores sociales, entrevistas en profundidad a informantes clave, observaciones de campo. Este abordaje pretende estimar los flujos de materiales que se descartan, las prácticas y percepciones de los actores sociales intervinientes, con el propósito de reconocer las posibilidades sociotécnicas de redireccionar la gestión de los NFU hacia una economía circular.

En la **primera sección** se describen algunos aspectos generales para caracterizar el mercado mundial de neumáticos, así como las etapas del CVP y los desperdicios asociados a cada una de ellas (producción-consumo-posconsumo), incluyendo el impacto ambiental (expresado en la huella de carbono

medida en masa de CO2 equivalente) de un neumático en las tres etapas: producción, utilización y destrucción o reciclado.

Se describen las estrategias para reducir los residuos a lo largo del ciclo de vida, así como los procesos más comúnmente utilizados. Se reseña también el estado del arte en cuanto a las tecnologías de aprovechamiento, uso, reutilización y reciclado en el sector, examinando una serie de innovaciones en curso sobre reciclado y aprovechamiento de NFU.

En la **segunda sección** se describe la situación del sector en el país, se dimensiona el mercado nacional y se describe el estado y evolución del comercio externo de neumáticos. También se comenta en forma resumida la estructura legal, normativa y regulatoria local, sobre todo en el tema de recuperación, reciclado y disposición final de NFU.

En la **tercera sección** se presenta un cálculo estimativo de la generación actual de NFU, en el país y en la PBA, así como de las distintas opciones de aprovechamiento y reciclado actual y potencial. Se muestra un mapa de actores relacionados con todo el ciclo de vida, detallando los flujos detectados en la gestión posconsumo.

Por último, se describen los obstáculos actuales para un desarrollo de una adecuada gestión de NFU y algunos lineamientos a considerar para su superación.

Ha concurrido a la elaboración de este informe un equipo de técnicos e investigadores de la Universidad Nacional de General Sarmiento (UNGS) y del Ministerio de Ambiente PBA.

Glosario

ARAN: Asociación de Reconstructores Argentinos de Neumáticos

ARBA: Agencia de Recaudación de la Provincia de Buenos Aires

CAT: Centro de Acopio Transitorio

BCA: basural a cielo abierto

CHAS: Certificado de Homologación de Autopartes y/o Elementos de Seguridad

CIC: Comisión de Investigaciones Científicas de la PBA

COMTRADE: Commodity Trading Data

CVP: ciclo de vida de producto

DNRPA: Dirección Nacional del Registro de la Propiedad del Automotor

FADEEAC: Federación Argentina de Entidades Empresarias del Autotransporte de Cargas

FAN: Federación Argentina del Neumático

GCR: grano de caucho reciclado

GEI: Gases de Efecto Invernadero

INTI: Instituto Nacional de Tecnología Industrial

IRAM: Instituto Argentino de Normalización y Certificación

NFPU: neumáticos al final de su primer uso

NFU: neumático fuera de uso

OPDS: Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible actual Ministerio de Ambiente PBA

PBA: provincia de Buenos Aires

REP: Responsabilidad Extendida del Productor

UCON: Unión Comerciantes en Neumáticos

ÍNDICE

Sección I : Mercado mundial y estado del arte.....	13
1. Introducción	13
2. El mercado mundial de neumáticos	13
3. Ciclo de vida y corrientes de residuos	16
3.1. Introducción.....	16
3.2. Desperdicio material y huella de carbono	17
3.3. Emisiones de gases de efecto invernadero	18
4. Las estrategias para la reducción de residuos y de la emisión de GEI	22
4.1. Los esfuerzos de prevención en la fabricación.....	23
4.2. Las opciones de recuperación/aprovechamiento/ disposición en la etapa de posconsumo	25
4.3. Tecnologías más usadas y aspectos innovadores	31
4.4. Algunos procesos novedosos	44
4.5. Las opciones de modelos de gestión de NFU	52
 Sección II: Situación del sector en el país	 55
1.La estructura del mercado de neumáticos en la argentina	55
1.1. Estimación de la dimensión del mercado local de neumáticos	57
1.2. La provincia de buenos aires	60
2. El comercio exterior	61
3. Estructura normativa	63

3.1. Normativas nacionales	63
3.2. Normativa municipal sobre NFU	65
3.3. Certificación voluntaria de neumáticos reconstruidos	67
Sección III: La situación del posconsumo en la argentina	71
1. Cálculo de la generación de NFU	71
1.1. Total nacional	71
1.2. La provincia de Buenos Aires	73
1.3. La situación de los municipios en la PBA	74
2. Situación actual y potencial de la recuperación y el aprovechamiento de NFU	80
2.1. Reconstrucción de neumáticos	80
2.2. Reciclado	90
2.3. Valorización híbrida: coprocesamiento de nfu en la producción de cemento	102
2.4. Circuitos informales de reventa de neumáticos usados: el caso de los casqueros	106
2.5. Disposición final	113
3. Resumen diagnóstico de la situación actual	114
3.1. Los actores, sus roles y relaciones	114
3.2. Estimación de la capacidad instalada y aprovechamiento de los NFU en la PBA	116

3.3. Problemas y obstáculos para usar la capacidad instalada	119
3.4. Algunos lineamientos de un modelo de gestión requerido	122
4. Conclusiones	127
4. Anexos	133
Anexo 1: detalle de los procesos de aprovechamiento de NFU	133
Anexo 2: talleres de reconstrucción de neumáticos	158
Anexo 3: plantas fabricantes de cemento en la argentina	159
5. Bibliografía	160

SECCIÓN I:

Mercado mundial y estado del arte

1. Introducción

En esta sección se resumen aspectos relevantes del mercado mundial de neumáticos relativos al tema del documento: principales competidores, exportadores y generadores de NFU.

También se introduce al tema del ciclo de vida del neumático y la corriente de residuos generada durante el mismo, las distintas opciones de minimización de desperdicios, recuperación, reciclado y disposición final.

Por último, se revisan las tecnologías más usadas en esos procesos y se reseñan algunas innovaciones que dan una idea del estado del arte, independientemente del nivel de aplicación actual de las mismas.

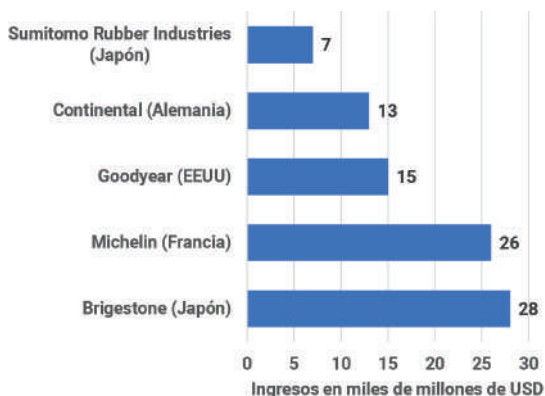
2. El mercado mundial de neumáticos

En primer lugar, parece conveniente tener una rápida visión del mercado mundial de neumáticos. Las exportaciones mundiales totales en 2019 alcanzaron USD 79.743 millones (COMTRADE, 2021).

El Gráfico 1 resume los principales actores del mercado mundial. Los principales fabricantes, responsables por casi USD 90 mil millones de ventas en 2018, son Bridgestone (Japón), Michelin (Francia), Goodyear (EUA), Continental (Alemania) y Sumitomo Rubber Industries (Japón). Por otra parte, en la Tabla 1 puede verse que seis países responden

por el 50 % de las mismas y los diez primeros exportadores, por el 64 % del total de exportaciones. El primer exportador mundial es China, con casi el 20 % del total.

Gráfico 1
 Ranking de los mayores fabricantes de neumáticos a nivel mundial según el volumen de ventas en 2018 (en miles de millones de USD)



País	%
China	19%
Alemania	7%
Tailandia	7%
Japón	6%
EUA	6%
Corea	4%
Francia	3%
España	3%
P. Bajos	3%
Polonia	3%
R. Checa	3%

Tabla 1
 Ranking de los mayores exportadores de neumáticos a nivel mundial según el volumen de exportaciones en 2019 (en %)

FUENTES: Statista (2021) / COMTRADE (2021)

Tabla 2
Generación de NFU y destino de estos en el mundo
(En millones de NFU)

Para USA, Europa y Japón, excluye NFU destinados a la exportación o recauchutado

	MILLONES DE NFU GENERADOS POR AÑO (EXCLUYENDO EXPORTADOS O RECAUCHUTADOS)	DE ESOS NEUMÁTICOS QUE NO VAN A EXPORTACIÓN O RECONSTRUCCIÓN, A QUE SON DESTINADOS			SIN DATOS ESPECIFICOS SOBRE REUTILIZACIÓN, ELIMINACIÓN Y RECUPERACIÓN	AÑO
		RECUPERACIÓN ENERGÍA	USO INS. CIVIL O RECUPERACIÓN DE MATERIAL	VERTEDERO, ALMACENADO, DESECHADO, RESIDUOS U OTRAS		
EUA (1)	292	53	33	14	N/A	2005
EUROPA (2)	250	41	43	16	N/A	2006
CHINA (3)	112	N/A	N/A	N/A	100	
JAPÓN (4)	80	70	15	15	N/A	2006
MÉXICO (5)	30	0	90	10	N/A	2004
BRASIL (6)	27	69	13	18	N/A	
COREA DEL SUR (7)	23	77	16	7	N/A	2003
CANADÁ (8)	22	20	75	5	N/A	2003
AUSTRALIA (9)	20	22	8	70	N/A	2006
MALASIA (10)	14	N/A	N/A	N/A	100	
SUDÁFRICA (11)	12	N/A	N/A	N/A	100	2003
IRÁN (12)	10	N/A	N/A	N/A	100	2006
ISRAEL (13)	7	N/A	N/A	N/A	100	2003
N. ZELANDA (14)	4	0	15	85	N/A	

(1) Estimaciones basadas en datos de la Asociación de Fabricantes de Caucho (RMA)

(2) Estimaciones basadas en datos de FALTA

(3) Artículos de diarios diversos incluyendo Recycling Today y el Hong Kong Trade Development Council (HKTDC)

(4) Estimaciones basadas en datos de Asociación de fabricantes de neumáticos de automóviles de Japón (ATMA)

(5) “México paga a la industria cementicia por incinerar neumáticos de descarte” www.ecoamericas.comm/en/story/.aspw?id=569

(6) Asociación Nacional de la Industria de Neumáticos (ANIP), Instituto Brasileiro de Geografía y Estadística (IBGE)

(7) Asociación Coreana de Fabricantes de Neumáticos (KOTMA)

(8) Pehlken A. y E. Essadiqi, Reciclaje de NFU en Canadá, 2005

(9) URS, Fallas de mercado y fin de vida de neumáticos, reporte del Departamento de ambiente y patrimonio, septiembre 2006 (ver también: www.environment.gov.au/settlements/waste/tyres/index.html)

(10) ¿Qué hacer con los neumáticos viejos? Lim J.

(11) Arreglar un ambiente cansado”, Die Burger, 6 April 2003

(12) Diario online de Irán (www.irandaily.com/1385/2586/html/focus.htm)

(13) Ministerio de Ambiente de Israel “Neumáticos fuera de uso: estudio de caso” Boletín Ambiental septiembre de 2003, Issue 2 (ver también www.svfa.gov.il)

(14) Estimaciones tomadas de “Estudio de caso de administración de productos de NFU” por el Ministerio de Ambiente (NZ) 2006

3. Ciclo de vida y corrientes de residuos

3.1. Introducción

Cuando se analiza el ciclo de vida del neumático desde el punto de vista de la corriente de residuos generada es conveniente hacerlo desde la etapa de materias primas (su extracción, transformación y posterior envío), pasando por el diseño y la fabricación del neumático, su uso, reconstrucción o reutilización y reciclado y/o disposición final, tal como se muestra en la Figura 1.

Figura 1
Etapas del ciclo de vida de un neumático



La etapa de materias primas implica la utilización de una cantidad de materiales, cuya composición se muestra en la Tabla 3, así como las proporciones de cada uno, diferenciando entre vehículos livianos y pesados. Interesa ver esta composición, en tanto los principales materiales podrán ser valorizados al fin del ciclo de vida con diferentes fines.

Tabla 3
Materiales que componen un neumático En %

MATERIAL	VEHÍCULO LIVIANO	VEHÍCULO DE CARGA
Caucho/elastómeros	47 %	45 %
Negro de humo	21,5 %	22 %
Metal	16,5 %	25 %
Textiles	5,5 %	0 %
Óxido de zinc	1 %	2 %
Azufre	1 %	2 %
Aditivos	7,50 %	4 %

FUENTE: Cámara de la Industria del Neumático de Chile (CINC, 2018, p. 8)

El caucho natural se obtiene de la savia del árbol *Hevea brasiliensis*, mientras que los cauchos sintéticos derivan de productos petroquímicos. El acero es de grado prémium y solo se fabrica en unas pocas plantas en el mundo por su alta calidad. En cuanto a los materiales textiles de refuerzo, se derivan principalmente de productos petroquímicos. El negro de humo también; obtenido de gases naturales o hidrocarburos pesados permite lograr mezclas más resistentes a la abrasión, otorgando el color negro al neumático.

El ciclo de vida se completa con la etapa de fabricación del neumático, distribución, venta, uso y las distintas opciones de aprovechamiento o disposición final.

3.2. Desperdicio material y huella de carbono

Asociado a las distintas etapas del ciclo de vida existe una corriente de desperdicio de materiales y una cantidad de emisiones de GEI.

Los desperdicios de materiales están asociados principalmente al aprovisionamiento de materias primas (MP) defectuosas o al proceso de producción, ya sea de neumáticos nuevos como reconstruidos (materias primas, descartes, productos en proceso o terminados). También al desperdicio generado por los procesos de transformación de los NFU en las tareas de triturado, granulado y cribado o de fabricación de nuevos productos a partir de ellos.

En cuanto a las emisiones, están relacionadas con la producción de GEI a lo largo de todo el ciclo de vida, incluyendo no solo la producción de materias primas y

productos, sino también el transporte de materiales y bienes entre una etapa y la otra, y durante el uso del neumático, tal como se muestra en la Figura 2.

Figura 2
Desperdicios materiales y emisiones de GEI por etapa del ciclo de vida del neumático

<i>DESPERDICIO MATERIALES</i>	<i>ETAPA</i>	<i>EMISIONES</i>
Rechazo MP defectuosas	Extracción/producción/ importación materia prima	GEI en extracción, fabricación/envío de MP
Desperdicio MP Desperdicio Material en proceso Rechazos Producto Final	Fabricación del neumáticos	GEI en extracción, fabricación/envío de MP
	Uso del neumático	GEI en uso
	Neumático al fin de su vida	GEI en envío
Rechazo NFM no aptos Desperdicio Material en Proceso Rechazos Producto Final	Reconstrucción	GEI en reconstrucción y envío de neumáticos
Scrap materiales No recuperables	Recuperación materiales	GEI en envío y fabricación
	COPROCESAMIENTO (Energía + Materiales)	GEI en envío y proceso
	Recuperación energía	GEI en envío y proceso
NFM desechados	Disposición final	

FUENTE: Elaboración propia

3.3. Emisiones de gases de efecto invernadero

La medición de la huella de carbono en el ámbito internacional supone el análisis del ciclo de vida como método usado para el cálculo cuantitativo, identificando y evaluando el impacto sobre el ambiente desde la procura de materias

primas e insumos para el producto o servicio hasta el descarte y reciclado.

Los GEI emitidos en todo el CVP se convierten a CO₂ equivalente para el cálculo, siguiendo normativas internacionales reconocidas, como ISO 14064, PAS 2050 o GHG Protocol, entre otras. Una vez dimensionado el tamaño y la huella, es posible implementar una estrategia de reducción y/o compensación de emisiones, a través de diferentes programas públicos y/o privados.

Aquí se referirá un cálculo de la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero a lo largo del ciclo de vida de los neumáticos realizada por The Japan Automobile Tyre Manufacturers Association, Inc. (JATMA, 2012).

El cálculo que se reseñará está dirigido al caso de Japón, con especificaciones de distancias y ciertos parámetros de ese entorno, que habría que ajustar para aplicar a cada realidad local. De todos modos, permite formar una idea de la magnitud relativa del peso de la huella de carbono a lo largo del ciclo de vida del neumático.

En primer lugar, se toman siete tipos de gases de efecto invernadero, listados en la Tabla 4, y se expresan todos en término de kg de dióxido de carbono (CO₂) equivalente.

Tabla 4
Gases de efecto invernadero seleccionados para el cálculo

<i>SÍMBOLO</i>	<i>NOMBRE</i>
CO ₂	Dióxido de carbono
CH ₄	Metano
N ₂ O	Óxido nitroso
HFC _s	Hidrofluorocarbonos
PFC _s	Perfluorocarbonos
SF ₆	Hexafluoruro de azufre
NF ₃	Trifluoruro de nitrógeno

En segundo lugar, la medición se hizo para las distintas etapas del ciclo de vida: fabricación y envío de materias primas (caucho natural y sintético, negro de carbono, petróleo procesado, agentes inorgánicos, fibra, cordón de acero), manufactura, distribución, uso del neumático, etapa de fin de vida y reciclado, tal como se muestra en la Tabla 5. Se tomó el caso de un neumático de automóvil y uno de colectivo/camión, ambos del segmento que asegura mayor eficiencia en consumo de combustible.

En el caso de la etapa de fin de vida y reciclado, se imputaron tanto las emisiones por las actividades realizadas como el ahorro de las mismas por cada actividad de reciclaje/recuperación.

Siguiendo las características del caso de estudio, se consideraron 4 actividades en el posconsumo: valorización térmica, reconstrucción, reutilización como materia prima e incineración. En el caso de los neumáticos de automóviles, se destina un 75 % a valorización térmica y otro 25 % se incinera.

En el caso de los de camiones y buses, un 41 % va a valorización térmica, un 16 % a reconstrucción, un 18 % a reuso como materia prima y un 25 % se incinera (JATMA, 2012, p. 4). Con esas premisas para el cálculo, se reflejan los resultados en la Tabla 5.

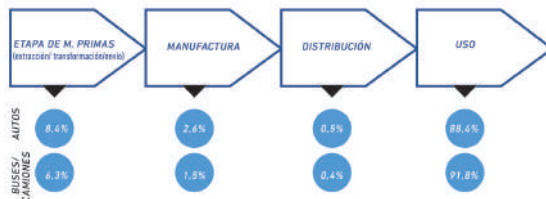
Tabla 5
Cantidad de emisiones de GEI por etapa del ciclo de vida del neumático en kg de CO2 equivalente por neumático

<i>Etapa</i>	<i>Tipo de neumático</i>	<i>Automóviles</i> 195/65R15	<i>Buses/Camiones</i> 275/80R22.5
Etapa de materias primas		23,9	139,7
Etapa de manufactura		7,0	35,2
Etapa de distribución		1,5	10,1
Etapa de uso		210,8	1.734
Total hasta fin del uso		243,2	1.919
Etapa fin de vida y reciclado (emisiones netas)		0,7	-30,8
Cantidad Emisiones GEI en el Ciclo de Vida		243,9	1.888,2

FUENTE: JATMA (2012, p. 31)

Un aspecto central que surge de la medición es que la etapa de uso del neumático concentra el mayor porcentaje de emisiones de GEI de todo el ciclo de vida: el 88,4 % en el caso de automóviles y el 91,8 % en el caso de neumáticos de buses o camiones (JATMA, 2012, p. 32) (Figura 3).

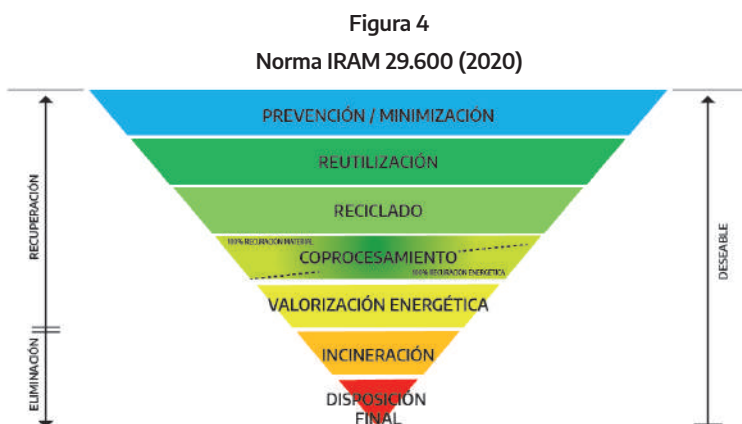
Figura 3 Porcentaje de emisiones de GEI por etapa del ciclo de vida del neumático hasta la etapa de uso



FUENTE: JATMA (2012)

4. Las estrategias para la reducción de residuos y de emisiones de GEI

Más abajo, en la Figura 4, se muestra la pirámide invertida de jerarquización tecnológica (IRAM, 2020). En ella se establece un ordenamiento en la gestión de los residuos de NFU que parte de la prevención de su generación, pasa por la reutilización de los neumáticos a través de un proceso de reconstrucción y luego da lugar al reciclaje, la valorización híbrida en el coprocesamiento en hornos de cemento (recuperación de material y energía), la valorización/recuperación energética, la incineración, el enterramiento en relleno sanitario y la disposición en basural a cielo abierto.



FUENTE: IRAM (2020)

Se entiende que las opciones son menos deseables a medida que se desciende hacia el vértice de la pirámide y

que el objetivo de la política pública debería ser priorizar los segmentos superiores.

4.1. Los esfuerzos de prevención en la fabricación

Considerando que el impacto ambiental de un neumático se debe en mayor medida al consumo de energía y a las emisiones de dióxido de carbono asociadas al rozamiento de la goma con el asfalto, una etapa clave es el diseño y la fabricación de neumáticos. En esta fase los esfuerzos están dirigidos a innovaciones que reduzcan la resistencia al rodamiento¹ y, con ella, el consumo de combustible y las emisiones.

Sin embargo, la resistencia al rodamiento no puede reducirse sin atender, al mismo tiempo, otros aspectos básicos como la seguridad (distancia de frenado, adherencia en seco y mojado) y la durabilidad, estableciéndose un delicado *trade off* entre los objetivos a lograr.

Adicionalmente, la resistencia se incrementa si no se circula a la presión recomendada por los fabricantes. Ahora bien, si esta es la correcta se puede reducir el consumo de combustible hasta un 3,3 %, además de alargar su vida útil, tal como lo señala la sociedad limitada sin fines de lucro Tratamiento Neumáticos Usados (TNU) del Sistema Colectivo de Gestión de neumáticos fuera de uso (POSVENTA.info, 2020).

En el caso de los neumáticos Michelin Energy, desde 1992 hasta 2012, en apenas una década, se logró reducir

¹ De hecho, se estima que más de una quinta parte del consumo generado por un automóvil se debe a la pérdida energética que se produce por la resistencia al rodamiento del neumático.

las emisiones medias (estimadas) del neumático en aproximadamente 15 g/km de CO₂ y el consumo en 0.6 litros/100 kilómetros.

Reducción de peso. El desarrollo de los neumáticos va claramente en la dirección de una reducción gradual del peso general de los productos, lo cual permite reducir la resistencia al rodamiento. Por otra parte, la reducción de la masa no suspendida garantiza unas mejores prestaciones en cuanto a frenado y aceleración, aumenta la precisión de la dirección y la comodidad de conducción, y prolonga la vida útil de los elementos de la suspensión.

Con cada nueva generación de neumáticos se verifica una reducción de su masa. Esto implica menores costos de producción y de requerimiento de materiales.² Para lograr este objetivo se pone el acento en tres aspectos (Oponeo, 2019):

- “Adelgazamiento” de los neumáticos, es decir, la reducción de la masa de los diferentes componentes (estrechamiento de los cinturones, la banda de rodamiento, el frente del neumático, etc.).
- Concepto de estructuras más ligeras, que aparecen con el desarrollo de la tecnología.
- Uso de materiales de menor masa (por ejemplo, cables de acero o textiles fabricados con fibras ligeras).

² La situación puede diferir en los neumáticos todoterreno, donde la masa siempre es un parámetro excepcionalmente importante.

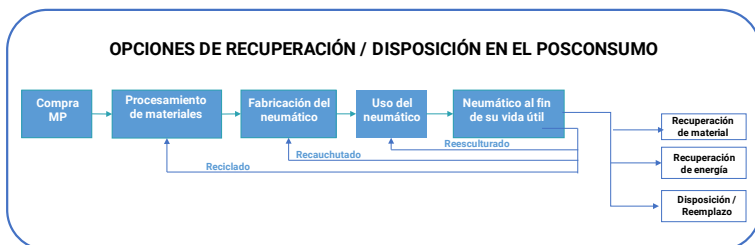
Cambio en los materiales. En otro aspecto, también se buscan alternativas que reduzcan o acaben con la dependencia de los derivados del petróleo, como el caucho tradicional: resinas naturales, compuestos desarrollados a base de aceites vegetales y químicos derivados del bioetanol.

Para reducir de manera eficiente el uso de agua de proceso, se pueden sustituir las materias primas por rayón y sílice. Este cambio ya ha comenzado a ocurrir, ya que el poliéster ha reemplazado al rayón (fibra artificial que se obtiene de la celulosa) en los neumáticos de los automóviles y, posteriormente, ha reducido la necesidad de agua. El uso de sílice como relleno también conduce a una clara reducción de la resistencia al rodamiento de un neumático de automóvil. Sin embargo, dado que se requiere agua para la fabricación de sílice en primer lugar, la clasificación del impacto ambiental de este material sigue siendo cuestionable.

4.2. Las opciones de recuperación/aprovechamiento/disposición en la etapa de posconsumo

La Figura 5 muestra las distintas opciones posibles para los NFU, desde la propia recuperación como insumo en el propio proceso de fabricación, pasando por diferentes etapas de reconstrucción, hasta la recuperación de material para otros procesos, de energía, y, finalmente, la disposición, ya sea controlada o no del material descartado.

Figura 5 Ciclo de vida de los neumáticos y opciones de recuperación/ disposición en el posconsumo



En esta sección se listan las principales opciones de aprovechamiento y reciclado y, a continuación, se describen algunos procesos relevantes, ya sea por su importancia actual o potencial en el mercado local, o por su novedad tecnológica.

·Reutilización: reconstrucción

La reconstrucción del neumático es un proceso mediante el cual se vuelve a utilizar un neumático gastado, sustituyendo solamente la banda de rodadura o también sus laterales, duplicando así su vida útil. Se realiza exclusivamente en neumáticos de camión, buses, tractores o de maquinaria agrícola, industrial o minera. El Artículo 2°-c de la Resolución 523/2013 define a los neumáticos reconstruidos como:

Aquellos neumáticos sometidos a un proceso de reparación que permite extender la vida útil de un neumático usado. De acuerdo con las definiciones de la norma conjunta INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACION (IRAM) 113.323 y MERCADO COMUN DEL SUR (MERCOSUR) NM 225, el neumático reconstruido es un neumático usado que fue sometido por uno de los siguientes procesos para reutilización de su carcasa: 1.- **Recapado**, proceso por el cual un neumático es reconstruido por sustitución de su banda

de rodamiento; 2.- **Recauchutado**, proceso por el cual un neumático es reconstruido por sustitución de su banda; de rodamiento y de sus hombros; 3.- **Remoldeado**, proceso por el cual un neumático es reconstruido por sustitución de su banda de rodamiento, de sus hombros y de toda la superficie de sus costados, este proceso también es conocido como recauchutaje de talón a talón (SADS, 2013, s. p.).

La reconstrucción ocupa un segundo orden de prioridad en la jerarquía de gestión de residuos, inmediatamente después de la prevención y minimización.

Las fuentes consultadas en la cámara de empresas dedicadas a la reconstrucción de neumáticos señalaron que los neumáticos renovados ofrecen el mismo potencial kilométrico (al menos en la primera reconstrucción) y la misma seguridad que los neumáticos convencionales. Los neumáticos de mayor tamaño (camión, bus, tractor) tienen en la actualidad 3 o 4 vidas útiles por reconstrucción. Esto aleja en el tiempo la necesidad de procesar y disponer los NFU.

De este modo, se satisfacen dos objetivos no siempre reconciliables: por una parte, permite reducir el costo de producción de un neumático que puede tener una prestación y duración similares a uno nuevo, facilitando así la posibilidad de beneficio económico adicional a fabricantes y usuarios. Por otra parte, la reconstrucción implica una menor cantidad de materiales utilizados, a la vez que una reducción en la huella de carbono generada, cuando se compara este proceso con la producción de un neumático nuevo.

• **Reciclado**

En segundo término, se sitúa la valorización material de los NFU en usos diferentes para los que fueron concebidos, sea enteros o triturados. Se destacan las siguientes aplicaciones:

- Relleno de césped artificial.
- Pistas de atletismo.
- Productos de caucho moldeado.
- Suelos de seguridad en parques infantiles.
- Material para techos.
- Asfalto modificado con caucho.

Del mismo modo, con la utilización de caucho recuperado y granulado:

- Baldosas aislantes utilizadas en el transporte público para reducir el nivel de ruido.
- Baldosas para la colocación de zonas peatonales de hormigón.
- Juntas de pavimentos de hormigón.
- Otras aplicaciones de menor volumen y valor (suelas de zapatos, sandalias, etc.).

• **Otra recuperación – Ingeniería civil**

En tercer lugar, se sitúa la recuperación para usos en ingeniería civil. Para ello se utilizan NFU enteros o triturados, granulado de caucho, miga y polvo de caucho. Entre las principales aplicaciones registradas están:

-Uso en agricultura (sostén de silopuentes, geoceldas para accesos de instalaciones y otros usos, etc.).

- Llantas empacadas (grupo de neumáticos sujetos a un proceso de compactación).
- Rompeolas.
- Barreras de erosión.
- Protección de costas.
- Mejora de suelos.
- Construcción de vertederos.
- Terraplenes de carreteras.
- Refugios.
- Estabilización de taludes.
- Barreras acústicas, aplicaciones de aislamiento.

• **Recuperación híbrida**

En cuarto lugar, se ubica la recuperación híbrida, que implica tanto una valorización material como energética. Pueden al menos identificarse tres vías:

- La utilización de NFU enteros o trozados como insumos en un proceso denominado pirólisis, que permite obtener un gas de proceso (similar al propano) hidrocarburos líquidos para uso industrial o destilado de diésel, negro de humo para fabricar nuevos neumáticos, plásticos, tintas y pinturas, y distintos metales.
- La utilización de NFU enteros o trozados en el coprocesamiento de hornos cementeros como alternativa a los combustibles tradicionales, usando el caucho, pero además elementos como el acero, incorporándolos a la estructura de los minerales del clínker.

- La utilización de los cordones de acero y los NFU enteros o triturados en los hornos de acero, nuevamente como combustibles o como materiales.

• Recuperación de energía

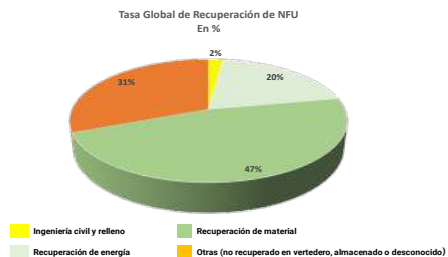
En quinto término, se sitúa la valorización exclusivamente térmica de los NFU. De este modo, se emplean, tanto el caucho como los textiles que suelen ser sintéticos, como combustible adicional o alternativo en la generación de energía en:

- Producción de ladrillos.
- Calderas industriales.
- Plantas de energía.
- Fábricas de pulpa y papel.
- Plantas de generación de energía a partir de residuos.

• Disposición final / incineración

Finalmente, se sitúa la disposición final en rellenos sanitarios o la incineración de los NFU, prohibida en el país. El Gráfico 2 muestra la distribución de los principales destinos de los NFU a nivel mundial, según un relevamiento hecho en 51 países que responden por el 89 % del parque automotor mundial.

Gráfico 2. Tasa global de recuperación de NFU. En %



FUENTE: WBCSD (2018b)

En total se informa que aproximadamente el 67 % de los NFU en esa muestra mundial está siendo recuperado. Las tasas de recuperación son del 91 % en Europa, 87 % en EUA, 85 % en Japón y 95 % en Corea del Sur, respectivamente. Brasil, bajo una ley de REP, tiene una tasa de recuperación de los NFU generados del 92 %.

4.3. Tecnologías más usadas y aspectos innovadores

En esta sección se presentan las tecnologías más comunes actualmente en uso para procesamiento de los NFU. En la tabla 8 se resumen los aspectos más relevantes y en el Anexo 1 se agregan los procesos detallados de cada una.

• **Reconstrucción**

El proceso de reconstrucción se asemeja al proceso de fabricación de un neumático nuevo, ya que consiste en “pegar” una banda de rodamiento nueva aplicando calor y presión durante un tiempo predeterminado.

Menor consumo de materiales y costo de producción más bajo. Como parte de una investigación en una tesis de grado en la Universidad Técnica Federico Santa María de Chile, se comparó el costo de producción, insumo de materiales y generación de GEI entre un neumático nuevo y otro reconstruido (Catalán Enríquez et al., 2018).

Para esa comparación el insumo de materias primas resultó un 80 % más bajo para reconstruir un neumático que para fabricar uno nuevo, a la vez que el costo total unitario

de producción fue de un 70 % menor para el neumático reconstruido (Catalán Enríquez et al., 2018).

Menor emisión de GEI. Para el mismo estudio mencionado antes, se midió la emisión de GEI para la producción de un neumático nuevo y de uno reconstruido.³

Para la medición se expresó la emisión de siete gases: metano (CH₄); nitrógeno (N₂O); hidrofluorocarbonos (HFCs); perfluorocarburos (PFCs); hexafluoruro (SF₆); trifluoruro de nitrógeno (NF₃); dióxido de carbono (CO₂), en términos de CO₂ equivalente. En la Tabla 6 puede verse que, desde la etapa de materias primas hasta el envío de los neumáticos, la emisión de GEI fue un 79 % menor para el reconstruido respecto de uno nuevo.

Tabla 6
Comparación de emisiones de GEI (kg de CO₂ equivalente) entre la producción y la distribución de un neumático nuevo y uno reconstruido
 Valores de 100 para el caso del neumático nuevo

CLASE		Neumático nuevo (kg CO ₂ /neumático)	Neumático reconstruido (kg CO ₂ /neumático)
Etapa de materia prima (MP)	Fabricación de MP	100	20,3
	Envío de MP	100	24,5
Etapa de fabricación	Fabricación	100	3,7
Etapa de distribución	Envío	100	79
TOTAL		100	21

FUENTE: Catalán Enríquez et al. (2018)

Para otro estudio, llevado adelante por la Cátedra para la Investigación y Formación sobre Neumáticos Reciclados de la Universidad Miguel Hernández (UMH) de Elche, se

³ En el estudio referido se utilizó el método de JATMA, "Tyre LCCO₂ Calculation Guidelines", que busca calcular, analizar y evaluar el impacto en el ambiente que incurre el ciclo de vida completo de cada uno de los materiales involucrados en el producto o servicio que se da de baja o se recicla, relacionado con el cálculo de CO₂ (JATMA, 2012).

informó que, en el caso de la reconstrucción de neumáticos de camiones y vehículos industriales, el ahorro de energía fue del 69,6 % y el de emisiones de un 69,1 % (Ingenieros. es, 2012).

• Trituración mecánica

Con el propósito de transformar el NFU en un insumo que pueda ser utilizado para otro proceso, con frecuencia se requiere de una etapa intermedia de fragmentación del neumático y separación de sus componentes. Normalmente este proceso puede abarcar desde un simple triturado hasta distintos niveles y tamaños de granulado y generación de polvo de caucho. El proceso de trituración mecánica de un NFU permite rescatar una cantidad de elementos constitutivos del mismo.

Es un proceso puramente mecánico con capacidad de generar productos de alta calidad, limpios de todo tipo de impurezas, lo que facilita la utilización de estos materiales en nuevos procesos y aplicaciones. La trituración con sistemas mecánicos suele ser el paso previo en los diferentes métodos de recuperación y rentabilización de los residuos de neumáticos.

En algunos casos, como por ejemplo el coprocesamiento en la industria cementera, no se requiere separar el caucho del acero. Sin embargo, en otros procesos es importante, junto a la fragmentación del neumático en gránulos (GCR), asegurar la separación de componentes (acero y fibras). Ejemplos de uso son: materiales de relleno en productos de caucho, modificadores de asfalto, superficies de atletismo y deportes, y productos moldeados y calandrados. Lo que se pretende es

incrementar la calidad y consistencia del GCR, lo que conducirá a un reciclado del material mucho más extenso.

Algunos fabricantes indicaron que el uso de hasta un 10 % de GCR como relleno en los neumáticos, sustituyendo material original, no altera sus prestaciones y calidad. Hoy en día los neumáticos contienen un 5 % de material reciclado. Hay opiniones que dicen que podrían contener hasta un 30 %.

• Trituración criogénica

El proceso de molienda criogénica viene acompañado por un primer paso de enfriamiento de las piezas de caucho (menores de 7,62 mm) con nitrógeno líquido, congelándolas. Los trozos (shreds) congelados pasan por un molino de impacto (similar a un percutor o martillo) donde son molidos en elementos más finos que 1 mesh. El polvo resultante se seca, se separa la fibra y el metal, y se clasifica el polvo según los tamaños obtenidos.

El método descrito presenta la ventaja de recuperar los materiales que conforman los neumáticos en desuso de forma no contaminante. No obstante, el sistema de tratamiento presenta problemas en cuanto a la complejidad de sus instalaciones y su alto coste de implantación y mantenimiento.

A partir del año 2000 comenzaron a aparecer aplicaciones rentables del granulado criogénico, como modificante de betunes y revestimientos aislantes que requieran buenas homologaciones de aislamiento acústico (UNE EN ISO-140-3), térmico (UNE-92202), resistencia al fuego (UNE-23727-90) y adherencia e impermeabilidad al agua (Guía UEAtc).

Las cifras de consumo de la molienda criogénica respecto de la mecánica son similares (para una planta de 35.00 toneladas/año consumiría 400kW/h) o ligeramente inferiores, sin embargo, hay que añadirles el gasto de nitrógeno, que se estima en 0.5-0.9 kg/kg caucho molido (con finuras que van desde 40 mesh a 100/110 mesh).

Es decir, la molienda criogénica presenta un coste capital más bajo, pero un coste de operatividad mayor debido al elevado precio del nitrógeno líquido y a la fase adicional de secado requerida para eliminar la humedad.

• Coprocesamiento: uso de NFU en hornos de plantas cementeras

La producción de cemento genera un alto consumo de energía térmica, unos 1450 °C. El uso de combustibles alternativos permite disminuir la huella de carbono del proceso de producción de cemento. Aproximadamente el 7 % del consumo térmico de la industria del cemento se basa en combustibles alternativos. Los neumáticos, por su homogeneidad, alto valor calórico y relativamente poco contenido de azufre y cloro, son buenos combustibles alternativos para este proceso.

Las características del proceso llevado a cabo en el horno rotativo, como las altas temperaturas (mayores a 1200 °C), los tiempos prolongados de permanencia del material y el ambiente alcalino, hacen que dicho ambiente sea perfecto para la destrucción de sustancias orgánicas y, por ende, para la utilización de combustibles orgánicos de menor costo.

En el caso del uso de NFU, además de utilizar su porción de caucho como combustible alternativo, el resto de sus elementos, como los refuerzos de acero, se incorporan también a la estructura de los minerales del *clínker*. Muy pocos hornos rotativos soportan neumáticos enteros, por lo que generalmente es requerida una trituración previa. Esto conlleva a que antes de la introducción de los neumáticos triturados se debe hacer un control de los tamaños de partículas a ingresar. Estos fragmentos deben ser de no más de 4 cm.

El poder calorífico del NFU es muy elevado, comprendido entre 34 y 39 MJ/kg, muy superior al de otros combustibles (ver Tabla 7).

Tabla 7 - Poder calorífico superior de algunos combustibles expresado en MJ/kg

<i>Combustible</i>	<i>PCS (MJ/kg)</i>	<i>Combustible</i>	<i>PCS (MJ/kg)</i>
Maderas	14.4 – 19.0	Neumáticos Usados	34 – 39
Etanol	26.8	Fuel-Oil	40.6
Coque	29.3	Gasóleo	42.3
Carbón de madera	31.4	Gasolina	43.9
Coque de petróleo	34.1	Queroseno	43.4
Antracita	34.3	Gas natural	44

FUENTE: López Félix et al. (2012, p. 6)

Conclusión. Teniendo en cuenta que en las plantas cementeras entre un 35 % y un 45 % de los costos están relacionados con el consumo de energía, la utilización de combustibles orgánicos alternativos, como los NFU, puede ser un elemento de reducción de costos.

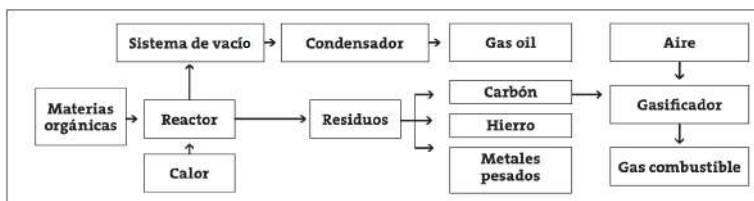
Las características del proceso de producción de cemento muestran que se trata de una forma ambientalmente aceptable de desechar los neumáticos en desuso, ya sea enteros, triturados o granulados. Además del hecho de que el uso de NFU como combustible alternativo en la industria del cemento no solo es ambientalmente amigable, sino también energética y económicamente justificado.

• Pirólisis

El sistema de pirólisis involucra la degradación térmica mediante un proceso anaeróbico. La pirólisis degrada el caucho mediante calor, en ausencia de oxígeno.

El beneficio de esta aplicación es la conversión de los neumáticos en desuso en productos con valor agregado como olefinas, cera y hollín. Este es un método de reciclaje y no solo reduce el volumen de los neumáticos, sino que también genera otros compuestos químicos para combustible (Figura 6).

Figura 6. Proceso de pirólisis



FUENTE: Bedia García Matamoros et al. (2004)

El contacto entre el neumático triturado y la fuente de calor es indirecto, lo cual permite la obtención de cuatro productos principales provenientes del NFU:

-Gas de proceso, similar al propano (7 %). Este gas puede ser reutilizado en la misma instalación, de manera de ser autosuficiente en términos energéticos.

-Hidrocarburos líquidos (40 %), puede utilizarse en usos industriales o para el destilado de diésel.

-Negro de humo (51%). Se puede utilizar para fabricar nuevos neumáticos, plásticos, tintas y pinturas. El negro de humo se emplea para reforzar los cauchos utilizados en la fabricación de nuevos neumáticos.

-Metales.

• **Asfalto modificado**

Se ha demostrado que el uso de caucho de neumáticos molido como aditivo en la fabricación y uso de pavimento asfáltico tiene varias ventajas por sobre el asfalto tradicional:

-Es duradero y resistente al agrietamiento. Los asfaltos modificados con caucho adecuadamente diseñados tienen una vida considerablemente más larga en comparación con los materiales normales. Los gastos de mantenimiento se reducen significativamente.

-Es beneficioso para el medio ambiente. Una repavimentación puede consumir más de 1250 neumáticos fuera de uso por cada kilómetro de carril.

-Reduce el sonido en hasta un 80 %.

-El asfalto modificado puede mantener su color inicial mejor que el asfalto habitual y las marcas siguen siendo más claras.

-La tracción es mayor a la del asfalto tradicional por lo que facilita la reducción de accidentes de tránsito, especialmente con mal tiempo.

El “polvo de neumático” utilizado para la fabricación del asfalto modificado procede de los NFU que se granulan en partículas de caucho en varias gradaciones, desde un cuarto de pulgada hasta malla número 40. El acero es eliminado por separación magnética y el tejido por un sistema de aspiradores.

Al molerse a temperatura ambiente, el caucho mantiene sus características. Al ser algo maleable, al pasar por las trituradoras los bordes de los cortes son rugosos. Estos bordes rugosos afectan las propiedades del caucho: los bordes rugosos de la miga de caucho le dan más superficie para adherirse al asfalto con el que se mezcla.

Cuando se utiliza el proceso criogénico, los recicladores rocían el caucho o lo sumergen en nitrógeno líquido. A temperaturas por debajo de -112 °F el caucho ya no actúa como tal, sino más como vidrio. Cuando se golpea en el molino de martillos, se rompe a lo largo de líneas rectas y suaves.

Dos procesos principales incorporan el uso del polvo de neumático para modificar mezclas de hormigón asfáltico. El método de adición del polvo de caucho a la mezcla asfáltica distingue el proceso entre “húmedo” y “seco”. Por vía seca, se

incorpora el caucho directamente en la mezcla bituminosa, durante el amasado. Por su parte, por vía húmeda, se fabrica un betúncaucho que después se utiliza en la fabricación de una mezcla bituminosa. Las características que adquiere el pavimento varían según el proceso por el cual se va a adicionar el polvo de caucho.

Conclusiones. Los diferentes estudios encontrados en la revisión de la literatura demuestran que la adición del GCR a las mezclas asfálticas, independientemente del proceso (seco o húmedo), mejora considerablemente los comportamientos mecánicos de los pavimentos.

Sin recurrir a análisis exhaustivos de costos, se puede apreciar que los beneficios monetarios son notorios, partiendo del hecho del aumento de la vida útil de los pavimentos (lo que implica reducción de mantenimiento por fallas mecánicas) y de la sustitución de materiales (como es el caso del contenido de los finos por materiales reciclables como el GCR). Sin embargo, estos ahorros se reflejan a largo plazo.

• Desvulcanización

La desvulcanización es un proceso de regeneración o recuperación del material (caucho) que se realiza a los NFU, para reutilizarlos con diferentes propósitos. El principio consiste en la ruptura de los enlaces C-S, S-S mediante diferentes tratamientos, que se clasifican en físicos, químicos y biológicos.

El caucho desvulcanizado se puede mezclar con caucho natural u otros tipos de polímeros (SBR, EPDM, TPV, etc.) para la producción de nuevos compuestos sin generar una disminución significativa de las propiedades mecánicas y físicas. Existen distintos métodos de desvulcanización (Cano Serrano et al., 2007, pp. 26-27), a saber:

-Tratamiento físico: se desvulcaniza por una fuente de energía externa (por ejemplo: procedimiento mecánico por medio de la trituration, termomecánico previa trituration y sometimiento a elevadas temperaturas, criomecánicos y ultrasonido).

-Tratamiento químico: generalmente se vale de agentes químicos como bisulfuros o mercaptanos orgánicos, o también de agentes inorgánicos y el tratamiento puede ser mejorado mediante la catálisis por transferencia de fase.

Para una desagregación del tipo de tratamientos de desvulcanización:

-Desvulcanización química. Con agentes químicos se rompen enlaces para eliminar el azufre del enlace químico entrecruzado. Se emplea CO₂ super crítico con disulfuro de bifenilo.

-Desvulcanización térmica. Empleado para caucho natural, se calienta el polvo de caucho a una elevada temperatura sin agentes químicos. O desvulcanización por microondas, que provoca ruptura del enlace químico entrecruzado, un ajuste fino puede conseguir romper enlaces S-S y C-S, pero no C-C.

-Desvulcanización mecánica. Un proceso que emplea aleaciones Fe-Co para reducir mediante catálisis la densidad de entrecruzamiento de cloropreno y EPDM con un porcentaje de desvulcanización de 43 %.

-Desvulcanización químico-mecánica. Aplica cortadura mecánica (molienda) sobre polvo de caucho, así se pueden producir radicales en la cadena principal. Aquí se añaden agentes químicos (dioles, disulfuro), evitando su recombinación; al mismo tiempo, los entrecruzamientos se abren y la viscosidad se reduce.

-Desvulcanización termomecánica. Se emplea una extrusora que calienta el polvo de caucho, produciendo una masa viscosa que es mezclada con el compuesto virgen. Así aumenta la fracción sólida y disminuye el número medio de entrecruzamiento.

-Desvulcanización termoquímica. Se emplean temperaturas de 150 °C a 190 °C durante un tiempo dado, se extrae la masa ablandada y se lamina en un molino de dos rollos.

-Desvulcanización ultrasónica. Sin agentes químicos y con ondas ultrasónicas se rompen enlaces químicos del azufre entrecruzados en el caucho, produciendo la desvulcanización, degradando la cadena principal bajo ciertas condiciones de presión y temperatura, reprocesando y revulcanizando normalmente.

Conclusiones. Consigue una descomposición de los componentes del neumático, a la vez que permite reutilizar los componentes de los NFU para fabricar distintos elementos. Como aspectos negativos, se obtiene un caucho con propiedades físicas inferiores al original y requiere una óptima selección de materias primas y condiciones de proceso.

Proceso	Ventajas	Desventajas
Reconstrucción	Menor cantidad de material utilizado. Reducción del costo de fabricación. Menos emisiones de GEI.	Número y provisión limitados de NFU.
Trituración mecánica	Proceso puramente mecánico, los productos resultantes son de alta calidad, limpios de todo tipo de impurezas, lo que facilita su utilización en nuevos procesos y aplicaciones. Proceso menos costoso.	Elevado costo de mantenimiento del equipo. Sensible a condiciones atmosféricas.
Trituración Criogénica	Permite recuperar los materiales que conforman los neumáticos en desuso de forma no contaminante. Partículas de menor tamaño, superficies más suaves y menor oxidación superficial.	Alta complejidad del sistema de tratamiento. Alto costo de implantación y mantenimiento.
Coprocesamiento	Se confiere una solución definitiva y ambientalmente segura para los residuos, sin dejar ningún tipo de ceniza. Reduce el consumo de combustibles fósiles y algunas de las materias primas naturales. Evita la disposición en vertederos de residuos. Preserva recursos naturales no renovables. Se generan menores emisiones de GEI. Se incorporan en la matriz del <i>clinker</i> eventuales componentes nocivos.	Número y provisión limitados de NFU. Requiere granulado previo para la mayoría de los procesos. Su utilización depende del costo de energías alternativas.
Pirólisis	Descomposición de los componentes del NFU. Gases pirolíticos con alto poder calorífico. Se obtiene negro de carbono para fabricar otros productos. Se obtiene negro pirolítico para coloración y absorbente de luz UV.	Proceso complejo que exige un control preciso de sus condiciones. Carbono pirolítico con propiedades menores.
Asfalto Modificado	Mejora el comportamiento mecánico del pavimento y aumenta su vida útil. Permite sustituir materiales por reciclados.	Número y provisión limitados de NFU. Su rentabilidad depende de la provisión de NFU. Beneficios a largo plazo.
Desvulcanización	Descompone los componentes del NFU, permitiendo reutilizar el caucho para fabricación.	Produce caucho con propiedades físicas inferiores al original. Costo elevado.

4.4. Algunos procesos novedosos

- Desarrollo de nuevos materiales (Bridgestone, 2021)

Bridgestone está desarrollando una tecnología (ENLITEN) que hace posible reducir el peso de los neumáticos en un 20 % y la resistencia al rodamiento en un 30 % respecto a neumáticos convencionales de pasajeros. Para ello ha reducido el número de componentes usados en el neumático, manteniendo su duración y desempeño. Esto posibilita reducir las emisiones de GEI en un 30 % en vehículos nafteros.

Adicionalmente, esta tecnología se aplica en los neumáticos TURANZA ECO, diseñados especialmente para el *LightyearOne*, publicitado como el primer auto eléctrico solar de largo rango, con capacidad para “circular sin conectarse a la red”. Al combinarse con la tecnología Ologic, que permite obtener un diámetro más grande con un diseño delgado, se logra reducir adicionalmente la resistencia al rodamiento o aumentar el rango de manejo de los autos eléctricos (Bridgestone, 2021, p. 28).

También reportan un desarrollo, en colaboración con doce organismos de investigación, de un material de goma con una estructura de doble red, que combina propiedades de dureza y absorción de energía con propiedades de suavidad y flexibilidad. Mientras mantiene la eficiencia de combustible de la goma base de caucho), el nuevo material es aproximadamente cinco veces más fuerte, lo que permite

producir neumáticos más delgados y ligeros que reducen el impacto medioambiental (Bridgestone, 2021, p. 35).

- **Obtención de grafito a partir de negro de carbono (Potarsky y Bertalot, 2021)**

El negro de carbono consiste en un aglomerado de partículas, cuya estructura se encuentra totalmente desordenada. Según un informe de la consultora chilena Sustrend, se ha desarrollado desde 2018 un proceso que permite obtener grafito desde el negro de carbono, un subproducto que se genera a partir de la pirólisis de NFU.

El procedimiento tecnológico desarrollado permite, mediante un proceso químico-térmico, transformar este carbón en grafito, cuya estructura es ordenada y cristalina, un producto con un alto valor comercial y tecnológico. Los análisis de laboratorio realizados mediante difracción de rayos X, indican que la conversión a grafito desde el negro de carbono conduce con éxito a un material con un alto grado de cristalinidad y pureza.

El Grupo Bridgestone también reporta el desarrollo (en asociación con Delta-Energy Group LLC, Bridgestone Americas Inc.,) de neumáticos que utilizan negro de carbono recuperado, por proceso de pirólisis de los NFU. Se emplea como reemplazo del negro de carbono virgen, permitiendo una reducción del 81 % de las emisiones de GEI producidas al fabricar negro de carbono original (BRIDGESTONE, 2021, p. 39).

- Hormigón más ecológico a partir de grafeno procedente del caucho de los NFU (TNU, 2021)

La investigación se adelantó en la Universidad de Rice (EUA) y se basa en los avances anteriores del equipo en la fabricación de grafeno mediante un proceso llamado “calentamiento flash Joule”. Se usa una descarga de electricidad para sobrecalentar rápidamente casi cualquier fuente de carbono a unos 2.725 °C, convirtiéndola en virutas de grafeno. En concreto, se trata de una forma del material conocido como grafeno turboestrático, que tiene capas desalineadas que son más solubles que el grafeno producido mediante la exfoliación del grafito. Eso hace que sea más fácil de integrar en materiales compuestos.

El equipo convirtió caucho (entre otros productos de desecho), en grafeno. El laboratorio optimizó el proceso utilizando caucho de desecho pirolizado de neumáticos. La pirólisis genera un aceite muy útil para una serie de procesos industriales. Pero también produce un residuo de carbono sólido al que ha sido más difícil encontrarle una nueva vida.

Cuando los investigadores sometieron este residuo de carbono al calentamiento flash, alrededor del 70 % se convirtió en grafeno. A continuación, el equipo demostró un caso de uso particular para el nuevo material de grafeno: la producción de hormigón. Añadiendo un 0,1 % en peso de grafeno producido a partir de los neumáticos comprobaron que los cilindros de hormigón fabricados con este cemento mostraban una resistencia a la compresión aproximadamente un 30 % mayor que el hormigón fabricado sin el aditivo de grafeno.

El hormigón reforzado con grafeno es una alternativa sostenible y ecológica, que permite reemplazar otros materiales tradicionalmente empleados para la construcción y, en consecuencia, ahorrar costos medioambientales, energéticos y económicos, ya que no solo contribuye a evitar que los neumáticos fuera de uso acaben en los vertederos, sino que la resistencia extra del material final podría reducir la cantidad de hormigón necesaria en las estructuras. El hormigón es el material más producido en el mundo y su fabricación supone el 9 % de las emisiones mundiales de dióxido de carbono. Usar menos hormigón en las carreteras, los edificios y los puentes permitiría eliminar parte de las emisiones desde el principio.

- **Tecnología para procesar y convertir NFU en un producto de reemplazo de la madera (Iresiduo, 2018)**

El desarrollo consiste en una innovadora tecnología para procesar neumáticos al final de su vida útil y convertirlos en un producto de reemplazo de la madera, completamente renovable, conseguido con cero residuos y cero emisiones en todo su proceso. Esto es posible mediante la tecnología patentada por Dena Nano, compañía especializada en nanotecnología con sede en el Reino Unido. Las nano partículas presentes en el caucho de los neumáticos reciclados se utilizan para producir tableros y materiales de construcción con propiedades similares y características mejoradas a la madera, para su uso en interiores y exteriores.

Los tableros y elementos creados con esta nueva tecnología son extraordinariamente duraderos, se pueden olorizar, cortar y serrar como la madera natural y adaptar su forma a los requisitos de diseño de cualquier proyecto. El producto final es a prueba de agua y sustancias químicas. Estos elementos también pueden volverse a reciclar al 100 %.

Características de la madera NFU

- 100 % resistente al agua, no la absorbe en comparación con la madera.
- 100 % resistente a insectos.
- Resistente al fuego.
- Resistente a la luz ultravioleta.
- Más resistente y duradera que PVC.
- Reutilizable.
- Ideal para aislamiento climático.
- Buen aislamiento acústico.
- Perfecta para áreas húmedas.
- Fácil de limpiar.
- A prueba de impactos.

• Impresión 3D con polvo de neumático (Neomatique, 2021)

Se refiere la posibilidad de transformar los NFU en otros objetos, utilizando la tecnología de impresión 3D. Numerosas investigaciones han demostrado que, en la producción de filamentos para la impresión 3D, los neumáticos fuera de uso ofrecen cualidades similares al producto original en cuanto resistencia y flexibilidad.

Frente a otros muchos materiales que se pueden emplear como materia prima para imprimir en 3D, el caucho posee cualidades que lo hacen perfecto para la impresión 3D sostenible: es elástico y duradero. Una vez convertido en filamento, el caucho se vuelve menos permeable al desgaste que provoca el uso continuado, alcanzando nuevos niveles de memoria elástica sostenible por el acabado mate del filamento, su color oscuro y sus propiedades antiadherentes.



Piezas impresas 3D a partir de filamentos de caucho de NFU

Fuente: Neomatique (2021).

El caucho extraído de los NFU se tritura y reduce criogénicamente hasta obtener el polvo de caucho, del cual se sacan los filamentos que posibilitan la impresión en 3D. Este polvo ofrece muchas aplicaciones: desde muebles de exterior o paneles para componentes de edificios exteriores con fines de amortiguación de sonido, hasta incluso artículos de moda y *lifestyle*.

- Neumáticos hechos con restos de neumáticos (LópezCózar, 2019)

A finales de 2018 Pirelli presentó en Alemania, durante la celebración de la feria Eurobike, una nueva gama de neumáticos ecosostenibles (con una base de NFU), cuya principal característica es utilizar caucho reciclado en su fabricación. Se trata de un prototipo exclusivo para bicicletas, pero supone, de igual manera, un paso importante en el empeño de dar valor a los NFU.



Fuente:López Cózar, 2019)

La gama Cycle de la empresa italiana Pirelli está diseñada específicamente para bicicletas eléctricas, con vistas a desarrollar soluciones sostenibles hacia la economía circular. Incorpora caucho procedente de neumáticos gastados y pretende garantizar un menor impacto energético y consumo de materias primas.

El proceso de fabricación comienza con la recolección de NFU en los talleres y centros autorizados. Desde allí se lleva a las plantas de tratamiento donde se tritura y se procesa hasta obtener un polvo fino que se vuelve a introducir en la matriz polimérica. El resultado es un neumático de alta tecnología con excelente agarre y máxima protección frente a pinchazos.

Se trata de un mercado en crecimiento, no solo a nivel familiar, sino también en el ámbito del transporte comercial urbano, bajo la modalidad de reparto a domicilio (*delivery*). El resultado es una alianza entre Pirelli y la compañía suiza Stromer para la fabricación de la nueva bicicleta eléctrica St5, incorporando a la movilidad sostenible estos innovadores neumáticos.

- **Producción de gasoil a partir de aceite de neumático (LópezCózar, 2017)**

Se trata de una investigación desarrollada por expertos en motores de biodiesel de las universidades de QUT y Deakin, junto con la empresa australiana Green Distillation Technologies, para probar un nuevo y revolucionario combustible compuesto por gasóleo y aceite de neumático reciclado.

El estudio, concluido a mediados de noviembre de 2017, certificó que el aceite de neumático se comporta de manera muy similar al diésel. Con ello validaron las pruebas de laboratorio realizadas un año antes, que comprobaron el potencial de este combustible que tiene una mezcla de 90 % de diésel normal y 10 % de aceite de neumático reciclado.

Este estudio se apoya en el desarrollo de la empresa Green Distillation Technologies de una tecnología para convertir los neumáticos usados en carbono (40 %), acero (20 %) y aceite (40 %). Se señala que lo realmente importante es que el aceite de neumático reciclado se puede mezclar con diésel sin necesidad de llevar a cabo ningún otro proceso de refinamiento adicional. Afirman que el aceite que obtienen de su fábrica de reciclaje de neumáticos es “de una calidad similar al petróleo, como demostraron las pruebas de carretera realizadas, por lo que se podría convertir en la base para el diésel, la gasolina, el combustible de aviación o cualquier otro producto derivado del petróleo en el futuro” (en López Cózar, 2017, s. p.). Las pruebas en carretera del aceite de neumático reciclado continuarán en vehículos de diferentes dimensiones y características.

4.5. Las opciones de modelos de gestión de NFU

Existen tres sistemas considerados eficaces de gestión de NFU en el mundo (Tabla 9):

1. Sistemas de libre mercado: no existe un actor designado con la responsabilidad de gestión de los NFU, cuyo manejo no tiene una legislación específica, sino que está cubierto por una regulación general de residuos. El Estado casi no interviene y las

rutas de recuperación son las más rentables y no necesariamente las más cuidadosas del ambiente.

2. Sistemas de responsabilidad gubernamental financiada a través de un impuesto: el sistema es administrado por el Estado, que cobra un impuesto a los fabricantes e importadores, el cual recae en los consumidores. Esta opción puede favorecer opciones más respetuosas del ambiente.

3. Sistemas de Responsabilidad Extendida del Productor (REP): los fabricantes e importadores organizan la gestión, pudiendo asociarse con otros actores, públicos y privados. Se definen volúmenes a gestionar en función de lo producido/importado, contándose con la regulación y el control del Estado. Se financia con una tasa a los productores.

En la práctica, se pueden implementar sistemas híbridos y también otras variantes. Sin embargo, existe consenso en que es necesario un nivel mínimo de intervención del gobierno para desarrollar adecuadamente la industria del reciclaje de NFU.

TABLA 9 - Tipos de sistema de gestión de NFU

Sistema	Actor responsable	Gobernanza	Financiamiento	Característica clave
LIBRE MERCADO	<p>El legislador promulga los objetivos que deben cumplirse. No hay partes responsables designadas directamente.</p>	<p>No suele haber una organización dedicada. Los problemas son cubiertos por una regulación general de residuos.</p> <p>Suele existir una asociación industrial a cargo de promover la gestión responsable.</p>	<p>Sin tasa ecológica regulada; libre mercado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Intervención mínima del Estado. - Menor participación del productor. - Las fuerzas del mercado son el principal motor de la gestión de los NFU, es decir, las rutas de recuperación más maduras y rentables representan la mayor parte del mercado. - Cooperación de las empresas con carácter voluntario para promover las mejores prácticas. - Más dificultad para las rutas de recuperación más respetuosas con el medio ambiente, aunque no sean económicamente interesantes al principio.
IMPUESTOS	<p>Estado.</p>	<p>El Estado organiza la gestión de NFU y remunera a los operadores en la cadena de recuperación.</p>	<p>Impuesto recaudado sobre los fabricantes de neumáticos y los importadores, pagado al Estado y posteriormente cargado a los consumidores.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - El Estado garantiza la igualdad de condiciones al hacer cumplir los mismos estándares de producto a todos los productores de neumáticos. - Los impuestos pueden tener el efecto de favorecer rutas de recuperación más respetuosas con el medio ambiente (por ejemplo, la recuperación material sobre recuperación de energía) y la prohibición de los vertederos.
REP	<p>El productor de neumáticos (fabricante o importador). Objetivos en función de las cantidades de neumáticos puestos en el mercado.</p>	<p>Los productores pueden configurar su sistema de gestión individual o reunirse para configurar una organización de responsabilidad del productor (esto último representa la mayoría de los casos). La organización está a cargo de gestionar la recolección y recuperación de un volumen de NFU definido por la regulación.</p>	<p>Tasa ecológica sobre neumáticos manufacturados e importados pagada por los productores, generalmente transferida a los consumidores. El importe de la tasa ecológica depende del coste relacionado con la gestión de NFU y los mercados secundarios. Suele disminuir con el tiempo cuando la gestión madura.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Optimización de costos habilitada por la creación de Organizaciones REP. - Trazabilidad a través de las obligaciones de presentación de informes. - Mayor transparencia sobre la tasa ecológica. - Organización REP con la flexibilidad para determinar/favorecer las soluciones más rentables y/o sostenibles para recuperar NFU. - Falta de competencia en algunos países en el mercado de NFU a causa de la creación de organizaciones REP.

SECCIÓN II:

Situación del sector en el país

1. La estructura del mercado de neumáticos en la Argentina

El mercado de neumáticos nuevos en la Argentina está conformado por tres empresas con fabricación local: FATE, Bridgestone/Firestone y Pirelli. FATE es el único fabricante local de camiones (más del 30 % del mercado local); además, exporta entre el 20 % y el 30 % de su producción. En cuanto a la estructura de mercado de importación, 13 marcas representan el total, de las cuales 4 empresas explican el 80% de las importaciones y las 5 primeras el 90 % (Tabla 10).

Tabla 10
Importación de neumáticos en la Argentina
Principales importadores y marcas (agosto 2020)
En unidades y %

PRINCIPALES IMPORTADORES		
IMPORTADOR	UNIDADES	%
Bridgestone	10715	22 %
Guerrini Neumáticos S.A.	9760	20 %
Prometeon Tyre Group de Argentina	8972	19 %
Neumáticos Goodyear	8762	18 %
Michelin Argentina Saicyf	5442	11 %
Alfredo Ignacio Corral S.A.	2000	4 %
IVECO Argentina Saicyf	1026	2 %
Mercedes Benz Argentina, S.A.	961	2 %
Neumasur S.A.	224	0 %
Geveco S.A.	200	0 %
Otros	224	1 %

PRINCIPALES MARCAS

1.	Pirelli
2.	Michelin
3.	Bridgestone
4.	Firestone
5.	Goodyear
6.	Triangle
7.	Continental
8.	Kumho
9.	Westlake
10.	Dunlop
11.	Kelly (gy)
12.	Hankook
13.	Da Pa Wi

Fuente: Entrevista N°. 6 (2021)

Michelin, Goodyear, Bridgestone, Dunlop y Pirelli son importadores que construyeron su propia distribución de venta. Kumho (importador que trae neumáticos chinos), Hankook y Continental venden a una red de grandes gomerías multimarca. El mercado de importación tiene una cierta complejidad, en tanto parte de los neumáticos importados no van al mercado de reposición sino al mercado original de automóviles nuevos, aunque es una porción menor del volumen total. Otro caso es el de Toyota, que fabrica localmente, pero adicionalmente importa vehículos de Brasil. Esos vehículos se proveen en origen de neumáticos producidos por Dunlop Brasil para después ingresar al país con los neumáticos incorporados a los vehículos.

Para importar neumáticos en la Argentina (o fabricar para el mercado de reposición) se debe cumplir con un régimen de

homologación técnica que administra el INTI: el Certificado de Homologación de Autopartes y/o Elementos de Seguridad (CHAS), que habilita la comercialización, importación o transferencia en el país de la autoparte o del elemento de seguridad. Es obligatorio para todas las autopartes que se destinen al mercado de reposición.

Para obtener el CHAS debe presentarse una Licencia de Certificación, emitida por un Organismo Certificador que da cuenta del cumplimiento de los requisitos de seguridad respecto de las autopartes analizadas. Esta certificación debe realizarse para todos los vehículos que circulan sobre vías públicas.

1.1 Estimación de la dimensión del mercado local de neumáticos

En la actualidad, no existe estadística oficial respecto de la fabricación local y consumo de neumáticos en el país, lo cual es un limitante central, ya que de esta última variable es posible derivar la generación anual de NFU. Para estimar estos agregados se depende de lo que pudiera inferirse de variables indirectas y de la información estimativa de los distintos actores involucrados en el tema. Esta última resulta dispersa, incompleta y de muy difícil verificación. Como ejemplo de esto, se muestran las estimaciones hechas por distintos actores en las entrevistas realizadas sobre generación anual de NFU en el país (Tabla 11).

Tabla 11 Estimación de NFU en toneladas

FUENTE	TONELADAS
INTI	150.000
ReNFU	134.000
FATE	130.000
REGOMAX	150.000

FUENTE: Entrevistas de campo

De modo tal que la información estadística presentada aquí constituye una estimación gruesa a partir de la información recogida en el campo por los investigadores y no puede ser considerada una medida exacta de las variables presentadas. Para una estimación propia de la generación de NFU se siguieron los siguientes pasos:

- Se partió de la información del parque automotor nacional de DNRPA/ADEFA en el año 2020, para cada tipo de vehículo (Tabla 12).

Tabla 12 Parque automotor total y en la PBA por tipo de vehículo
En N.º de unidades - Año 2019

ÁMBITO	AUTOMÓVILES	VEHÍCULOS COMERCIALES LIVIANOS	TRANSPORTE DE CARGA (CAMIONES)	TRANSPORTE DE PASAJEROS (BUSES)	TOTAL
PBA	4.404.441	934.061	223.109	31.202	5.592.813
Total nacional	10.617.281	2.645.941	677.907	83.984	14.025.113

Fuente: Dirección Nacional del Registro de la Propiedad del Automotor (DRNPA) -
La clasificación corresponde a ADEFA (2020) / FADEEAC (2020)

- Se estima el cambio de un neumático de vehículo por año, según lo informado por los actores entrevistados. Para los automóviles se supuso una circulación de 10.000

a 15.000 km/año, para una duración máxima del neumático de 80.000 km, pero con lapsos más cortos de 40.000 km si sufren daños inesperados o por mal uso. De este modo, para una duración promedio estimada de 60.000 km y una utilización de 15.000 km/año, puede asumirse el recambio de los cuatro neumáticos en cuatro años o, lo que es lo mismo, el reemplazo de un neumático al año. Para el caso de los camiones de carga se utilizó el criterio de FADEEAC (2020), de asumir el reemplazo de aproximadamente un neumático/año por vehículo; los valores utilizados son los provistos por ADEFA (2020). De tal modo que el número de NFU anuales es aproximadamente igual al número de vehículos en circulación.

- Se estima el peso promedio de cada tipo de neumático según datos proporcionados por un fabricante nacional (salvo los neumáticos de camión, para los que se utilizó data estimada de FADEEAC).¹
- Se estima un peso promedio de los neumáticos totales en toneladas vendidas en el ámbito nacional para el período de un año.

¹ Ajustado por coeficientes de desgaste de neumáticos nuevos provisto por un proveedor local.

Tabla 13 Cálculo de ventas anuales de neumáticos – Total nacional - Año 2019

TOTAL NACIONAL	AUTOMÓVILES	VEHÍCULOS LIVIANOS	TRANSPORTE DE CARGA (CAMIONES)	TRANSPORTE DE PASAJEROS (BUSES)	TOTAL GENERAL
Parque automotor nacional (unidades)	10.617.281	2.645.941	677.907	83.984	14.025.113
Recambio de neumáticos (unidades/año)	1	1	1	1	1
Neumáticos vendidos (unidades/año)	10.617.281	2.645.941	677.907	83.984	14.025.113
Peso estimado de cada neumático (kg)	8,7	7,0	64	64	
Peso total neumáticos vendidos año (Tn)	92.273	18.522	43.386	5.375	159.556

1.2 La provincia de Buenos Aires

Para tener una estimación de la participación de la PBA, se consideró (Tabla 14):

- Proporción del parque automotor de la Provincia sobre el total nacional.
- Se aplicó ese coeficiente al total de neumáticos vendidos a nivel nacional y se obtuvo una estimación de la venta de neumáticos en PBA, en unidades y toneladas.

Tabla 14 Cálculo de ventas anuales de neumáticos – Total PBA - Año 2019

TOTAL NACIONAL	AUTOMÓVILES	VEHÍCULOS LIVIANOS	TRANSPORTE DE CARGA (CAMIONES)	TRANSPORTE DE PASAJEROS (BUSES)	TOTAL GENERAL
Parque automotor nacional (unidades)	10.617.281	2.645.941	677.907	83.984	14.025.113
Parque automotor PBA (unidades)	4.404.441	934.061	223.109	31.202	5.592.813
% PBA	41 %	35 %	33 %	37 %	40 %
Neumáticos vendidos PBA (unidades/año)	4.404.441	934.061	223.109	31.202	5.592.813
Peso total neumáticos vendidos (toneladas/año)	38.278	6.538	14.279	1.997	61.093

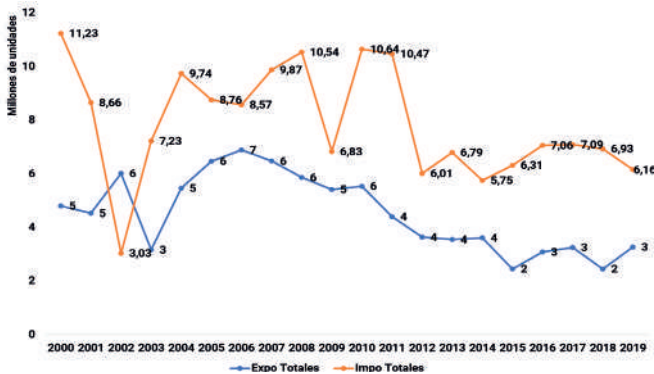
2. El comercio exterior

Para el año 2019 el comercio exterior de neumáticos en la Argentina mostró un déficit de USD 182,5 millones (COMTRADE, 2021). Las importaciones totales de neumáticos fueron de 6.156.183 unidades (USD 361 millones) y las exportaciones de 3.266.901 unidades (USD 179 millones).

En cuanto a los socios principales, un 73 % de las exportaciones se dirigió a Brasil y otro 20 % a EUA. Por otra parte, cinco países explican el 88 % de las importaciones: Brasil (71 %), China (9 %), EUA (3 %), India (3 %) y Japón (2 %).

El Gráfico 3 indica la evolución de exportaciones e importaciones en los últimos 20 años. Puede verse que la balanza sectorial muestra déficit desde el año 2002 y que desde 2008 hasta 2014 han tenido una tendencia a la baja tanto importaciones como exportaciones.

Gráfico 3 Evolución del comercio exterior de neumáticos en la Argentina
(en millones de unidades) Años 2000 - 2019



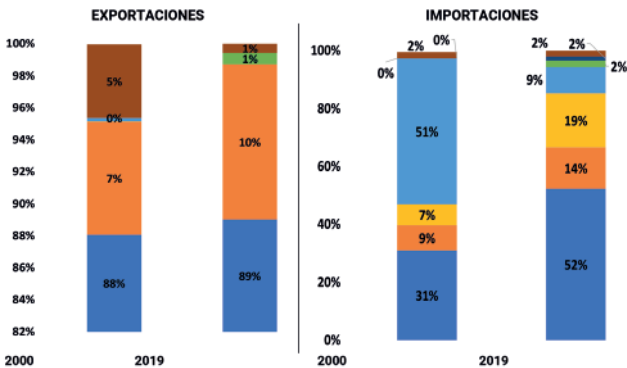
FUENTE: COMTRADE (2021)

Respecto a la composición del comercio exterior, puede verse en el Gráfico 4 que el 89 % de las unidades exportadas son para automóviles y un 10 % para camiones/buses, mientras que las importaciones se reparten en un 52 % de neumáticos de automóviles, un 14 % para camiones/buses, un 19 % para motos y un 9 % para bicicletas.

Para todo el período considerado (2000-2019), mientras las exportaciones de neumáticos para camiones/buses subieron desde el 7 % al 10 % del total, las de neumáticos para vehículos livianos cayeron desde el 5 % al 1 %.

Por el lado de las importaciones, mientras la participación de los neumáticos de autos subió del 31 % al 52 % del total, la de los de camiones lo hizo del 9 al 14 % y la de las motos, del 7 % al 19 %; por su parte, se redujo drásticamente la importación de neumáticos de bicicletas en un 96 %.

Gráfico 4 Comercio exterior de neumáticos en la Argentina
Evolución de la participación de cada tipo de neumático
En % - Años 2000 y 2019



FUENTE: COMTRADE (2021)

3. Estructura normativa

En este apartado, se presenta un detalle de la normativa nacional y local, así como de la certificación de neumáticos reconstruidos.

El principal problema identificado en esta dimensión se debe a la ausencia de una ley de Responsabilidad Extendida del Productor (REP) donde se determine con precisión los roles y obligaciones de cada actor en la cadena del neumático respecto de los residuos generados, a la vez que se asigne dónde recaen los costos de su adecuada gestión. Por esta razón, no puede organizarse un sistema de gestión ordenado de los NFU para el conjunto de la economía.

Por el lado del sector privado, se ha hecho notar que la falta de una legislación rectora a nivel nacional o provincial hace que las regulaciones establecidas por cada municipio puedan diferir de los otros, incluso las tasas a aplicar. Se señala que, como consecuencia de ello, los recicladores que pretendan obtener y transformar NFU de distintos municipios se enfrentarán con una heterogeneidad de normas y condicionamientos que operan como un obstáculo al desarrollo de su actividad.

3.1. Normativas nacionales

En el ámbito nacional se cuenta con la protección ambiental, desde el año 1994, establecida por el Artículo 41 de la Constitución nacional. A fin de implementar lo dispuesto, en el 2002 se sancionó la Ley General de Ambiente 25.675, que establece los presupuestos mínimos

para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable.

También en el año 2002 se sancionó la Ley Nacional 25.626, que establece la prohibición de importación de neumáticos usados y recauchutados.

Posteriormente, durante el año 2004 el Congreso de la Nación sancionó la Ley Nacional 25.916, que estableció los presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión integral de residuos domiciliarios.

En el año 2013 se puso en vigencia la Resolución 523/2013 de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS), que establece definiciones y lineamientos sobre el desarrollo de una estrategia respecto al manejo sustentable de neumáticos en su ciclo de vida, haciendo hincapié sobre los NFU. Sin embargo, esto no implica una aplicación obligatoria para las provincias y es necesario contar con una ley de presupuestos mínimos a nivel nacional.

Luego, en el año 2016, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación estableció la Resolución 522/2016, que aborda los lineamientos para desarrollar una estrategia nacional para el manejo sustentable de los Residuos Especiales de Generación Universal (REGU). Los REGU, conforme a la resolución, son entendidos como aquellos residuos que se generan por el consumo masivo y que, debido a sus características, requieren de una gestión

adecuada y diferenciada para proteger el ambiente. Dicha resolución, en su Anexo I, entiende a los neumáticos en desecho como REGU.

3.2. Normativa municipal sobre NFU

Del análisis de los resultados del relevamiento efectuado por el OPDS (2021), de los 135 municipios que conforman la PBA, solo 14 poseen una ordenanza sobre gestión de NFU (Tabla 15) y 8 se encuentran en proyecto para tratar una normativa afín: Berazategui, Lincoln, Mercedes, Monte, Monte Hermoso, Roque Pérez, Tornquist y Villa Gesell.

Tabla 15. Municipios de la PBA con ordenanzas sobre NFU

Alberti	Ordenanza 2427
Azul	Ordenanza 4259/18
Baradero	Ordenanza 5546/17
Capitán Sarmiento	Ordenanza 2671/20
Escobar	Ordenanza 16938/20
Exaltación de la Cruz	Ordenanza 2612/19
Florencio Varela	Ordenanza Fiscal Impositiva 9678 /2020
General Pueyrredón	Ordenanza 23368/17
Lomas de Zamora	Decreto 858/2019.
Marcos Paz	Ordenanza 19/2019
Moreno	Ordenanza 6268/20
Ramallo	Ordenanza 6185/20
Rojas	Ordenanza 3642/17
Salliqueló	Ordenanza 1959/21

FUENTE: Dirección Provincial de Residuos del OPDS (2021)

Las normativas municipales relevadas han sido sancionadas en el periodo 2017-2021, la mayoría de ellas durante el año 2020. Los sujetos receptados por las normativas consisten en el “generador”, el “distribuidor”, el “gestor o tratador” y el “consumidor o usuario final”. A su vez se brindan conceptos sobre los términos NFU, Centro de Acopio Transitorio (CAT) y disposición final.

Respecto a los CAT, los municipios de Rojas y Salliqueló establecen un predio con su nomenclatura catastral específica. También las ordenanzas de dichos municipios determinan obligaciones para el gestor de NFU.

Las ordenanzas relevadas establecen un registro de generadores de NFU a cargo de la autoridad ambiental del municipio.

Además, como principio general, las ordenanzas relevadas hacen hincapié en la prohibición del abandono y del vertido de neumáticos fuera de uso en lugares no habilitados dentro del ejido urbano, haciendo extensible a usuarios finales como generadores y comercios habilitados para venta de neumáticos. En este mismo sentido de prevención de daño ambiental, se prohíbe la eliminación de los NFU por incineración a cielo abierto.

En cuanto a la materia de tasas sobre almacenamiento, traslado y reciclado de NFU, la ordenanza de Salliqueló dispone que las mismas se encontrarán a cargo del generador y distribuidor de manera solidaria. En el caso de esta ordenanza, la tasa se determinará por unidad de neumáticos conforme a la progresión equivalente a litros de combustible. Otras ordenanzas establecen números fijos sin esta equivalencia del valor del combustible.

Respecto al flete, la ordenanza municipal de Salliqueló determina que los NFU trasladados al CAT estarán a cargo de los consumidores. Además, dispone que el flete desde el CAT al Centro de Tratamiento estará a cargo de este último.

En miras a un trabajo de cooperación, las ordenanzas establecen la posibilidad de suscribir convenios para llevar adelante tareas de reciclado y tratamiento de NFU.



Acopio transitorio de NFU en planta de separación de Laprida

3.3. Certificación voluntaria de neumáticos reconstruidos

En cuanto a los neumáticos reconstruidos, el INTI es el organismo competente para su certificación. En el año 2019 el INTI estableció un reglamento técnico (RT-CNR-01) a aplicarse sobre los neumáticos reconstruidos respecto al mercado de reposición para la utilización en vehículos automotores, acoplados o semi-acoplados de las categorías M, N y O para su uso en vías públicas. Solo podrán ser reconstruidos aquellos neumáticos que posean la Certificación de Homologación de Autopartes de Seguridad (CHAS).

A continuación, se detallan las normativas vinculadas sobre la certificación de neumáticos reconstruidos:

- Ley Nacional de Tránsito y Seguridad Vial 24.449/94 y su Decreto Reglamentario 779/95. El Anexo I de esta ley determina las condiciones de seguridad que deben cumplir los neumáticos

nuevos como reconstruidos de acuerdo con las normas IRAM y respecto a los indicadores de desgaste como los grabados.

- Resolución 205/2010 de la ex Secretaría de la Nación de Industria, Comercio y de la Pequeña y Mediana Empresa: se disponen los requisitos necesarios para la obtención de la Certificación de Homologación de Autopartes de y/o elementos de Seguridad (CHAS) para neumáticos reconstruidos.
- Resolución 91/2001 de la ex Secretaría de la Nación de Industria, Comercio y de la Pequeña y Mediana Empresa: Se unifica la normativa sobre prescripciones vinculadas con la certificación de homologación del conjunto de autopartes y/o elementos de seguridad.
- Norma IRAM 113.320 (NM 250): Se establecen los requisitos y métodos de ensayo sobre cubiertas neumáticas nuevas de automóviles, sus derivados y remolques.
- Norma IRAM 113.321 (NM 251): Se disponen los requisitos, métodos de ensayo y redibujado de cubiertas neumáticas nuevas de camionetas y sus derivados, ómnibus, camiones y sus remolques.
- Norma IRAM 113.323 (NM 225): Criterios mínimos de selección de cubiertas neumáticas para reconstrucción y reparación. Inspección e identificación.
- Norma IRAM 113.324: Se abordan los materiales para la reconstrucción de cubiertas neumáticas.

- Norma IRAM 113.329: Refiere a la reparación de cubiertas neumáticas.
- Norma IRAM 113.319: Terminología, clasificación y marcado sobre conjuntos neumáticos para uso en vehículos automotores.
- Reglamento Mercosur NM 225.
- Reglamento 108 de Naciones Unidas: Disposiciones uniformes relativas a la homologación para la producción de neumáticos recauchutados para vehículos de motor y sus remolques. (Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas. Acuerdo relativo a la adopción de prescripciones técnicas uniformes para vehículos de ruedas, equipos y piezas que puedan instalarse y/o utilizarse en vehículos de ruedas y las condiciones para el reconocimiento recíproco de las homologaciones concedidas sobre la base de estas prescripciones).
- Reglamento Nº 109 de Naciones Unidas: Disposiciones uniformes relativas a la aprobación de la producción de neumáticos recauchutados para vehículos comerciales y sus remolques (Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa. Comité de transportes interiores. Acuerdo relativo a la adopción de prescripciones técnicas uniformes para vehículos de ruedas, equipo y piezas que pueden ser instalado y/o ser utilizado en vehículos de ruedas y las condiciones para el reconocimiento recíproco de las homologaciones concedidas sobre la base de estas prescripciones).
- Norma IRAM 352: Requisitos para organismos que operan sistemas de certificación de productos.

- Norma IRAM 354 (eqv. Guía ISO/IEC 28): Certificación de la Calidad. Reglas Generales para un Sistema Tipo de Certificación de Productos por Tercera Parte. Sistema de Sello o Marca de Conformidad con Norma.

Conforme al Reglamento del INTI los proveedores de materiales de reconstrucción como fabricantes e importadores deben certificar dichos materiales conforme a la Norma IRAM 113.324. Los reconstructores de neumáticos solo pueden utilizar materiales certificados en laboratorios del INTI.

SECCIÓN III:

La situación del posconsumo en la Argentina

1. CÁLCULO DE LA GENERACIÓN DE NFU

1.1. Total nacional

- Se tomó como supuesto base que cada neumático vendido en el mercado de reposición supone, simultáneamente, el retiro de otro neumático usado del mismo, de tal manera que la magnitud de ventas de neumáticos para reposición se iguala a la generación de NFU.
- Se partió de la estimación del peso total de los neumáticos reemplazados en el ámbito nacional para el período de un año, según lo estimado en la Sección II.
- Se aplicó un coeficiente de reducción de peso por uso del neumático, según información proporcionada por uno de los fabricantes nacionales, obteniéndose el peso en toneladas de los NFU generados. Para el caso de los camiones se tomaron datos de FADEEAC sobre NFU generados.

Tabla 16 Cálculo de NFU Generados – Total nacional
En toneladas - Año 2020

TOTAL NACIONAL	AUTOMÓVILES	VEHÍCULOS LIVIANDOS	TRANSPORTE DE CARGA (CAMIONES)	TRANSPORTE DE PASAJEROS (BUSES)	TOTAL GENERAL
Peso total neumáticos vendidos (t/año)	92.273	18.522	43.386	5.375	159.556
Coefficiente de merma por uso	84 %	84 %	70 %	70 %	
Peso total NFU generados (t/año)	77.509	15.558	30.370	3.762	127.200

FUENTE: FATE (2021); FADEEAC (2020)

Este cálculo no incluye los neumáticos de tractor y maquinaria agrícola y minera. Si se toma solamente el dato de ventas de tractores de un productor nacional y se asume que representa el 20 % de las ventas locales, habría que agregar otras 51.230 t de NFU (Tabla 17). Con ello llegamos a casi 180.000 t/año de generación de NFU (Tabla 18).

Tabla 17
Estimación de la generación de NFU en el mercado de tractores
Año 2020

VARIABLES	TONELADAS
NFU generado por empresa 1 (t/año)	10.246
Participación empresa 1 en el mercado	20 %
NFU estimado mercado total (en t/año)	51.230

FUENTE: FATE/cálculos propios

Tabla 18
Estimación de generación total de NFU a nivel nacional
En toneladas -Año 2020

VARIABLES	T
Generación estimada para vehículos de carretera (t)	127.200
Generación estimada para vehículos fuera de carretera (t)	51230
GENERACIÓN TOTAL ESTIMADA NFU	178.430

FUENTE: FATE/cálculos propios

Este cálculo no considera el descarte de neumáticos de maquinaria vial y de mantenimiento industrial, así que se considera un dato conservador de la cantidad de NFU generados anualmente.

1.2. La provincia de Buenos Aires

En la Tabla 19 se vuelca el cálculo realizado para estimar los NFU generados en la PBA. Para ello:

- Se partió del parque automotor de la PBA y la discriminación por tipo de vehículo.
- Se aplicaron los pesos promedio por tipo de neumático y se obtuvo el tonelaje aproximado de venta de neumáticos en la provincia.
- Se aplicó el coeficiente de merma por uso y se obtuvo el tonelaje de NFU generado en la provincia.

Tabla 19
Cálculo de NFU generados – Provincia de Buenos Aires- Año 2020

ÁMBITO	AUTOMÓVILES	VEHÍCULOS LIVIANOS	TRANSPORTE DE CARGA (CAMIONES)	TRANSPORTE DE PASAJEROS (BUSES)	TOTAL GENERAL
Parque automotor PBA (unidades)	4.404.441	934.061	223.109	31.202	5.592.813
Proporción PBA/total nacional (%)	41 %	35 %	33 %	37 %	40 %
Neumáticos vendidos PBA (unidades/año)	4.404.441	934.061	223.109	31.202	5.592.813
Neumáticos vendidos PBA (t/año)	38.278	6.538	14.279	1.997	61.093
Coeficiente de ajuste de merma por uso (%)	84 %	84 %	70 %	70 %	
NFU generados en la PBA (t)	32.154	5.492	9.995	1.398	49.039

FUENTE: DRNPA - La clasificación corresponde a ADEFA (ADEFA, 2020) / Cálculos propios

Este cálculo, al igual que en el caso nacional, no incluye los neumáticos de tractor y maquinaria agrícola y minera. Si se toma solamente el dato de ventas de tractores del mercado nacional calculado en la Sección II (otras 51.230 t de NFU) y se le aplica la participación de la PBA (33 %), tendríamos una generación adicional de 16.906 t, para un estimado total de NFU en la provincia de casi 66.000 t (Tabla 20).

Tabla 20
Cálculo de NFU Generados – Provincia de Buenos Aires
En toneladas -Año 2020

VARIABLES	T
NFU estimado mercado nacional de tractores (t/año)	51.230
Participación PBA (33 %)	16.906
Generación estimada neumáticos de vehículos de carretera de la PBA (t)	49.039
Generación estimada de neumáticos de tractores de la PBA (t)	16.906
Generación total estimada NFU en la PBA	65.945

FUENTE: DRNPA - La clasificación corresponde a ADEFA (ADEFA, 2020) /
Cálculos propios

1.3. La situación de los municipios en la PBA

A los efectos de una mayor precisión en el análisis y en el diseño de propuestas de políticas, interesa conocer adicionalmente la distribución de los NFU generados en la PBA por cada municipio, cálculos que se muestran en la Tabla 20. Para ello:

- Se tomó el valor del parque automotor provincial suministrado por ARBA para cada uno de los 135 municipios, lo que permitió establecer el porcentaje de vehículos que corresponde a cada municipio.

- Se aplicó ese porcentaje de vehículos al total de generación de NFU que se había estimado en la sección anterior, obteniéndose, a la vez, una aproximación a la distribución de NFU generados por municipio.

Con esa información se construyó el mapa que se muestra en la Figura 7, donde se observan las diferencias de densidad de generación por municipio. Se distinguen aquellos con una generación estimada de hasta 400 t/año, los que se estima generan entre 400 t/año y 1000 t/año y los que generan más de 1000 t/año.

Así, se advierte que la mayor concentración de generación de NFU se da en el conurbano bonaerense y en algunos municipios específicos, tales como Bahía Blanca y General Pueyrredón (donde se ubica Mar del Plata).

Asimismo, destacan en el interior de la provincia, como medianos generadores, los municipios de Necochea, Tandil, Olavarría, Junín, Pergamino, San Nicolás, Zárate y Campana.

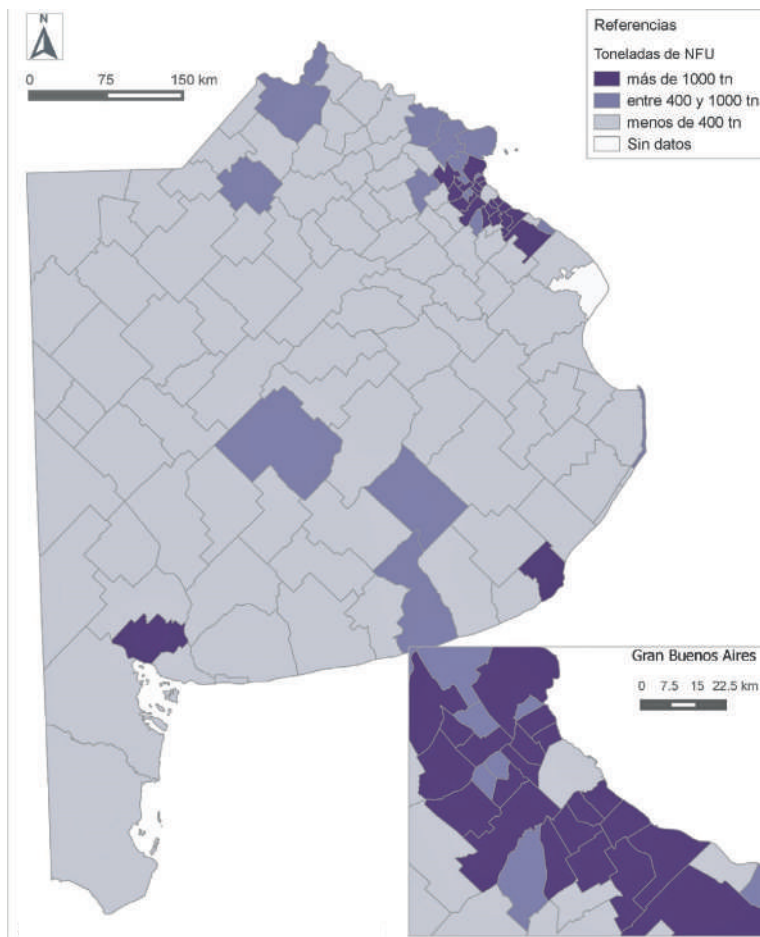
Tabla 21
 Estimación de NFU generados en los
 135 municipios de la PBA
 En toneladas -Año 2020

MUNICIPIO	AUTOS	% DEL TOTAL	NFU (t)
Adolfo Alsina	3.804	0%	103
Adolfo G. Chaves	2.520	0%	69
Alberti	2.745	0%	75
Almirante Brown	60.315	2%	1.641
Arrecifes	5.052	0%	137
Avellaneda	51.830	2%	1.410
Ayacucho	4.129	0%	112
Azul	12.690	1%	345
Bahía Blanca	63.785	3%	1.735
Balcarce	9.425	0%	256
Baradero	5.709	0%	155
Benito Juárez	3.711	0%	101
Berazategui	38.583	2%	1.050
Berisso	14.763	1%	402
Bolívar	7.824	0%	213
Bragado	8.623	0%	235
Brandsen	5.633	0%	153
Cañuelas	9.076	0%	247
Campana	20.249	1%	551
Capitán Sarmiento	3.002	0%	82
Carlos Casares	4.781	0%	130
Carlos Tejedor	2.610	0%	71
Carmen De Areco	2.899	0%	79
Castelli	1.791	0%	49
Chacabuco	9.800	0%	267
Chascomús	7.856	0%	214
Chivilcoy	12.312	1%	335
Colón	4.795	0%	130
Coronel Dorrego	3.812	0%	104
Coronel Pringles	4.273	0%	116
Coronel Rosales	11.237	0%	306
Coronel Suárez	9.577	0%	261
Daireaux	3.734	0%	102
Dolores	5.608	0%	153
Ensenada	10.302	0%	280
Escobar	33.199	1%	903
Esteban Echeverría	38.362	2%	1.044
E. De La Cruz	7.115	0%	194
Ezeiza	17.835	1%	485
Florencio Varela	36.676	2%	998
Florentino Ameghino	179	0%	5
General Alvarado	6.364	0%	173
General Alvear	1.818	0%	49
General Arenales	4.156	0%	113
General Belgrano	3.721	0%	101
General Guido	628	0%	17
General La Madrid	2.068	0%	56
General Las Heras	2.958	0%	80
General Lavalle	1.098	0%	30
General Maderiaga	4.244	0%	115
General Paz	2.053	0%	56
General Pinto	2.328	0%	63
General Pueyrredón	114.602	5%	3.118
General Rodríguez	12.990	1%	353
General San Martín	66.147	3%	1.800
General Viamonte	3.480	0%	95
General Villegas	7.169	0%	195
Guaminí	3.012	0%	82
Hipólito Yrigoyen	2.084	0%	57
Hurlingham	25.021	1%	681
Ituzaingó	31.106	1%	846
José C Paz	42.851	2%	1.166
Junín	20.602	1%	560
La Costa	15.235	1%	414
La Matanza	162.159	7%	4.412
La Plata	145.376	6%	3.955
Lanús	66.773	3%	1.817
Laprida	1.887	0%	51

MUNICIPIO	AUTOS	% DEL TOTAL	NFU (t)
Las Flores	4.350	0 %	118
Leandro N. Alem	3.454	0 %	94
Lezama	1.273	0 %	35
Lincoln	9.123	0 %	248
Lobería	3.216	0 %	87
Lobos	7.520	0 %	205
Lomas De Zamora	85.175	4 %	2.317
Luján	19.662	1 %	535
Magdalena	5.454	0 %	148
Maipú	2.429	0 %	66
M. Argentinas	27.541	1 %	749
Mar Chiquita	4.961	0 %	135
Marcos Paz	6.395	0 %	174
Mercedes	11.175	0 %	304
Merlo	46.647	2 %	1.269
Monte	3.839	0 %	104
Monte Hermoso	1.717	0 %	47
Moreno	45.225	2 %	1.230
Morón	69.280	3 %	1.885
Navarro	3.149	0 %	86
Necochea	18.339	1 %	499
9 de Julio	10.685	0 %	291
Olavarría	22.698	1 %	618
Patagones	6.558	0 %	178
Pehuajó	9.245	0 %	252
Pellegrini	1.652	0 %	45
Pergamino	20.687	1 %	563
Pila	873	0 %	24
Pilar	39.819	2 %	1.083
Pinamar	7.891	0 %	215
Presidente Perón	6.109	0 %	166
Puan	4.538	0 %	123
Punta Indio	2.583	0 %	70
Quilmes	80.955	3 %	2.202
Ramallo	6.325	0 %	172
Rauch	3.024	0 %	82
Rivadavia	4.151	0 %	113
Rojas	5.246	0 %	143
Roque Pérez	2.713	0 %	74
Saavedra	5.374	0 %	146
Saladillo	6.853	0 %	186
Salliqueló	2.406	0 %	65
Salto	7.276	0 %	198
S. A. De Giles	4.399	0 %	120
S. A. De Areco	4.693	0 %	128
San Cayetano	1.601	0 %	44
San Fernando	23.931	1 %	651
San Isidro	74.637	3 %	2.031
San Miguel	44.452	2 %	1.209
San Nicolás	26.042	1 %	708
San Pedro	8.336	0 %	227
San Vicente	7.983	0 %	217
Suipacha	1.958	0 %	53
Tandil	28.742	1 %	782
Tapalqué	1.687	0 %	46
Tigre	62.672	3 %	1.705
Tordillo	536	0 %	15
Tornquist	3.387	0 %	92
Trenque Lauquen	11.466	0 %	312
Tres Arroyos	12.420	1 %	338
Tres de Febrero	47.323	2 %	1.287
Tres Lomas	2.116	0 %	58
25 de Mayo	6.699	0 %	182
Vicente López	65.250	3 %	1.775
Villa Gesell	6.241	0 %	170
Villarino	5.687	0 %	155
Zárate	19.987	1 %	544
Total	2.423.981	100 %	65.945

FUENTES: ARBA; DRNPA - La clasificación corresponde a ADEFA (ADEFA; 2020) / Cálculos propios

Figura 7 Toneladas anuales de NFU en la PBA
Distribución estimada por municipio - Año 2020



Elaboración propia en base a fuentes: DNRPA/ADEFA - ARBA

GENERACIÓN ESTIMADA NFU EN PBA EN 2020=66.484 t

Elaboración propia con base en: DNPA/ADEFA-ARBA

2. Situación actual y potencial de la recuperación y el aprovechamiento de NFU

2.1. Reconstrucción de neumáticos

En esta sección se abordará el tema de la reconstrucción de neumáticos en el país, desde la propia definición del término según la legislación local, hasta una breve descripción de la situación de la actividad en general y, cuando sea posible, en el ámbito más acotado de la PBA.

En cuanto a la clasificación de la actividad en la producción de bienes y servicios, la Clasificación Nacional de Actividades Económicas (ClNAE-97) le asigna el código “2511.2 Recauchutado y renovación de cubiertas”.



Respecto al comercio externo, la base de estadísticas de comercio internacional de la ONU (COMTRADE) establece para los neumáticos reconstruidos los códigos de clasificación indicados en la Tabla 22.

Tabla 22 Comercio exterior: códigos de categorías de neumáticos usados y recauchutados

4012	TOTAL NEUMÁTICOS RECAUCHUTADOS O USADOS, DE CAUCHO
401210	Neumáticos recauchutados
401211	De los tipos usados en automóviles de turismo y de carrera
401212	Del tipo usado en autobuses y camiones
401213	De los tipos usados en aeronaves
401219	Los demás
401220	Neumáticos usados
401290	Neumáticos NEP en la partida 4012

FUENTE: COMTRADE (2021)

• **Qué neumáticos se reconstruyen**

Debe añadirse a esta lista algunos de los neumáticos de origen asiático, que tienen un peso y densidad menor y que no resultan aptos para reconstrucción, en cuanto las bandas de rodamiento de reemplazo están diseñadas para neumáticos más pesados y su utilización para aquellos no permite asegurar la confiabilidad del proceso y del producto final.

Es de señalar que, si bien pueden reconstruirse todos los neumáticos dentro de las limitantes descritas, la legislación prohíbe su uso en el eje de dirección, excepto para vehículos de transporte colectivo de corta distancia.

Asimismo, en el caso local, las empresas de transporte de petróleo y combustibles no reconstruyen sus neumáticos y, por el contrario, los reemplazan por nuevos. Un caso adicional es el sector público (bomberos, gendarmería, ejército, prefectura), que tampoco reconstruyen sus neumáticos.

• El mercado de reconstrucción en la Argentina

La reconstrucción implica un menor costo para los usuarios, además de los impactos ambientales evitados en cuanto reducción de emisiones y consumo de materiales.

A los valores actuales² se estima el precio de un neumático nuevo en unos USD 700 y el precio de cada reconstrucción entre USD 150 y USD 180, asumiéndose que la primera reconstrucción dará una vida útil similar a la del neumático nuevo y, las otras dos, algo menor.

De tal modo que dos procesos de reconstrucción sumados al precio original del neumático darían un costo total desde USD 1000 para tres vidas del neumático. Si se asume que el segundo y el tercer recapado aseguran un 70 % de la vida útil de un neumático original, todavía el proceso de doble reconstrucción debería asegurar esas tres vidas del neumático con un 40% de ahorro, contra la opción de utilizar solo neumáticos nuevos.

El mercado de empresas rectoras en la Argentina está bastante desarrollado, aunque con una segmentación importante entre empresas formales e informales.

En una consulta a la cámara sectorial, la Asociación de Reconstructores Argentinos de Neumáticos (ARAN) informó sobre la existencia en el país de unos 90 talleres (60-70 estarían activos actualmente), si bien se reconoció un número mucho mayor (250) que abarcaría talleres informales y aquellos que operan dentro de las compañías de transporte (probablemente

² Estimaciones de fuentes de la industria a junio de 2021.

habría que añadir a esta lista una cantidad de talleres no adheridos a la Cámara).

En el Anexo 2 se listan los talleres de reconstrucción, donde puede advertirse que de los 57 registrados por la Cámara, 22 están ubicados en la PBA, estimándose que debe existir un número mayor de talleres informales y de otros pertenecientes a empresas de transporte (un 40 % o más del total de talleres).

Certificación y calidad. La segmentación del mercado por tipo de talleres implica que los de mayor grado de formalización han pasado también por un proceso de certificación. En el Artículo 3° de la Resolución 205/2010 de la Secretaría de Industria, Comercio y de la Pequeña y Mediana Empresa, se define el CHAS como el instrumento que habilita la comercialización, importación o transferencia por cualquier título en el territorio nacional de la autoparte y/o elemento de seguridad de que se trate para el mercado de reposición.

La Licencia de Certificación es la constancia emitida por un Organismo Certificador Reconocido (en este caso, el INTI), mediante la cual se certifica el proceso de reconstrucción de neumáticos y se acredita el cumplimiento de las condiciones de seguridad activa y pasiva del neumático reconstruido de que se trate o de su familia, según corresponda. El marco normativo de la actividad se completa con la Norma IRAM 13.323, los reglamentos de Naciones Unidas (R108 Y R109) y el Reglamento MERCOSUR (NM 225) (Ver Anexo 4).

Por otra parte, a los efectos de asegurar la trazabilidad de los sucesivos procesos de reconstrucción del neumático, este tiene una etiqueta interna y otra externa (que soporta el proceso de vulcanización), donde se establece su origen, la fecha y la empresa a cargo de cada reconstrucción.



Etiqueta interna para la trazabilidad de la reconstrucción

En el caso de algunos fabricantes otorgan una garantía a la carcasa para el primer recapado, si el proceso se lleva adelante en sus propios talleres o en talleres homologados por ellos.

Tecnología Muchos talleres operan con apoyo tecnológico o acuerdos para la provisión de materiales e insumos para el recapado, de empresas proveedoras de estos materiales (por ejemplo, Vipal, Marangoni, entre otros). Hay que agregar a esta lista las empresas fabricantes de neumáticos nuevos (Pirelli, FATE) o importadoras (Goodyear) que, o bien tienen talleres de su red de servicios para la reconstrucción o fabrican y/o venden bandas de rodamiento para reemplazo y otros insumos para la reconstrucción. El proceso de reconstrucción está detallado en el Anexo I.

• **Características de funcionamiento del sector reconstructor de neumáticos**

La reconstrucción de neumáticos se considera una actividad de fabricación, pero con la particularidad de que no se produce para stocks, sino que la actividad funciona como un servicio a pedido, es decir, a medida que lo solicitan los clientes. De tal forma que las empresas rectoras recogen un lote de neumáticos de la empresa transportista (un caso común en el sector), lo reconstruyen en su taller y lo vuelven a entregar renovado. En otros casos, son los propios transportistas los que llevan al taller los neumáticos para renovar y los retiran luego de cumplido tal proceso.

Tal diferencia puede no ser menor, ya que en el primer caso el restructor realiza una inspección previa en la empresa del cliente, descartando allí los neumáticos que no pueden ser reconstruidos (un 20 % promedio según se pudo constatar con fuentes de la industria). De este modo, evitan llevar a su propia planta neumáticos que posteriormente deberán ser descartados, ocupando un espacio innecesario de almacenamiento.³

Las materias primas utilizadas para la reconstrucción son fundamentalmente: bandas recuradas, parches (diferentes según sea para neumáticos convencionales —tela de nylon— o radiales —malla de acero—), cemento Flux, cojines, cordones,

³ Se relacionan con esto las respuestas sobre nivel de rechazo de neumáticos ingresados entre una empresa que recibía de sus clientes los neumáticos (20 % de rechazo) y otra que recogía los neumáticos de la empresa del cliente (2 % de rechazo). En el segundo caso, el control previo en el origen evitaba llevar neumáticos que posteriormente serían rechazados.

entre otros. Los materiales suelen estar certificados y pueden ser provistos por los propios fabricantes de neumáticos originales.

Desperdicio. Aproximadamente un 20 % de los neumáticos después de su primer uso no pueden ser reconstruidos por el nivel de daño que presentan. En este caso, los neumáticos descartados al final del proceso pueden ser remitidos a procesadores intermedios, para su trituración y granulado para utilizarse en procesos posteriores o, alternativamente, enviados al CEAMSE para su disposición final. El alcance del estudio no permite descartar que, en otros casos, especialmente en los talleres más informales, el descarte se haga de forma descontrolada y en condiciones y destinos no adecuados.

Adicionalmente, el proceso de pulido de los neumáticos genera un polvo de caucho que en muchos casos es aprovechado, derivándose a empresas que producen utilitarios como carteras, ojotas y otros productos.

En uno de los casos analizados, todas las semanas venden a un tercero un estimado de 28 tambores de 200 kg de caucho en polvo para su utilización en otros productos. El hecho de que el comprador pague por su producto señala una diferencia con la provisión de NFU desde los municipios a acopiadores o transformadores. En este último caso, el costo de transporte hace no rentable la actividad aguas abajo.

Probablemente influya en esto el hecho de que, mientras los neumáticos sin procesar ocupan un gran espacio físico (entre el 70 % y 80 % del volumen de los neumáticos trasladados enteros es

aire), el polvo es un elemento compacto dentro de un contenedor y con un costo consecuentemente menor de transporte.

• **La producción y el comercio**

En primer lugar, la Ley 25.626 en su Artículo 1º prohíbe la importación de neumáticos usados y recauchutados. Se exceptúa la importación de neumáticos remodelados (recauchutado de talón a talón) solo desde aquellos países a los que se haya vendido previamente neumáticos usados y en una cantidad equivalente.

Por esa razón, la ausencia de comercio exterior implica, en principio, que la producción y el consumo de neumáticos reconstruidos deberían coincidir.

Las fuentes consultadas han señalado que las fluctuaciones del mercado de neumáticos reconstruidos dependen fundamentalmente de la evolución del comercio exterior de neumáticos nuevos. En períodos como el actual, con ciertas restricciones a la importación, aumenta el mercado para los neumáticos reconstruidos.

Por otra parte, cuando crece el ingreso de un segmento de neumáticos nuevos asiáticos de bajo costo, la demanda de reconstrucción baja, ya que los usuarios prefieren consumir esos neumáticos importados de menor precio.

Respecto a las cifras de reconstrucción de neumáticos, propiamente dicha, no existe estadística oficial al respecto, por lo que se depende, para la elaboración de datos, de las

mismas restricciones anotadas en la sección anterior respecto al resto del mercado de neumáticos.

De modo tal que la información estadística presentada aquí constituye una estimación gruesa y no puede ser considerada una medida exacta de las variables presentadas.

Según la cámara sectorial ARAN, se reconstruyen anualmente unos 960.000 neumáticos, lo que se reflejaría en un peso aproximado de 43.008 t para el ámbito nacional.⁴

Además, se asume como supuesto que el total reconstruido en la PBA representa una proporción del total nacional equivalente a la proporción del parque automotor de buses y camiones de la PBA en el total nacional. Aplicando el coeficiente obtenido (33 %) al total de reconstrucción en el ámbito nacional, puede estimarse que casi 3000 t corresponden a la provincia. A los efectos del análisis, resulta de interés estimar qué porcentaje representa este valor en el total de tonelaje de NFU generados anualmente.

• Cálculo de generación anual de NFU de camión y bus

Con este objetivo se realizó una estimación de las ventas (consumo nacional) de neumáticos de transporte pesado de carretera, a partir de información proporcionada por uno de los productores locales.

⁴ Para la estimación se calculó el peso promedio de 64 kg por unidad, utilizado en las secciones precedentes, al que se le aplicó un coeficiente de merma de peso del 30 % (según estándar provisto por uno de los fabricantes locales de neumáticos).

Como supuesto del cálculo, se considera que por cada neumático vendido se genera un NFU que sale de circulación, por lo que ambas cifras se igualan.

Asimismo, para el cálculo para la PBA, se tomó del Registro de la Propiedad Automotor la participación de los buses y camiones registrados en la PBA sobre el total nacional: 33,34 %.

Para el cálculo:

- Se partió del valor en toneladas de los NFU generados de camión y buses para un año, calculado en la sección anterior.
- A esa data se le sumó el valor estimado por la cámara sectorial de las toneladas de neumáticos reconstruidos (960.000 neumáticos x 44,8 kg por unidad en el ámbito nacional), para llegar al valor en toneladas de los neumáticos al fin de su primer uso (NFPU), tanto nacional como provincial. Para obtener el valor de la PBA se le aplica al total nacional el 33,34 % del total estimado en secciones anteriores.
- Sin embargo, en las visitas a talleres de reconstrucción se señaló que aproximadamente el 20 % de los neumáticos recibidos no pueden reconstruirse por daño estructural, por lo que se asume que el tonelaje de neumáticos aptos para reconstrucción llegaría a 61.713 t (para la PBA la proyección sería de 20.599 t).

De esto resulta que el total reconstruido representa el 70%, en ambos casos, del total potencialmente reconstruible.

Por lo tanto, existe un potencial de reconstrucción adicional de 18.705 t adicionales en el ámbito nacional y de 6243 t en la PBA (Tabla 23).

Debe señalarse que este cálculo no incluye la estadística de neumáticos de tractores o maquinaria vial o minera, que debería aumentar el tonelaje disponible para reconstrucción.

• **Principales obstáculos para el desarrollo de la actividad**

Ante la consulta realizada a la Cámara y algunos empresarios del sector acerca de los principales obstáculos al desarrollo de la actividad, así como del tipo de medidas que pudieran emprenderse desde la acción del Estado y del sistema normativo, las observaciones más relevantes fueron:

Desde el punto de vista regulatorio, se señaló una debilidad en el sistema de controles (VTV, otras inspecciones) para detectar neumáticos que ya no pueden circular (asegurando su destrucción) y realizar un efectivo control de los neumáticos reconstruidos (realización en talleres certificados, bajo procesos normalizados, etc.).

Necesidad de control sobre la importación de ciertos segmentos de neumáticos asiáticos, para verificar que cumplan con la normativa vigente.

Necesidad de generar una normativa que aliente la reconstrucción de neumáticos entre los entes oficiales del Gobierno nacional, provincial y municipal.

Necesidad de generar incentivos para el desarrollo de la industria de reconstrucción (por ejemplo, premios a las empresas que lo hacen).

Mayor control en los sitios de disposición final (destruir el neumático cuando ya no sirve más: trozar, cortar el talón, para impedir su reúso).

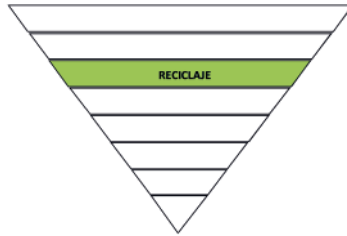
Desde un punto de vista más general, la necesidad de un reordenamiento y coherencia entre la normativa de los distintos niveles (nacional, provincial, municipal), a través de una ley de REP que opere como elemento rector y ordenador y que induzca a un mejor reaprovechamiento a lo largo de toda la cadena del neumático, incluyendo la facilitación del acopio y traslado de neumáticos usados como actividad subsidiada.

Necesidad de tomar ejemplos como el de Brasil, con un marco normativo nacional y gestión centralizada, así como el de Europa, con sistemas integrales de recolección y reciclado.

2.2. Reciclado

La Resolución SAyDS 523/13 define el reciclaje como “todo proceso de extracción y transformación de los componentes y/o elementos de los neumáticos de desecho para su utilización como insumo o materia prima de otro proceso productivo en una aplicación distinta a la original”. Por lo tanto, los neumáticos reciclados son aquellos no aptos para reconstrucción, es decir, todos aquellos que no son de transporte de carga de pasajeros o de actividades del agro o de la minería. Adicionalmente, todos los neumáticos con más

de 5 años de antigüedad tampoco podrían ser reconstruidos y, por lo tanto, serían un insumo útil para este proceso.



El reciclado de NFU implica ya sea su utilización y aprovechamiento sin ningún tipo de transformación, como también su procesamiento, primero a través de un proceso de trozado y granulado, para después ser utilizado en la producción de otros bienes finales. En esta sección se referirán ambas opciones.

• Transformación intermedia de los NFU

› Características del sector de transformación intermedia de NFU

El sector transformador intermedio de NFU es aquel que procesa estos neumáticos, a través de sucesivos pasos de trozado y granulado, hasta obtener distintos grados de fragmentación, hasta el polvo de caucho, tal como se describió en la Sección I. En muchas ocasiones, el producto de este segmento es empleado por empresas relacionadas, para la fabricación de productos finales.

En el caso local se utilizan sobre todo procesos de trituración mecánica y, por tanto, los productos resultantes son de alta calidad, limpios de todo tipo de impurezas, lo que facilita el uso de estos materiales en nuevos procesos y

aplicaciones. Tal como se describiera en la sección destinada a la descripción de procesos, se obtiene también acero y fibras textiles.⁵

En cuanto al sector encargado de triturar y granular NFU, y en el caso particular de la PBA (o con influencia en ella), se detectaron 5 empresas con capacidad de procesar en conjunto más de 37.000 t/año de NFU (dos de ellas situadas en Arroyo Seco, Santa Fe, pero con proyección hacia el norte de la PBA). Al momento de redacción del informe, ReNFU aún no estaba produciendo y solo se contaba con datos de Regomax, que está operando en un porcentaje apenas superior al 50 % de su capacidad y Kumén Co, con una tasa de utilización actual del 25 % (Tabla 24).

**Tabla 24 - Empresas del sector de transformación intermedia de NFU en la PBA
Capacidad instalada y producción actual informada**

EMPRESA	CAPACIDAD INSTALADA (t/año)	PROCESAMIENTO ACTUAL (t/año)	UBICACIÓN
REGOMAX	18.000	9.600	José León Suárez, PBA
WORMS S.A. (**)	12.000	S/D	Arroyo Seco, Santa Fe (centro de acopio en Baradero)
ECO-LAUDA	6.000	S/D	Tigre, PBA
KUMEN-Co (**)	1.200	600	Arroyo Seco, Santa Fe
ReNFU (*)	240	0	Exaltación de la Cruz, PBA

(*) solo corte del NFU *in situ*, separando la banda de rodamiento de los laterales.

(**) se incluyen por su cercanía a la PBA, de donde recogen NFU.

FUENTE: ENTREVISTAS N.º 4, 5 y 13 (2021)

La encuesta llevada adelante por el OPDS (2021) reveló que 37 municipios (el 29 % del total) tiene convenio o está en trámite para el retiro o entrega de los NFU a alguna de estas empresas tratadoras. En ellos no se definen claramente las

⁵ En el caso de alguna de las empresas entrevistadas el proceso se reduce a aplicar un corte que separe la banda de rodamiento de los laterales para su utilización posterior, pero no se separan los distintos materiales ni se troza o granula el NFU.

condiciones (regularidad de retiro/entrega, costos para ambas partes), a la vez que se acuerdan ciertas compensaciones (entrega de caucho, contratación de mano de obra local).



Acopio transitorio de NFU en el Ecopunto de Avellaneda, previo a su envío a Regomax

›El mercado de insumos y del producto

Materias primas: el origen de los NFU. Las principales fuentes para las empresas instaladas son las empresas fabricantes locales de neumáticos, los municipios, las grandes gomerías, las gomerías pequeñas y otros privados (empresas de transporte de carga y pasajeros).

En general, los actores entrevistados coincidieron en que la provisión por parte de fabricantes y grandes gomerías se ve facilitada, así como en el caso de algunos municipios. En cambio, las pequeñas gomerías son actores de más difícil acceso para la derivación de NFU. Los costos de la logística de traslado dificultan el aprovisionamiento.

› Principales obstáculos para el desarrollo de la actividad

La principal limitante para el desarrollo de este sector reside en la falta de un suministro de NFU confiable, continuo y a un costo que haga factible la operación.

La principal empresa en la PBA está operativa desde 2010. El CEAMSE fue su principal proveedor al principio, remitiendo el material sin costo; sin embargo, en la actualidad, cuando esa provisión supera las 15 mil toneladas deben pagarles por el suministro de NFU. Con otros proveedores esto no sucede y reciben los NFU sin costo por parte de empresas fabricantes de neumáticos, algunos municipios y grandes gomerías.

Si bien la provisión de los grandes generadores tiene continuidad, no sucede lo mismo con los particulares, pequeñas gomerías, municipios, etc. Señalan que en este caso la recolección y traslado de los NFU debería correr a cargo de los municipios. Por una parte, esto resulta oneroso, por las distancias a recorrer y por el hecho de que se trasladan neumáticos enteros (el 70 % - 80 % del NFU entero transportado es aire, lo cual encarece el traslado).

Como la tasa que pagan los municipios por entierro de todo tipo de desperdicios (incluyendo los neumáticos) en el CEAMSE es relativamente baja (\$1.200 \$/t), los estímulos para separar los NFU para otro destino son reducidos.

Una barrera importante a la entrada en este sector es el costo de los equipos. Una de las empresas consultadas refirió que un triturador cuesta 2 millones de dólares (50 %

más por importación); esa firma posee equipos hidráulicos alimentados por motores eléctricos: un triturador primario y tres granuladoras. El mantenimiento es el mayor problema de estos equipos. Consideran a los equipos chinos, por un lado, como descartables; por otro lado, en los equipos americanos y europeos un juego de cuchillas cuesta 40 mil dólares. Se estimó un costo total de la planta de 5 millones de dólares.

Al preguntarse sobre los equipamientos móviles para triturado de NFU en su lugar de origen, como modo de abaratamiento del traslado posterior, se informó que de todos modos el costo de ese equipamiento es elevado (no menos de 1,5 millones de dólares).⁶

Otro de los casos analizados es un emprendimiento que cuenta con dos equipos móviles que traslada a la fuente de provisión de NFU, donde cortan el neumático separando la banda de rodamiento de los laterales, reduciendo así un 75% el costo de traslado posterior. Al hacerse cargo del transporte, se convierten en una opción preferible para los municipios frente a otras opciones de destino de los NFU.

En ese caso, la clave para mantenerse competitivos sigue siendo la distancia y la inexistencia de instalaciones de acopio o transformación ulterior de los NFU cortados, lo cual mantiene bajos los costos fijos. Para asegurar la factibilidad

⁶ Sin embargo, debe señalarse que, al momento de redactar esta reseña, la encuesta de municipios que se lleva adelante detectó, simultáneamente, la presencia de una empresa que dispone de equipos trituradores móviles de menor costo y ofrece a los municipios el triturado *in situ*. Actualmente, tiene acuerdos con, por los menos, ocho municipios y está en tratativas con otros tres.

del negocio deben asegurar la venta de las celdas y los laterales en sitios cercanos a los de recolección del material, minimizando el traslado y asegurando operaciones con la mayor simultaneidad posible entre la obtención y corte de los NFU y su ubicación posterior como productos en la zona aledaña (sin requerimiento de facilidades de almacenamiento y los costos operativos que ello implica).

Por lo tanto, su mayor desafío actual es el de consolidar un mercado estable para sus productos; se trata de un modelo de negocio que todavía deberá probarse exitoso y en la actualidad no tiene incidencia mayor sobre el procesamiento de NFU.

Ambos casos referidos comprueban la aseveración de que la logística de traslado de NFU enteros implica un costo que los municipios no están, en general, dispuestos a soportar y las empresas transformadoras no pueden financiar, sosteniendo al mismo tiempo una operación eficiente. Como efecto de lo expuesto, la planta de mayor porte opera normalmente al 50 % de su capacidad, afectando la posibilidad de recuperación de costos y de operar con niveles de rentabilidad adecuados. A su vez, la mitad de los municipios que acopian NFU no tienen previsto un sistema de gestión para su retiro y tratamiento posterior, quedando un stock ocioso.

Se mencionó el contraste con casos como Alemania y Brasil, donde la existencia de una ley REP, permite subsidiar la producción de su caucho molido y ofrecerlo en condiciones

que los productores locales consideran como de *dumping* en el mercado. Con respecto a Brasil, se señaló que allí el costo del caucho molido son 170 dólares /t, mientras que aquí se eleva a la t (USD 250).

Como consecuencia de las condiciones expuestas, en el año 2019 se registró una importación de caucho granulado de 826,6 t (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2020). En particular, se informó que cierto granulado de caucho con pigmentos de mayor calidad es importado. Como contrapartida, una de las empresas reportó la exportación anual de unas 300 t a Chile y a Uruguay.

La respuesta a la pregunta sobre qué hacer para fortalecer la competitividad de este sector tiene varias aristas: lo normativo (ley de REP, recolección diferenciada por parte de los municipios), la organización del acopio y del transporte de NFU, el corte temprano para minimizar costos, entre otras. En la última sección se tratará este problema y se sugerirá algunas opciones para superarlo.

• **Producción de bienes finales con caucho granulado**

Existe una cantidad indeterminada de empresas locales (muchas veces vinculadas con las que, aguas arriba, trituran y granulan los NFU) que fabrican otros productos utilizando caucho granulado o en polvo. Si bien el estudio no ha profundizado en este aspecto, se mencionan algunos productos actualmente en fabricación o en fase de producción piloto o experimental.

›Asfalto modificado

Esta es una opción de utilización del NFU una vez pasado por un proceso de molienda, para fabricación de asfaltos modificados. Se estima que pueden generarse formulaciones de hasta 18 o 22 % de molido de caucho, por lo que existe un alto potencial de uso para este propósito. El resultado es un asfalto de mayor dureza y viscosidad, aunque requiere más energía para calentarlo.

Si bien aún no se está produciendo en el medio local más allá de pruebas y algunos lotes pequeños de experimentación, se incluirá en esta sección por su potencialidad para absorber una parte importante de la generación de NFU.

En la actualidad se están realizando pruebas en YPF (que ha experimentado con la producción de juntas de pavimentos de hormigón), en colaboración con un proveedor local de caucho granulado. Esto es así porque se necesita una molienda especial para asegurar un adecuado proceso de dispersión posterior del caucho. Para ello, se requiere que el material se mantenga estable desde la elaboración hasta el vertido.

Se señalaron problemas recurrentes también para otras aplicaciones: la necesidad de lograr un acopio constante y estable de NFU a un precio competitivo internacionalmente. Aquí se repiten ambos aspectos como limitantes para incursionar en una producción constante de asfalto modificado. En YPF se indica que podrían utilizarse entre 1000 y 1200 t de NFU al año en la producción de asfaltos.

Para avanzar en esta área se requeriría, además de los aspectos señalados, algún estímulo en la normativa de contratación pública, la que podría estipular, por ejemplo, que un porcentaje del asfalto a utilizar en la obra pública debería ser modificado.

›Producción de geoceldas

Este es un proceso en el que se separa la banda de rodamiento de los laterales y se rellena con piedra partida con granulometría estandarizada o escoria de acerías, produciendo geoceldas que después son utilizadas para construir muros de contención de erosión, accesos a campos, industrias, *feedlots* y otras instalaciones. Pueden desarmarse posteriormente y tienen un costo menor a las geoceldas industrializadas. Sobre los laterales se estaba experimentando, al momento de producir este informe, en la cobertura de silos, de forrajes, etc. Permitirían el reemplazo de la cubierta entera, sin alambres ni acumulación de agua ni suciedad, con mayor cubrimiento por unidad de peso y transporte.

›Producción de canchas de pasto sintético

La producción de césped sintético deportivo y de superficies deportivas en general es uno de los principales usos del NFU procesado. Una sola empresa productora de canchas de césped sintético cubre entre el 70 % y el 80 % de la demanda nacional en ese rubro.

Existe un número indeterminado de empresas que utilizan el caucho granulado para fabricar otros productos finales.

›Producción de pisos y baldosas de caucho

Otra de las aplicaciones locales del caucho granulado es la producción de pisos enteros o baldosas de caucho. Tal es el caso de una empresa de Santa Fe que, a tal efecto, recibe NFU de hasta 150 km de distancia (incluido el norte de la provincia de Buenos Aires) para su granulado y transformación en el producto final: baldosas amortiguantes y pisos de seguridad.

• Aplicaciones directas de los NFU

›Como soporte de silopuentes

Una actividad detectada es la compra NFU a los casqueros (aquellos neumáticos que estos no pueden revender para un uso adicional en vehículos) y su reventa a productores de ganado. Los NFU, tal como están, se utilizan para los silopuentes que se emplean para acumular el alimento destinado a los animales por criadores de ganado, *feedlot*, tambos, etc. Los NFU se acumulan sobre los silopuentes, ejerciendo presión sobre los mismos y evitando la filtración de aire por debajo, que descompone el contenido.



Normalmente esta actividad se realiza casi exclusivamente con NFU de autos y camionetas. Los de mayor dimensión resultan demasiado pesados para los silopuentes y requieren una logística más costosa. La provisión a los ganaderos se hace a través de los camiones jaula que regresan vacíos a su punto de origen y, por lo tanto, pueden trasladar los neumáticos con un costo de casi un 70 % más bajo del flete normal. Los productores ganaderos pagan los neumáticos y el traslado. Para un solo caso, que concentra el acopio y el transporte de NFU, se estimó un envío actual anual de hasta 100.000 NFU (cantidad que podría duplicarse). A un peso promedio estimado de 10 kg por neumático, esto supone un volumen de 1000 t/año.

›Otras aplicaciones de NFU sin transformar

Existen otras opciones de aplicaciones de los NFU sin sufrir una transformación previa, muchas de las cuales han sido referidas por los municipios entrevistados durante este trabajo. Sin embargo, por la dispersión de casos y la falta de registro no es posible tener una estimación del volumen dedicado a estas aplicaciones. Pueden mencionarse entre otras:

- Postes de seguridad
- Muros de contención
- Terraplenes en carreteras
- Rompeolas
- Barreras acústicas

En respuesta a las encuestas suministradas, en 19 municipios se mencionó el uso de NFU en establecimientos rurales, mientras que, en otros 15 casos, como base y protección de silobolsas. En 5 casos adicionales se mencionó el uso en alcantarillas y contención de tierra; delimitación de caminos; contención en caminos rurales; huerta; armado de composteras; adornos; y en otros 5 casos, la utilización en autódromos/autoclubes/karting, como protección y contención.

2.3. Valorización híbrida: coprocesamiento de NFU en la producción de cemento⁷

El coprocesamiento es la integración ambientalmente segura de residuos provenientes de una fuente o proceso conocido, al proceso de fabricación de cemento (Entrevista N.º 10, 2021).

Siguiendo el criterio de la economía circular, tal cual se presenta en la Norma IRAM 29.600 (IRAM, 2020), que ordena según distintos ejes las diferentes técnicas de valorización de residuos, el coprocesamiento en la industria cementera se ubica en cuarto lugar, inmediatamente después de la utilización del residuo.

Uno de esos residuos es el NFU, con un proceso de desgaste o daño estructural que hace imposible el reaprovechamiento en su función original. La razón por la que se ubica antes de la valorización energética es porque

⁷ El desarrollo de esta sección se basó en publicaciones e información proporcionada por la Asociación Nacional de Fabricantes de Cemento Portland (Entrevista N.º 10, 2021) y en la Norma IRAM 29.600 (IRAM, 2020).

el coprocesamiento en la industria cementera asegura una recuperación integral del residuo.

La técnica de coprocesamiento en la industria cementera proporciona una opción de valorización sostenible gracias a que realiza una recuperación eficiente de los R y S. No sólo se utiliza su energía remanente para la operación del horno de clinkerización, sino que también valoriza su parte material, incorporando las cenizas de combustión en la matriz del clínker. Esta recuperación tiene, a su vez, el efecto de reducir los requerimientos de combustibles fósiles y materias primas vírgenes no renovables (IRAM, 2020, p. 7).

Esta técnica, entonces, proporciona un consumo sostenible de varios subproductos industriales, evitando que se conviertan en residuos.

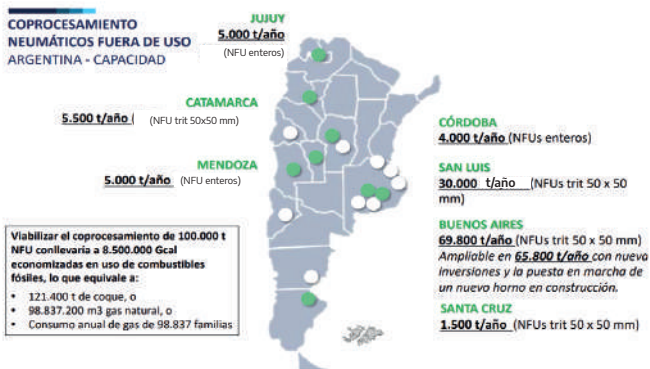
›Qué neumáticos son utilizados en coprocesamiento

Los neumáticos utilizados para coprocesamiento son aquellos que, por el desgaste o daño estructural que presentan, no pueden ser utilizados para su fin original. Adicionalmente, y desde la jerarquización descripta antes por la economía circular, es preferible que los NFU sean prioritariamente reciclados como materia prima para fabricar otros productos. La política pública debería establecer los incentivos adecuados para que este ordenamiento se haga posible.

• Características de funcionamiento del sector cementero en la Argentina

El coprocesamiento se inició en la Argentina a fines de la década de los noventa. La cámara sectorial estima que la capacidad total de la industria cementera para consumir NFU es de 120.800 t/año y 69.800 t/año en la PBA. En la actualidad, existen en la Argentina cuatro empresas con 17 plantas productoras de cemento distribuidas en todo el país. De estas plantas tan solo 8 tienen capacidad de coprocesamiento de NFU (las señaladas con puntos verdes), como se muestra en la Figura 8.

Figura 8 Distribución nacional de empresas cementeras



Fuente: Entrevista N.º 10 (2021)

Sin embargo, por diversas razones que se comentarán más adelante, el nivel de coprocesamiento actual de NFU en el país

apenas alcanza las 4.000 t/año en plantas de las provincias de Jujuy y Mendoza (Holcim). En el caso de la PBA, con una capacidad de procesamiento de casi 70.000 t/año, en este momento no se está coprocesando NFU, más allá de algunas pruebas en las plantas de Olavarría.

El grueso de las plantas con horno de la PBA requiere una etapa previa de trituración. El proceso de trituración es más simple que cuando se destina el material a otros fines, pues no requiere separar el caucho del acero. Se trata de destalonar el neumático y “chipearlo” (reducirlo a fragmentos de 5 cm por 5cm).

- **Principales obstáculos para el desarrollo de la actividad**

A pesar de la alta capacidad para procesar NFU por parte de la industria de cemento local, tan solo algo más de un 3 % de esa capacidad está siendo utilizada actualmente.

En primer lugar, solo 8 plantas de 17 tienen la capacidad de coprocesar NFU y muchas de ellas (entre las que se cuentan las de la PBA), requieren que esos neumáticos sean triturados previamente, paso que incrementa el costo de la provisión del material a las plantas cementeras. En este punto aparecen obstáculos comunes a otras opciones de aprovisionamiento de NFU. De este modo, no está asegurado un flujo constante de provisión de neumáticos a las plantas.

En segundo lugar, las fuentes consultadas señalaron que en el caso de tener que pagar el traslado de NFU más la trituración, la operación no es factible, ya que la utilización de los neumáticos resulta más costosa que con el uso de combustible

tradicional. Esta situación se hace todavía más limitante cuando por factores del mercado se reduce el precio de venta de dichos combustibles. La utilización de caucho, coque o gas como combustible depende entonces de la variación de los precios relativos de cada uno de ellos.

Los municipios no ven beneficios en recolectar y trasladar los neumáticos hasta las plantas por el alto costo del transporte. Si adicionalmente esos NFU deben ser triturados, esto implica un costo que nadie parece capaz de soportar. En el caso de Holcim, en Mendoza, se ha avanzado en acuerdos con municipios y acciones voluntarias para recolectar los NFU y ameritaría una indagación adicional sobre la estrategia y las características de su operatoria.

2.4. Circuitos informales de reventa de neumáticos usados: el caso de los casqueros

Existe un segmento de la cadena caracterizado por un alto grado de dispersión e informalidad, básicamente compuesto por las gomerías más chicas y los casqueros. El relevamiento realizado en el contexto de este estudio mostró una vasta red de gomerías en el territorio. En cuanto a cantidad de establecimientos, se reportaron 268 gomerías por parte de los municipios encuestados para toda la provincia.

Los denominados “casqueros” son quienes se dedican a la comercialización de neumáticos usados, también llamados neumáticos de ocasión. Captan neumáticos usados de gomerías localizadas en zonas de alto poder adquisitivo y los revenden en barrios periféricos con consumidores de menor poder adquisitivo; es una suerte de mercado de segunda mano.

Una primera exploración, basada en entrevistas y relevamiento a través de la aplicación Google Maps, señala que hay agentes que compran neumáticos en Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) o municipios con población de alto poder adquisitivo, como Vicente López, y los revenden en localidades del 2° o 3° cordón de la Región Metropolitana de Buenos Aires (RMBA).⁸ Estos operadores cuentan con gomerías en dichas localidades y desde allí revenden a gomerías más pequeñas.

Los neumáticos comprados por los casqueros en gomerías de marcas, también llamadas “de bandera”, se adquieren por lote o al “barrido” y un porcentaje cercano al 40 % puede ser revendido; un porcentaje menor es recauchutado. Los neumáticos comercializados en esta modalidad son de autos y camionetas; un neumático usado vale aproximadamente un 25 % del costo de uno nuevo.

Los mayores clientes de los casqueros son las gomerías cercanas del distrito o de distritos vecinos. Sin embargo, también atraen a compradores de otras provincias como Mendoza, San Luis o Santiago del Estero, según referencian

⁸ La Región Metropolitana de Buenos Aires (RMBA) incluye a la totalidad de los asentamientos urbanos y sus respectivas áreas de influencia, integrados funcionalmente con el área urbana principal. Comprende una regionalización operativa y funcional que abarca a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) más 40 partidos de la provincia de Buenos Aires. Se extiende geográficamente en una unidad metropolitana delimitada, aproximadamente, por el área que abraza el Río de la Plata, el Delta y, en su límite pampeano, la Ruta provincial N.º 6. La Región abarca el área que a partir del año 2003 el INDEC define en sus estadísticas como el Gran Buenos Aires (GBA), que está compuesto por CABA y los partidos del Gran Buenos Aires (24 municipios), y otros 16 partidos de la tercera corona que incluyen el denominado Gran La Plata (La Plata, Berisso y Ensenada).

los entrevistados. Los buenos precios y la cantidad de neumáticos disponibles para reventa hacen atractiva esta oferta para gomerías e intermediarios de distintas provincias.

En cuanto a las grandes cadenas de ventas de neumáticos, la localización geográfica de las sucursales permite conjeturar una suerte de integración territorial centro-periferia, trayectoria que probablemente siga la venta del neumático usado dentro de la misma cadena.

El caso de La Matanza

Un caso particular se ha identificado en el partido de La Matanza, de 1.775.816 habitantes (INDEC, 2010). Este municipio cuenta con el mayor parque automotor de la PBA, con el 6,7% de los vehículos registrados (ARBA, 2021) y posee ciertas particularidades distintivas.

Su extensa superficie y densidad poblacional representa realidades divergentes en el mismo distrito. Cruzando el Camino de Cintura (avenida Bufano) observamos una dinámica del mercado de autopartes que es diferente a la parte más cercana a la avenida General Paz, divisoria con la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Gran parte de ese parque automotor lo forman los rodados que se suman a un servicio de remisería, que cumplen con trayectorias fijadas.

Desde las estaciones Rafael Castillo, Laferrere y González Catán, los pasajeros, al descender de trenes, autobuses o combis, solicitan el servicio de estos vehículos. Estas líneas de remisería, que realizan trayectos fijos, comunican estos

puntos con los barrios periféricos poco conectados con los servicios de transporte. Los usuarios los prefieren a los servicios de transporte convencionales, de menor frecuencia y lentos en su operatoria.

Los vehículos que componen estas líneas de remiserías son en su totalidad vehículos antiguos que fueron reparados y reensamblados para su función. Preparados para llevar dos pasajeros en la parte delantera, además del conductor, y a veces hasta cinco pasajeros en la parte trasera, a simple vista parecen tener entre 20 y 30 años de uso. Este parque automotor es asistido con un nutrido mercado de autopartes, donde también podemos localizar la fuerte presencia de casqueros.

A partir del relevamiento en Google Maps se localizaron 28 tiendas que se dedican a la venta de neumáticos usados. Allí se observaron (Tabla 25) 21 comercios que exhiben neumáticos usados para sus potenciales clientes (el 75 % del total de las tiendas relevadas).

Tabla 25

Locales de venta de neumáticos en La Matanza

TIENDA-LOCALIDAD	EXHIBICIÓN DE NUEVOS	EXHIBICIÓN DE USADOS	ACOPIO DE USADOS + DE 30 NEUMÁTICOS	CARTELERÍA QUE MANIFIESTA VENTA DE USADOS
1. Ciudad Evita	X			
2. Almaguer - San Justo	X			
3. San Justo I	X			
4. Tablada I	X			
5. Rafael Castillo	X			
6. Casanova I	X	X	X	X
7. Casanova II	X	X		
8. La Matanza		X	X	X
9. Laferrere I	X	X		
10. González Catán I		X	X	
11. Laferrere II		X	X	x
12. San Justo II		X		X
13. Villa Luzuriaga I		X		X
14. San Justo III		X		X
15. Laferrere III		X		
16. Laferrere IV		X		X
17. Laferrere V		X		X
18. Laferrere VI		X		X
19. González Catán II		X		X
20. Casanova III		X		X
21. Casanova IV		X		
22. Laferrere VII		X		X
23. González Catán III	X (no se observan neumáticos usados)			
24. Casanova V				X (no se exhiben neumáticos usados, pero se promocionan)
25. Tablada II		X		
26. Villa Luzuriaga II		X		X
27. Virrey del Pino		X		X
28. Laferrere VIII		X		

FUENTE: información de las entrevistas

Por su parte, las 6 tiendas que realizan exclusivamente venta de neumáticos nuevos están ubicadas en las zonas de San Justo y Tablada, donde el ingreso por habitante es más alto.





Casquero de La Matanza

Por su parte, las 6 tiendas que realizan exclusivamente venta de neumáticos nuevos están ubicadas en las zonas de San Justo y Tablada, donde el ingreso por habitante es más alto.

Otro caso analizado es el de la ciudad de Mar del Plata, municipio de General Pueyrredón, que cuenta con el tercer parque automotor de la provincia. Allí se han identificado al menos 7 tiendas que alternan la venta de nuevos y usados, también publicitados como neumáticos “de ocasión”. Es probable que parte de los neumáticos de reventa sean adquiridos en el conurbano bonaerense.



Casquero de Mar del Plata

Reflexión final

Sin lugar a duda, el consumo de neumáticos usados beneficia a un sector de la población al que le sería más oneroso acceder a un neumático nuevo. En este sentido, los casqueros son agentes estratégicos para la comercialización de neumáticos usados, extendiendo la vida útil de los rodados. Si bien las condiciones de seguridad de dichos neumáticos no siempre están garantizadas, dada la informalidad en la que se desenvuelven, aseguran el funcionamiento de un mercado con un público objetivo de menor poder adquisitivo.

El neumático usado recorre un camino centro-periferia de la RMBA a partir de la intermediación de estos agentes. La localización de los casqueros se concentra en el 2° o 3° cordón del conurbano y, desde allí, abastecen una red local de gomerías que venden neumáticos usados. Los casqueros forman parte de una particular economía urbana de aglomeración metropolitana,

que derrama hacia la periferia los objetos usados y extiende su segunda vida. El trabajo de campo permitió vislumbrar que tiene un extenso circuito de reventa que excede a la provincia de Buenos Aires. Queda pendiente profundizar en el análisis de qué sucede con este circuito de reventa en el interior bonaerense y de la relación comercial entre la RMBA y el resto de la provincia.

Una parte de los NFU que no se pueden revender van al circuito de silopuentes (silos para almacenamiento de maíz y otros forrajes para la alimentación de animales), otros son llevados al principal procesador de NFU de la provincia y otra fracción se deposita de manera informal en puntos de arrojito, microbasurales y basurales a cielo abierto (BCA). Dada la dispersión e informalidad del sector no se ha podido dimensionar la cantidad de neumáticos que captan los casqueros.

2.5. Disposición final

Finalmente, existe un remanente importante de NFU que, no habiendo sido usados como insumos de otros procesos, revendidos en el mercado secundario o utilizados en el aprovechamiento sin transformar en el territorio, seguramente tienen un destino de incineración o disposición controlada o no.

En el relevamiento efectuado por OPDS (2021), 79 municipios señalaron que realizan un acopio transitorio, 27 los disponen en basurales a cielo abierto, 25 en relleno sanitario y 14 señalan otro tipo de disposición informal.

De tal modo que, si consideramos que 79 municipios (61 % del total) realizan acopio transitorio y solo 37 tienen convenio activo

o en trámite con una empresa tratadora, más de la mitad de los municipios (42) no tiene un destino planificado para lo acopiado, lo cual ameritará trabajar en el futuro los sistemas de gestión específicos para esta corriente.

En general, se ha observado un gran desconocimiento por parte de los municipios en cuanto al tratamiento que se les da a los NFU retirados por las empresas tratadoras. Su preocupación se concentra en la disponibilidad de lugar de acopio y en el transporte.

3. Resumen diagnóstico de la situación actual

El primer paso para avanzar en un diagnóstico adecuado de la situación actual es definir con alguna precisión los actores involucrados en el ciclo de vida del neumático y sus distintos roles, aspectos que se refieren en detalle en la Tabla 26 y en la Figura 9.

En tanto se procura un diagnóstico a lo largo del ciclo de vida del neumático, se consideran aquí desde la provisión de materiales para su construcción y la importación y fabricación de neumáticos, hasta su uso y posterior proceso de posconsumo, incluyendo el transporte entre las distintas etapas. En el caso de las etapas posteriores al consumo del neumático, se mencionan los principales transformadores/productores de bienes a partir del procesamiento del caucho. Además de los actores involucrados en la importación, producción, aprovechamiento y reciclado, se considera el marco normativo y regulatorio y los actores relacionados con el mismo. Se incluyen organismos de regulación y control nacional y provincial. Por último, se

agregan las cámaras sectoriales y los actores relacionados con la investigación, el desarrollo y la innovación (I+D+I).

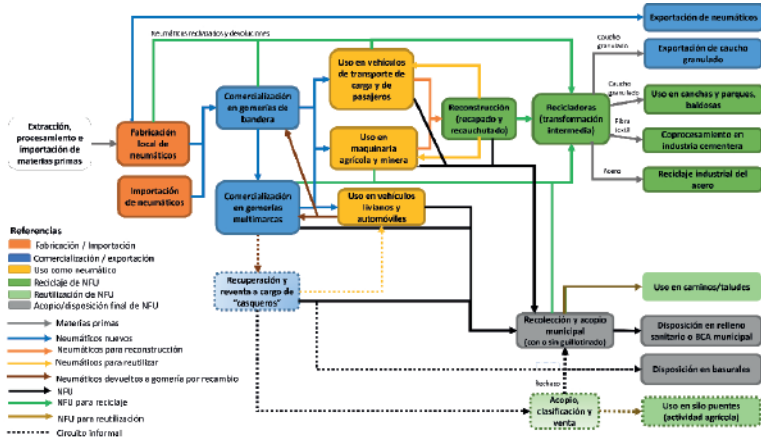
La Figura 9 muestra los distintos flujos de neumáticos nuevos, NFU, recuperación y reciclaje que fueron descritos hasta aquí.

Tabla 26 Principales actores de la cadena de valor del neumático y los NFU

ACTORES	EMPRESAS/ORGANISMOS	ROL
IMPORTADORES de INSUMOS	Empresas importadoras de caucho y acero.	Importación de caucho, acero, etc.
FABRICANTES de NEUMÁTICOS	FATE / Bridgestone / Pirelli Bridgestone, Guerrini Neumáticos S.A., Prometion Tyre Group Argentina, Goodyear, Michelin Argentina SADCYF, Allied Signal Argentina, Goodyear Argentina, Goodyear Argentina S.A., NEUMARSUR S.A., GEVECO S.A., Esasuladoras (TOYOTA)	Fabricación de neumáticos.
IMPORTADORES de NEUMÁTICOS		Importación de neumáticos.
DISTRIBUCIÓN Y VENTA	Gomerías de bandera y gomerías multimarca.	Venta de neumáticos y servicios conexos.
GRANDES CONSUMIDORES/GENERADORES	Empresas de transporte de pasajeros y de carga.	Demandantes de reconstrucción y generadores de NFU.
RECONSTRUCTORES de NFU	90 a 250 empresas reconstructoras.	Reconstrucción de neumáticos: reciclado y reusado.
PROCESADORES de PRODUCTOS con NFU	RECHINAX / IANRU / WORMS / Kumen Co	Trozado y granulado del caucho, separación de acero, fibra textil.
PROCESADO	Hokim (Córdoba), Loma Negra y Cementos Avellanada (PBA).	Fabricación de productos a partir del caucho granulado.
CEMENTERAS		Oxigenamiento con combustible derivado de NFU.
PRODUCTORES de ASFALTO	CIN / FAN / UCOON / ABAN / AFCDP	Formulaciones de asfalto con hasta 18 % a 22 % de caucho molido.
CÁMARAS EMPRESARIAS	MUNICIPIOS	Gestión municipal de NFU. Ordenanzas y fiscalización local.
REGULATORIOS	INTI / IRAM	Asesoramiento y certificación de productos. Acreditación de la actividad. Actividad Técnica en la industria de la renovación de neumáticos.
	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación.	Desarrollo de normas, técnicas, certificaciones y capacitación.
	Secretaría de Industria, Comercio y de la PYME.	Dictado y vigilancia de cumplimiento de normativa ambiental.
HHH	UNPS	Autoridad de aplicación de la normativa y políticas ambientales de la PBA.
SINDICATOS	Inti / Universidades / IEMAC-Centro de Investigaciones Viales / OIC	Investigación y desarrollo como en procesos, asistencia técnica a municipios y otros actores.
CAJOSUROS	Sindicato Único de Trabajadores del Neumático Argentino.	Representación laboral.
REVENEDORES de NFU PARA USO SIN TRANSFORMAR	Número indeterminado de actores informales.	Compran NFU en gomerías y revenden a gomerías chicas y otros usos como sillpquentes
	Número indeterminado de actores informales.	Absorben y revenden NFU para uso en sillpquentes. Corte y armado de góccetas.

FUENTE: Elaboración propia. Información de entrevistas / información secundaria

Diagrama cualitativo del ciclo de vida del neumático y NFU en el Ministerio de Ambiente PBA



FUENTE: Elaboración propia. Información de entrevistas / información secundaria

3.2. Estimación de la capacidad instalada y aprovechamiento de los NFU en la PBA

Con el propósito de establecer la situación de partida para definir una estrategia de aprovechamiento de los NFU en la PBA, vale la pena establecer algunos datos cuantitativos con base en la información recogida y analizada en secciones anteriores. En primer lugar, se procedió al cálculo de los NFU generados anualmente y del aprovechamiento actual de los mismos. Para ello:

- Se partió del peso en toneladas de los neumáticos al final de su primer uso (NFPU).
- Se restó el peso de los neumáticos reconstruidos y se obtuvo el valor anual de los NFU.

- A partir de este dato, se dedujo el tonelaje de NFU transformado aguas abajo en la provincia y los usados en forma directa, como los destinados a cubrir silopuentes.
- Para la estimación del tonelaje de NFU on transformación intermedia (trozado/granulado), se asumió que la mitad de lo transformado por una empresa del sur de Santa Fe proviene de la PBA.
- El resto de los NFU destinados a transformación intermedia y el total de neumáticos utilizados para venta a productores ganaderos (para silopuentes) se originan en la PBA.

Tal como se muestra en la Tabla 27, de esto resulta que un 15 % de los NFU generados en un año en la PBA va a transformación intermedia, un 2 % a un uso directo confirmado como es la utilización en silopuentes y casi un 83 % no tiene un destino final informado.

Figura 10 Diagrama destino actual y potencial de los NFPU en la PBA

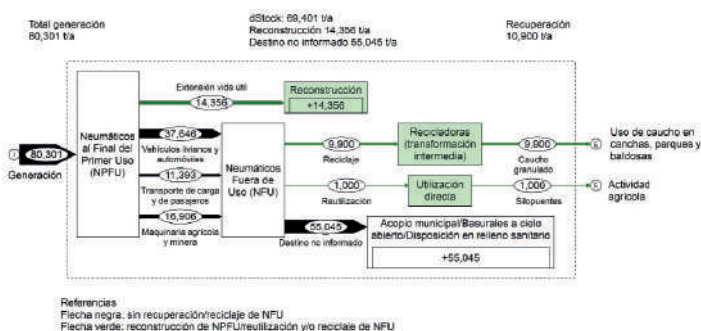
CONCEPTO	TONELADAS	
Total Generación de NFPU (*) en toneladas	80.301	
Menos: Total Reconstruidos	14.356	
Total NFU	65.945	100 %
Menos: Total Reciclados Transformación Intermedia	9900	15 %
Menos: Total Utilización Directa (silopuentes)	1.000	2 %
Menos: Total Coprocesamiento	0	0 %
		0 %
Sin destino final informado	55.045	83 %

FUENTE: Información de las entrevistas / cálculos propios

Ahora bien, siguiendo la información referida en los capítulos anteriores, existe una capacidad ociosa en todos los sectores con potencialidad para recuperar o transformar los neumáticos al final de su primer uso. La Tabla 28 muestra una comparativa entre la reconstrucción y el aprovechamiento de NFU actual y la capacidad potencial según lo detectado.

Una simple comparación entre la capacidad potencial total con la utilizada (actual) en cada caso, muestra que la capacidad instalada supera ampliamente la transformación actual de NFU.

Figura 11 Diagrama destino actual y potencial de los NFPU en la PBA



FUENTE: información de las entrevistas / cálculos propios

De manera tal que el problema inmediato no es generar nuevas opciones de procesamiento de los NFU, sino mover las existentes con base en una adecuada combinación de estímulos, liberación de trabas logísticas y adecuación de la normativa vigente.

3.3. Problemas y obstáculos para usar la capacidad instalada

Una vez establecida la potencialidad para aprovechar en la provincia la generación anual de NFU, se trata de determinar cuáles son los principales obstáculos para que ello suceda. De la información recogida y analizada en secciones anteriores, pueden establecerse los siguientes aspectos centrales para el análisis de obstáculos para una gestión ordenada de NFU:

• En la reconstrucción

-Gran cantidad de neumáticos de vehículos de organismos públicos que son reemplazados por nuevos y no van a reconstrucción.

-Debilidad en el sistema de controles (VTV, otras inspecciones) para detectar neumáticos que ya no pueden circular (asegurando su destrucción).

-Falta de control sobre los talleres informales de reconstrucción (talleres no certificados, procesos sin normalización, etc.).

-Falta de control sobre la importación de ciertos segmentos de neumáticos asiáticos, para verificar si cumplen con la normativa vigente.

-Falta de control en los sitios de disposición para asegurar la destrucción del neumático cuando ya no sirve más.

- En la gestión de los NFU

- › **En lo normativo**

- Carencia de una ley de REP que asigne roles y responsabilidades en la gestión de NFU, a la vez que de una legislación que diferencie los NFU de los residuos domiciliarios, facilitando y obligando a su acopio diferenciado.

- Frente a la falta de una legislación marco, la existencia de estrategias heterogéneas en los 135 municipios de la provincia, con distintos grados de organización, especificidad y formalización de la gestión municipal sobre los NFU.

De la encuesta realizada surge, por ejemplo, que el 63 % de los municipios tuvo, tiene o proyecta un programa específico de NFU, mientras que otros realizan acciones esporádicas en ese sentido, tales como algún envío a un procesador o la organización de algún espacio de acopio definido, etc.

Sin embargo, de 56 municipios en los que existe un área responsable de la gestión de NFU, en solo 10 de ellos está incluida dentro de una Secretaría de Gestión ambiental o Ambiente y desarrollo sustentable. En otros 34 la función está depositada en servicios municipales, servicios urbanos, higiene urbana, obras y servicios públicos.

Ello implica (en forma coincidente con la legislación actual) que no existe claridad sobre la importancia de separar la gestión de NFU de otros residuos. De hecho, en muchos

casos no se realizan campañas específicas para la gestión de NFU, sino que se enmarcan en las acciones generales, como por ejemplo las campañas contra el dengue.

Adicionalmente, solo 51 municipios (40 % del total) tienen registro de grandes generadores. Identifican como tales a gomerías, empresas del agro (cerealeras, reparación de maquinaria agrícola, granja avícola, aplicadoras), empresas de transporte, comercializadoras y empresas de logística.

-En general, se observa una carencia en lo normativo de reglas y estímulos que prioricen selectivamente las distintas opciones de transformación/recuperación en función de su mayor o menor contribución al sostenimiento ambiental.

› **En lo logístico-operativo**

-Acopio de NFU y traslado de los mismos enteros hasta los centros de procesamiento, lo que supone transportar un 70 %

- 80 % de aire con el costo de logística que ello implica.

-Por el costo que pagan para depósito en el CEAMSE, muchos municipios deciden enviar allí los NFU con los demás residuos. Cuando se preguntó a cargo de quién estaba la recolección de NFU, en 68 casos la recolección está a cargo del municipio y en otros 27 de actores privados. Pero, adicionalmente, en 55 municipios no hay recolección de NFU.

-Falta de capacidad de la mayor parte de los municipios para trozar/granular los NFU y así reducir el costo de traslado hasta los procesadores.

-Estas carencias explican que exista una capacidad instalada más que suficiente, a nivel agregado, de procesamiento de NFU, pero con un nivel de utilización insuficiente, lo que genera su acumulación. Al momento de encuestar a los municipios, se declararon más de 50.000 unidades acopiadas en el 36 % de los municipios, lo que da una proyección de más de 140.000 unidades para toda la provincia.

-Las áreas principales con capacidad instalada ociosa de procesamiento son: coprocesamiento en hornos cementeros, transformación intermedia (granulado) y asfalto modificado, en ese orden.

-Como consecuencia de todo lo expuesto, coincide la imposibilidad de producir en forma rentable para la mayoría de los privados y el costo logístico para los municipios, lo que desalienta el traslado generalizado a centros de transformación.

3.4. Algunos lineamientos de un modelo de gestión requerido

•Una estrategia que transforme la gestión actual de los NFU y rompa con la inercia de los elementos descritos antes requerirá de acciones simultáneas en distintos ámbitos. Al menos:

1) En lo relativo al sistema regulatorio, deberán establecerse reglas que determinen claramente responsabilidad, división de roles y costos y beneficios de los distintos actores involucrados.

2) Adicionalmente, debería procurarse establecer una legislación rectora respecto a la gestión de los NFU en los distintos municipios, superando la heterogeneidad y dispersión normativa actual.

3) En el enfoque general de la cadena, debería cumplirse con un equilibrio entre los condicionamientos legales y normativos, y los estímulos económicos y productivos, de modo que se satisfagan, al mismo tiempo, el mejoramiento de la gestión de NFU desde un punto de vista ambiental y una tasa de rentabilidad a la cual los actores privados vean valorizada su actividad.

4) Respecto a la dimensión ambiental, se requiere establecer incentivos y asistencias que permitan el desarrollo de los distintos actores a lo largo de toda la etapa de posconsumo, desde la reconstrucción de neumáticos, pasando por el reciclado, revalorización híbrida y energética, hasta la disposición final. Es importante establecer reglas, condicionamientos y estímulos que aseguren el correcto funcionamiento de las distintas etapas, pero que **además promuevan la priorización de aquellas ambientalmente más saludables**, contrarrestando las situaciones que podrían favorecer a las que lo son menos.

- Dadas las tres opciones de modelo de gestión de los NFU descritos antes, el de Responsabilidad Extendida del Productor (REP) parece el más adecuado a la realidad local, en tanto permite garantizar desde el Estado un control que lleve a priorizar las opciones ambientalmente más favorecedoras, en un marco de un sistema mixto de gestión.

- **Actores responsables / sujetos obligados:** fabricantes e importadores de neumáticos.

- **Actores de interés para el sistema:**

- Fabricantes de neumáticos y vehículos.
- Importadores de neumáticos y vehículos.
- Gomerías.
- Reconstructores de neumáticos.
- Casqueros.
- Cámaras sectoriales.
- Gobiernos municipales.
- Sociedad/consumidores.
- Empresas fabricantes de productos derivados de NFU (en particular, transformadores intermedios, cementeras, fabricantes de asfalto y otras industrias fabricantes de productos finales a partir del NFU transformado).
- Instituciones de I+D+I en el tema: universidades, INTI.

- **Financiamiento del sistema:** tasa unitaria aplicada a la importación y la fabricación de neumáticos.

- **Fijación de metas:** número de NFU a gestionar en función de las unidades producidas e importadas (al menos 1 x 1).

- **Mecanismo de gestión:** organización integrada por los actores responsables y otros actores de interés, con la supervisión y el control del Estado.

· **Áreas de acción:**

› **Logística de acopio y transporte**

-Establecimiento de centros de acopio y transformación primaria (corte/trozado) en municipios con gran generación de NFU o, alternativamente, en sitios cercanos a varios municipios con menor generación de NFU, de modo de abaratar el costo posterior del transporte. Los centros de acopio pueden establecerse para cada zona que se estime capaz de generar 1000 o más t/año de NFU.

-Responsabilidad de cada municipio en la recolección diferenciada de NFU y su transporte a los centros propios o compartidos de acopio.

-Traslado del material semiprocesado desde los centros de acopio a las siguientes etapas de transformación a través de vehículos de los municipios.

-Financiación del acopio y posterior traslado a los centros de transformación con la tasa aplicada a los productores.

El rol central del financiamiento debe ser reforzar el sistema de logística y traslado de neumáticos hacia los transformadores, básicamente, transformadores intermedios y valorización híbrida (coprocesamiento en hornos de cemento), para romper el principal obstáculo actual para lograr un cambio radical en la gestión de los NFU.

› Marco Legal / Normativo / Regulatorio

-Promoción de una ley de REP a nivel provincial (o una resolución si fuera el caso), destinada a servir de guía y proveer de homogeneidad a las normas locales, y asegurar otros aspectos clave como la separación en origen de NFU de otros residuos, facilitando así el desarrollo de su gestión.

-Promoción de un cambio de actitud (generando reglas específicas para ello) en organismos públicos con una gran flota de vehículos, favoreciendo la práctica de reconstrucción de neumáticos.

-Introducción de normativa que establezca la obligatoriedad del uso en la obra pública de un porcentaje determinado de asfalto modificado con caucho proveniente de NFU.

-Reforzamiento del sistema de controles (VTV, otras inspecciones) para detectar neumáticos que ya no pueden circular, asegurando su destrucción a los efectos de evitar su reventa para un uso adicional.

-Acentuación de los controles de talleres informales de reconstrucción, promoviendo los procesos de certificación, normalización de procesos, formación y capacitación de personal, etc. Establecer estímulos y soporte técnico y financiero para ello.

-Reforzamiento del control de fronteras y de importaciones para garantizar que los neumáticos que ingresen cumplan con la normativa vigente.

-Establecimiento de usos permitidos y prohibidos de los NFU sobre la base de criterios ambientales.

-Prohibición del abandono y/o arrojado de neumáticos en microbasurales y BCA. Establecer procedimientos sancionatorios.

4. CONCLUSIONES

En la Argentina se generan más de 178.000 toneladas de neumáticos fuera de uso al año y, en el ámbito más reducido de la provincia de Buenos Aires, casi 66.000 toneladas, las que en su gran mayoría no reciben un destino ambientalmente adecuado.

Existe en la PBA una capacidad instalada de aprovechamiento de más de 100.000 toneladas/año de NFU, ya sea transformándolos en gránulos para la producción de otros productos finales, coprocesándolos en hornos cementeros o utilizándolos para la producción de asfaltos modificados.

Sin embargo, se pudo verificar tan solo un aprovechamiento de alrededor del 17% del volumen generado, mientras que otro 83% es objeto de acopio municipal, termina en basurales a cielo abierto o como desecho en rellenos sanitarios y otros destinos no precisados adecuadamente; ninguno de ellos deseable desde el punto de vista ambiental.

Como consecuencia de esto y solo en la PBA, este informe estima una generación anual de 55.000 toneladas de NFU sin un aprovechamiento definido.

Adicionalmente, en una etapa previa al reciclado, como es la reconstrucción de neumáticos (en particular, los de mayor porte para vehículos de carga y transporte de pasajeros), también existe un potencial de más de 6.000 toneladas/año de neumáticos que podrían ser reconstruidos y no lo son, pasando a engrosar el inventario de NFU.

Como contraste a lo expuesto en el medio local, un 67 % de los NFU de los principales generadores mundiales está siendo recuperado. Las tasas de recuperación son del 91 % en Europa, del 87 % en EUA, del 85 % en Japón y del 95 % en Corea del Sur, respectivamente. En un caso cercano como Brasil, bajo una ley de Responsabilidad Extendida del Productor (REP), la tasa de recuperación de los NFU generados es del 92 %. Concurren a explicar esta disparidad en el caso local dos aspectos centrales y relacionados que se explican a continuación.

Por una parte, la carencia de una legislación rectora a nivel nacional o provincial que permita organizar a los distintos actores de la etapa de posconsumo de neumáticos, asignando responsabilidades, roles, costos y objetivos a lograr, tal como lo haría una ley de REP, como en el citado caso de Brasil.

Frente a la falta de una legislación marco de referencia, se han generado normativas locales en muchos municipios

de la provincia, con distintos grados de organización, especificidad y formalización de la gestión municipal sobre los NFU. Esta heterogeneidad puede atentar contra la promoción de la iniciativa privada en el aprovechamiento de los NFU, que se verá enfrentada a reglas distintas en cada municipio con el que deba tratar.

También se observa una carencia en lo normativo, de reglas y estímulos que prioricen selectivamente las distintas opciones de transformación/recuperación en función de su mayor o menor contribución al sostenimiento ambiental (en la actualidad, principalmente, procesamiento en hornos cementeros, transformación intermedia —granulado— y asfalto modificado, en ese orden).

Por otra parte, y desde el punto de visto de la logística, la distancia entre los puntos de generación de NFU y los sitios de transformación y reciclado genera costos de transporte de los neumáticos demasiado elevados, que, por un lado, desalientan su transporte por parte de los municipios y, por otro, comprometen la rentabilidad de los transformadores que quisieran asumir su traslado. En la práctica, a muchos municipios puede resultarles indiferente solventar el envío a los procesadores o, alternativamente, despachar los NFU a un relleno sanitario mezclados con otros residuos, por un costo menor.

Transformar esta situación supone diseñar una estrategia que permita romper con una inercia que lleva ya muchos años.

En lo **normativo y regulatorio**, se requiere establecer una legislación rectora que ayude a homogeneizar las reglas de juego para todo el territorio. Una ley de REP que asigne roles, costos (y quién debe asumirlos y compartirlos), objetivos a cumplir y una organización público privada que asuma la gestión de los NFU es clave para proveer el marco legal para el desarrollo de la estrategia.

La legislación debe asumir, además, aspectos tales como la separación en origen de los neumáticos para poder darles un destino adecuado. La obligatoriedad de reconstruir los neumáticos en los vehículos de muchos de los organismos del Estado (actualmente inexistente) o de utilizar un porcentaje mínimo de asfalto modificado en la obra pública son ejemplos adicionales de la oportunidad que ofrecen modificaciones en el sistema normativo.

En lo **operativo**, supone promover acciones que permitan el desarrollo de actividades a lo largo del ciclo de posconsumo, que impliquen valor para los actores privados a la vez que preserven la jerarquía de actividades de reciclado, revalorización híbrida y energética, hasta la disposición final. Las reglas de juego deben **promover la priorización de las actividades ambientalmente más saludables**, estableciendo estímulos y restricciones como un marco de referencia para el sector privado que promueva esa jerarquización de iniciativas.

En lo **logístico**, se requiere acompañar el desarrollo de infraestructura en municipios de alta generación de NFU

(o en grupos de municipios colindantes de una menor generación), destinada al trozado y granulado de aquellos, con el objetivo de reducir radicalmente el costo de transporte posterior hacia los transformadores. El financiamiento público debería concurrir a sostener inversiones en esta área, en el ámbito de los municipios y con la participación de cooperativas locales, mientras que la logística de acopio y transporte debería sostenerse con el financiamiento establecido por la ley de REP.

En el enfoque general de la cadena debería cumplirse con un equilibrio entre los condicionamientos legales y normativos, y los estímulos económicos y productivos, de modo que se satisfagan, al mismo tiempo, el mejoramiento de la gestión de NFU desde un punto de vista ambiental y una tasa de rentabilidad a la cual los diferentes actores ligados a la logística, el acopio y la transformación vean valorizada su actividad.

Por último, hay que señalar que una iniciativa como esta, para resultar exitosa, requiere simultaneidad entre el ajuste de la legislación y de las restricciones regulatorias, y un programa de estímulos al desarrollo de iniciativas privadas para el aprovechamiento/transformación de los NFU.

El establecimiento de restricciones regulatorias sin estímulos al desarrollo de la actividad puede resultar en más condicionamientos que retraigan adicionalmente la iniciativa privada. Alternativamente, el desarrollo de iniciativas de financiamiento de infraestructura y emprendimientos en el

área de posconsumo sin el ajuste en la normativa, puede agotar estas iniciativas sin que existan estímulos para romper la inercia de partida.

4. ANEXO 1:

Detalle de los procesos de aprovechamiento de NFU 1.

1. **Reconstrucción de neumáticos** proceso registrado en la empresa de reconstrucción entrevistada:



1. Recepción y almacenamiento de neumáticos.



2. Primera revisión, visual y táctil, para descartar aquellos neumáticos con daños mayores (tajos muy profundos, sopladuras, entre otros) que no permitan su reconstrucción. Los descartados pasan a ser NFU.



3. Acopio de NFU previo a su envío al transformador.



4. Los neumáticos que continúan el proceso son parchados internamente.



5. Pulido de la banda de rodamiento (tienen dos equipos de raspado para trabajar en paralelo) y nueva revisión de calidad.



6. Cementado de la banda de rodamiento con pistola de caucho a 70 / 80 °C para nivelar la superficie antes de la adhesión de la banda de rodamiento.



7. Pintura "flu" para nivelar.



8. Adhesión de la banda de rodamiento.



9. Corte de la banda de rodamiento; se le pega una goma o hule cojín de unión, para facilitar la adhesión de la banda a la carcasa. Engrampado.



10. Presión de rodillos para sacar el aire entre la banda de rodamiento y el piso del casco.



11. Colocación de una manta de goma en el exterior, que será succionada durante el proceso de vulcanización, generando una presión de vacío sobre el neumático. Según la banda tenga un dibujo más o menos pronunciado o el neumático sea radial o convencional se toman precauciones extra de protección.



12. Ensamblado: se le coloca un protector "envelope" y la bolsa de aire que generará presión de vacío en el neumático durante la vulcanización. Las presiones del paso anterior y este ayudan al proceso de vulcanización.



13. Acopio en riel de los neumáticos listos para su ingreso a la autoclave, mientras termina la cocción del lote previo. Los neumáticos ingresan inflados y así permanecen durante toda la cocción.



14. Proceso de vulcanizado. Se introduce un lote de 16 neumáticos en la autoclave para vulcanizar la banda de rodadura sobre la carcasa. Se verifica en todo momento la presión de los neumáticos, ya que eso dará cuenta de si alguno se sopla.



15. Inspección final. Por ejemplo, en este caso falló la vulcanización por una descompresión del neumático dentro del autoclave.



16. Colocación de etiquetas identificatorias por fuera y por dentro del neumático, indicando fecha, lugar y número de recapado.

2. Trituración mecánica

Proceso registrado en la empresa de trituración entrevistada:



1. Recepción y almacenamiento de los NFU.



2. Destalonado, retirando un anillo de alambre a través de un gancho hidráulico.



3. Trituración. En el primer paso, los neumáticos completos se trituran y se muelen hasta un tamaño variable de entre 50 y 70 mm. En el segundo paso, las virutas de neumáticos previamente trituradas se muelen hasta un tamaño de <20 mm. Este paso ayuda a separar la goma del neumático del acero y las fibras. Una combinación de separadores magnéticos de correa cruzada, tambores magnéticos y sistemas de succión ayuda a dividir las distintas facciones en esta etapa.



4. Granulación. En la etapa de granulación, las virutas de neumático trituradas se muelen hasta un tamaño de miga de aproximadamente 4 mm. En este punto, el material está virtualmente libre de metales y se puede usar en varias aplicaciones. También se puede procesar aún más, utilizando un pulverizador, para lograr un polvo más fino.



5. Separación. Después de ser pulverizados, el caucho y el acero pasan por un filtro magnético que separa estos dos componentes para su posterior harneado en mallas metálicas. El caucho que no pasa por la malla metálica es regresado al molino pulverizador hasta que se ajuste al tamaño.



6. Empaque. Los gránulos de caucho limpio se empaican en bolsas.

7. Almacenamiento del producto final.

La separación de materiales es uno de los aspectos más importantes del reciclaje de NFU. Durante todo el proceso, el material se divide continuamente en diferentes fracciones de caucho, acero y fibras.

Acero. El acero se separa mediante imanes de neodimio en separadores magnéticos de correa cruzada, rodillos magnéticos, imanes de tambor y tubería. Los separadores de metales también se pueden utilizar para eliminar otra contaminación metálica del producto final. Se puede emplear una prensa briquetadora opcional para comprimir el alambre de acero.

Fibras. Las fibras se eliminan del caucho en los procesos de molienda. Esta fibra se separa de las partículas de caucho con máquinas de cribado y se recoge mediante una serie de unidades de succión.



Caucho triturado



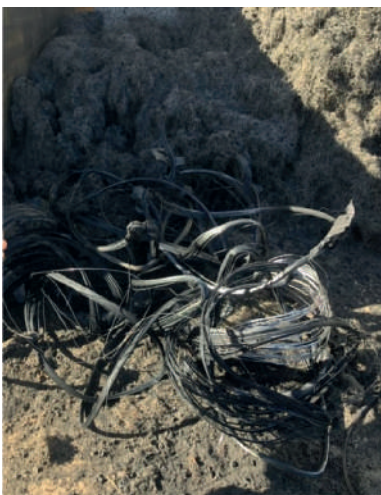
Caucho con fibra



Caucho granulado



Polvo de caucho



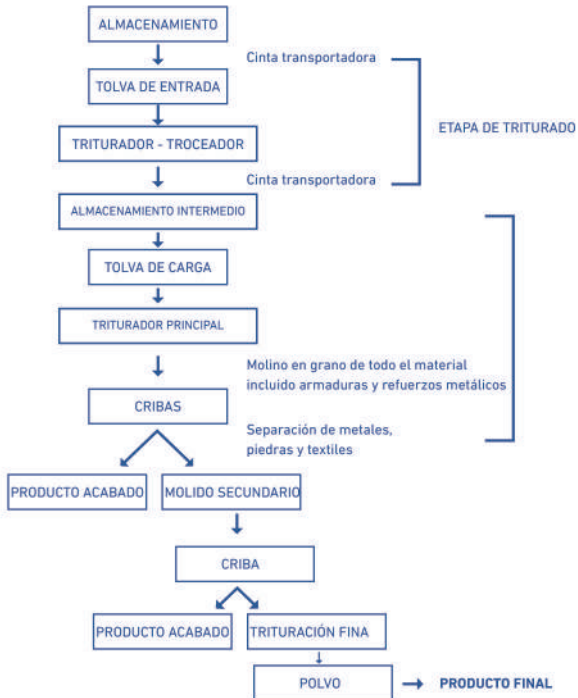
Acero del destalonado



Acero de la molinda

Figura A1F1

Proceso de trituración mecánica a temperatura ambiente



FUENTE: Delarze Díaz (2008, p. 36)

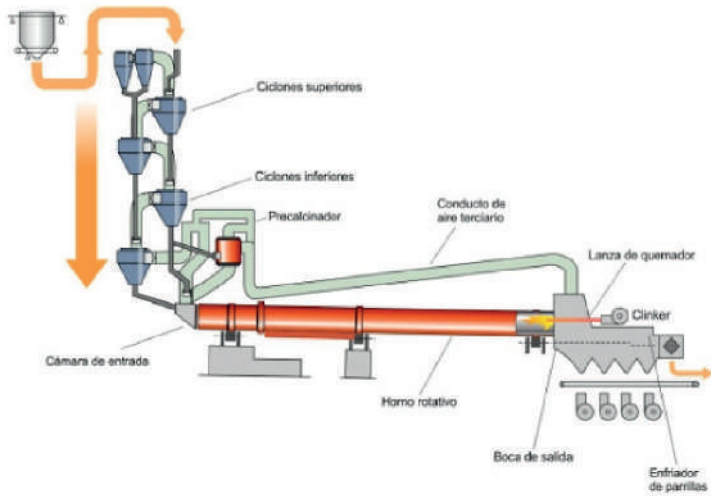
3. Coprocesamiento

El coprocesamiento consiste en la utilización de residuos, subproductos y otros materiales no tradicionales como insumos en el proceso de fabricación de clínker con el propósito de recuperar materia, energía y/o introducir alguna mejora en el desempeño ambiental. El horno de clinkerización es un equipo donde se transforman las materias primas en clínker mediante reacciones a alta temperatura.

El clínker de cemento se produce en hornos rotativos. Se utiliza como materia prima piedra caliza (carbonato de calcio: CaCO_3) y arcilla. La materia prima ingresa en una etapa previa de secado para luego introducirse en el horno rotativo, dentro del cual inicia la calcinación al llegar a los $900\text{ }^\circ\text{C}$, con liberación de dióxido de carbono y producción de óxido de calcio (CaO). Este reacciona con los óxidos de la arcilla y ocurre la clinkerización. La Figura A1F2 muestra un esquema del proceso de producción de cemento y otro de la clinkerización.

Por una cuestión de costos, el combustible más utilizado es el gas natural. No obstante, esto varía según el contexto. Se supone que la dosificación de combustible secundaria en un horno rotatorio es la inyección de combustible que no se realiza a través del quemador principal. Se suele utilizar un sistema de dosificación secundario para la dosificación de combustibles alternativos, como los NFU.

Figura A1F2 Proceso de fabricación de cemento



Fuente: Entrevista N.º 10 (2021)

Los NFU se dosifican en la cámara de gases de combustión donde la temperatura de los gases es de 1000 °C y las temperaturas del material son de hasta 800 °C. Después de la inserción en la cámara de gases de combustión, los NFU van al horno rotatorio donde comienzan a arder; luego son transportados a las zonas con mayor temperatura en las que se queman por completo. Los componentes orgánicos se queman completamente en la zona de calcinación, donde la temperatura de los gases de combustión está entre 1100 y 1200 °C. Como resultado, no tiene lugar un cambio significativo alguno en las emisiones de dióxido de carbono, polvo y metales pesados (ver Tabla A1T1).

Tabla A1T1

Comparación de emisiones usando combustibles fósiles y sumando NFU

CONTAMINANTE	COMBUSTIBLES FÓSILES (CARBÓN Y COQUE)	COMBUSTIBLES FÓSILES Y 15% DE NEUMÁTICOS
Partículas mg / m ³	60	60
mg / m ³ de NO _x	1180	800
mg / m ³ de SO _x	500	500
mg / m ³ de CO _x	985	948
mg / m ³ de cloro y flúor	1,13	1
mg / m ³ de VOC	129	68
mg / m ³ de dioxinas	0,12	0,03

FUENTE: IPTS (2004)

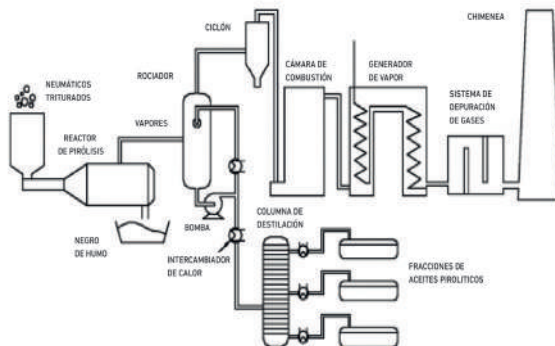
4. Pirólisis

La pirólisis consiste en el sometimiento de los NFU a un proceso de trituración, para ser introducidos después en hornos con temperaturas que van desde 600 a 800 °C, en ausencia de oxígeno. Los productos primarios que se obtienen son, entre otros, los gases pirolíticos y los aceites. Estos últimos se trasladan a procesos adicionales para la

fabricación de productos secundarios. Se utiliza un horno para el aceite y las cenizas libres se convierten en negro de carbono de alta calidad; como una alternativa, se pueden separar los aceites por medio de la destilación.

El producto final que se obtiene con esta tecnología es el denominado negro de humo. Este producto es esencial para la fabricación de neumáticos nuevos, por lo que su mercado está asegurado siempre que se garantice su pureza. Aún está poco extendido debido a problemas de separación de compuestos carbonados, que ya están siendo superados. Según los datos de la empresa Chemysis S.A., este procedimiento (fábrica piloto) está operativo en Taiwán desde 2002 con cuatro líneas de pirólisis que permiten reciclar 9000 toneladas/año. En la actualidad, el procedimiento ha sido mejorado y es capaz de tratar 28.000 toneladas de NFU/año, a través de una sola línea. Figura A1F3 muestra un esquema de planta de pirólisis de neumáticos.

Figura A1F3 Proceso de pirólisis



FUENTE: Bedia García-Matamoros et al. (2004)

5. Asfalto modificado

Vía húmeda. En estos procesos hay que tener en cuenta varios factores que son decisivos en el resultado esperado de esta mezcla “asfaltocaucho”: el tamaño, la textura y la proporción del polvo de caucho, el tipo del cemento asfáltico, el tiempo, la temperatura de mezclado, el grado de agitación mecánica durante la reacción de la mezcla y el uso de otros aditivos.

La Figura A1F4 describe este proceso que específicamente consta de un tanque donde se mezcla el betún (cemento asfáltico) con el GCR y una serie de tornillos sinfín aseguran la circulación de la mezcla y una reacción óptima entre estos dos materiales durante un periodo suficiente (por lo general, entre 45 y 60 minutos).

Figura A1F4 Proceso de producción por vía húmeda de asfalto modificado



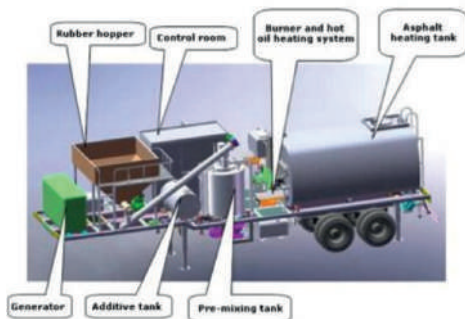
FUENTE: Quezada V. (2001, p. 30)

En paralelo, se calientan los agregados pétreos (4 y 5) para una mezcla posterior con el cemento asfáltico modificado (6) y poder así ser transportado al lugar de construcción (7). En este transporte se debe mantener una temperatura específica que va desde los 160 °C a los 190 °C, para evitar problemas de manejabilidad del material en el campo y pérdidas de propiedades mecánicas.

Generalmente, las mezclas asfálticas modificadas con GCR se producen en **plantas ubicadas en lugares diferentes a los de la construcción de los pavimentos**. Estas plantas necesitan ciertas modificaciones para producir asfaltocaucho, las modificaciones incluyen la adaptación de tanques de mezclado con calefacción, tanques de reacción con calefacción, sistemas de adición del polvo de neumáticos y tanques de almacenamiento que mantengan una temperatura adecuada para este tipo de mezclas.

Sin embargo, hace unos años estos procesos se han implementado con remolques que se puedan transportar con el fin de crear estas mezclas *in situ*, para ahorrar costos en transporte (ya que el transporte de esta mezcla tan viscosa necesita temperaturas más altas para mantener el estado adecuado en cuanto a consistencia).

Figura A1F5. Proceso móvil de producción de asfalto modificado



FUENTE: Quezada V. (2001, p. 32)

En el “proceso móvil”, la unidad de mezclado recibe el polvo de caucho en la tolva y este se transporta a la cámara de mezcla con el asfalto. Luego, se almacena en la cámara de reacción portable. Una vez finalizado, se transporta al tanque de mezcla asfáltica en caliente.

Vía seca. El proceso seco implica la mezcla del GCR con agregados antes de añadir el cemento asfáltico a la mezcla. En este proceso de aplicación el GCR sustituye entre el 1 y el 3 % del peso total de los agregados (ver Figura A1F6). Esta aplicación ocurre en el momento antes de agregar el cemento asfáltico en la mezcla, justo cuando los agregados alcanzan una temperatura específica. En este proceso no se necesita ningún equipo especial para poder realizar la mezcla, ya que el GCR entra a mezclarse con los agregados de manera directa.

Figura A1F6. Proceso de producción por vía seca de asfalto modificado



FUENTE: Quezada V. (2001, p. 33)

ANEXO 2:

TALLERES DE RECONSTRUCCIÓN DE NEUMÁTICOS

Tabla A2T1 - Talleres de reconstrucción de neumáticos

N.º	MARCA	TALLER	LOCALIDAD
1	BANDAG	GOLPE C	Campana
2	BANDAG	GOLPE A	Avellaneda
3	BANDAG	DAYTONA	Esteban Echeverría
4	BANDAG	ANTARTIDA A	Lavallol
5	BANDAG	TESTA	Junín
6	BANDAG	BANDAMAR	Berazategui
7	MARANGONI	REVULCAM	Cañuelas
8	MARANGONI	GRIPPO	Ituzaingó
9	MARANGONI	N. PEPI	La Tablada
10	MARANGONI	PREKING	Boulogne
11	MARANGONI	NEUMALARG	Zárate
12	MARANGONI	BERNIS	Luján
13	MARANGONI	MONICO	Avellaneda (En D.)
14	MARANGONI	RECMIL	Adolfo Alsina
15	MARANGONI	RECMIL	Mar Del Plata
16	MARANGONI	ROMA	Bahía Blanca
17	MICHELIN	TYRESOLES	José C. Paz
18	MICHELIN	ARENAS	Tandil
19	VIPAL	BANDASUR	PBA
20	VIPAL	UNIGOMA	Morón
21	VIPAL	G. ALBERTI	Mar Del Plata
22	VIPAL	PEREDS	Bahía Blanca
23	BANDAG	DERGUMMY	Ramírez
24	BANDAG	MONZZA	Córdoba
25	BANDAG	RC	V. Constitución
26	BANDAG	RINALDI	Rosario
27	BANDAG	MAZZIO	Villa María
28	BANDAG	MASSETO	Chajárl
29	BANDAG	SIMPLE (SJM)	San Juan
30	MARANGONI	DONATTI	A. Seco
31	MARANGONI	UTA 12	Posadas
32	MARANGONI	RECMIL	Cipolletti
33	MARANGONI	RE NEU	B. Italia
34	MARANGONI	RUDY	Córdoba
35	MARANGONI	LAS PAILAS	Tucumán
36	MARANGONI	EL CONDOR	La Rioja
37	MARANGONI	PIOLI	Jujuy
38	MARANGONI	FORTUNATO	Santiago Del Estero
39	MARANGONI	LALLANA	Salta
40	MICHELIN	RIVAROSA	Mortero
41	MICHELIN	DEBONA	Rosario
42	MICHELIN	JDG	Tucumán
43	MICHELIN	FONTANA	Oberá
44	VIPAL	CYCO	Córdoba
45	VIPAL	G. RIVADAVIA	Rosario
46	VIPAL	GRUPO SALTA	Salta
47	VIPAL	N. DE SUR	Cipolletti
48	VIPAL	N. DE SUR	Mendoza
49	VIPAL	N. DE SUR	La Pampa
50	VIPAL	PREC.	San Juan
51	VIPAL	TERRAF	San Francisco
52	VIPAL	FUNES	Santiago Del Estero
53	VIPAL	HC	San Rafael
54	VIPAL	OBERMAN	Oberá
55	VIPAL	ZANETTI	Calchaquí
56	VIPAL	FUTURGOM	G. Ramirez
57	VIPAL	PAOLI	Las Rosas
Talleres / Distribuidores			
58	FATE		
59	RIVAROSA		
60	BANCOR		
61	GOODYEAR		
62	TIPLER		
63	RUZI		

FUENTE: Entrevista N.º 6 (2021)

ANEXO 3:

PLANTAS FABRICANTES DE CEMENTO EN LA ARGENTINA

Tabla A3T1
Plantas fabricantes de cemento en la Argentina

EMPRESA	PLANTA	LOCALIDAD	PROVINCIA
Loma Negra	Fábrica Catamarca	El Alto	Catamarca
PCR	Fábrica Comodoro Rivadavia	C. Rivadavia	Chubut
HOLCIM	Planta de Cemento	Malagueño	Córdoba
HOLCIM	Jujuy	Puesto Viejo	Jujuy
HOLCIM	Mendoza	Las Heras	Mendoza
Loma Negra	Fábrica Zapala	Zapala	Neuquén
Loma Negra	Fábrica L' Amalí	Olavarría	PBA
Loma Negra	Fábrica Olavarría	Olavarría	PBA
Loma Negra	Fábrica Sierras Bayas	Sierras Bayas	PBA
Loma Negra	Fábrica Barker	Benito Juárez	PBA
Loma Negra	Supercentro Logístico LomaSer	Vicente Casares	PBA
Loma Negra	Planta Ramallo	Ramallo	PBA
HOLCIM	Buenos Aires	Campana	PBA
Cementos Avellaneda	San Jacinto	Olavarría	PBA
Loma Negra	Fábrica San Juan	Rivadavia	San Juan
Cementos Avellaneda	San Luis	Belgrano	San Luis
PCR	Fábrica Pico Truncado	Pico Truncado	Santa Cruz

FUENTE: Entrevista N.º 10 (2021)

5. BIBLIOGRAFÍA

Agencia de Recaudación Provincia de Buenos Aires (ARBA). (2021). Estadísticas del transporte automotor

Asociación de Fábricas de Automotores (ADEFA). (2020). Anuario 2019. Consultado el 8 de octubre de 2021. <http://www.adefa.org.ar/es/estadisticasanuariosinterno?id=54>

Bedia García Matamoros, J., Cordero Alcántara, T. y Rodríguez Mirasol, J. (2004). Reciclado y reutilización de neumáticos usados (y II). Alternativas a la recuperación de energía. *Ingeniería química*, (410). pp. 177-186.

Bridgestone. (2021). *Sustainability Report 2020–2021*. Tokyo: Bridgestone Corporation.

Cámara de la Industria del Neumático de Chile (CINC). (2018). Antecedentes técnicos, económicos y sociales para la elaboración de los Decretos Supremos que establecerán las metas de recolección y valorización de Neumáticos Fuera de Uso (NFU). Consultado el 8 de octubre de 2021. <https://rechile.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/06/16.-CINC-Camara-de-la-Industriadel-Neumatico-de-Chile.pdf>

COMTRADE. (2021). Base de datos COMTRADE de la ONU. Consultado el 26 de julio de 2021. <https://comtrade.un.org/data/>

Cano Serrano, E., Cerezo García, L. y Urbina Fraile, M. (2007). *Valorización material y energética de neumáticos fuera de uso*. Consultado el 11 de octubre de 2021. https://www.madrimasd.org/uploads/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/VT/VT10_valorizacion-energetica-neumaticos.pdf

Catalán Enríquez, P., Bórquez Vázquez, H. y Pizarro Martínez, F. (2018). *Estudio comparativo entre un neumático nuevo y un neumático recauchado, para reducción de huella de carbono* [Trabajo de Titulación, Universidad Técnica Federico Santa María]. Consultado el 12 de agosto de 2021. <https://repositorio.usm.cl/handle/11673/45332>

FADEEAC. (2020). Mesa de Economía Circular del Caucho. Documento preparado por Julio Velázquez, Melina Berger y Gaspar Contrini. En *Economía Circular para NFU | Jornada Técnica 19° de Conexión Reciclado* [video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=tZe5Umk3K8g>

Delarze Díaz, P. A. (2008). *Reciclaje de neumáticos y su aplicación en la construcción* [Tesis de grado, Universidad Austral de Chile]. Repositorio Institucional UACH. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/bmfcid339r/doc/bmfcid339r.pdf>

Ingenieros.es. (2012). Neumáticos Recauchutados, menor huella de carbono y hasta un 75 % de ahorro energético. Consultado el 26 de julio de 2021. <https://www.ingenieros.es/noticias/ver/neumaticos-recauchutados-menor-huella-de-carbono-y-hasta-un-75-de-ahorro-energetico/2869>

Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM). (2020). NORMA ARGENTINA 29600. Coprocesamiento en la industria cementera. Segunda Edición.

Institute for Prospective Technological Studies (IPTS). (2004). Promoting Environmental Technologies: Sectoral Analysis, Barriers and Measures. Consultado el 11 de octubre de 2021. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.124.6666&rep=rep1&type=pdf>

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC). (2010). Censo 2010. Consultado el 13 de septiembre de 2021. <https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel4-Tema-2-41-135>

Iresiduo. (2018). Una innovadora tecnología convierte los neumáticos usados en un producto de reemplazo de la madera. Consultado el 23 de julio de 2021. <https://iresiduo.com/noticias/espana/tnu/18/07/06/innovadora-tecnologia-convierte-neumaticos-usados-producto-reemplazo>

López Félix, A., Álvarez Centeno, T. y Alguacil, F. (2012). Aprovechamiento energético de residuos: el caso de los neumáticos fuera de uso. Consultado el 15 de agosto de 2021. <http://www.energia2012.es/sites/default/files/Aprovechamiento%20energ%C3%A9tico%20de%20residuos%20el%20caso%20de%20los%20neum%C3%A1ticos%20fuera%20de%20uso.pdf>

López-Cózar, J. M. (2017). Ha elegido usted ¡gasóleo con aceite de neumático! Consultado el 23 de julio de 2021. <https://blog.signus.es/gasoleo-con-aceite-de-neumatico/>

López-Cózar, J. M. (2019). Neumáticos hechos con restos de neumático. Consultado el 23 de julio de 2021. <https://blog.signus.es/neumaticos-hechos-con-restos-de-neumatico/>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2020).

Economía Circular aplicada a los Neumáticos Fuera de Uso. Documento preparado por Florencia Lanzillota. En *Economía Circular para NFU | Jornada Técnica 19° de Conexión Reciclado* [video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=tZe5Umk3K8g>

Neomatique. (2021). Impresión 3D con polvo de neumático: Todo un mundo de oportunidades. Consultado el 23 de julio de 2021. <https://blog.signus.es/impresion-3d-con-polvo-de-neumatico/>

Oponeo. (2019). ¿Cuánto pesa un neumático? Consultado el 8 de octubre de 2021. <https://www.oponeo.es/blog/cuanto-pesa-un-neumatico>

Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS). (2021). Relevamiento municipal de gestión de NFU. Documento inédito.

POSVENTA.info. (2020). Un neumático con la presión correcta puede disminuir el consumo de combustible hasta en un 3,3 %. Consultado el 26 de julio de 2021. <https://www.posventa.info/texto-diario/mostrar/2993727/neumatico-presion-correcta-disminuir-consumo-combustible-33>

Potarsky, K. y Bertalot, E. (2021). Obtención de grafito a partir de Carbon Black proveniente de neumáticos fuera de uso (NFU). *Revista STLCaucho*, (41), pp. 24-27

Quezada V., D. A. (2001). *Utilización de neumáticos desechados como combustible alternativo en fábricas de cemento* [Memoria de título, Universidad de Talca]. Consultado el 15 de agosto de 2021. <https://www.monografias.com/trabajos13/neuma/neuma.shtml>

Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sostenible (SADS). (2013). Resolución 523/2013. Manejo Sustentable de Neumáticos. Boletín Nacional. <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%BA3n-523-2013-214412>

Statista. (2021). Productores de neumáticos según sus ingresos anuales. Consultado el 26 de julio de 2021. <https://es.statista.com/estadisticas/634636/productores-de-neumaticos-segun-sus-ingresos-anuales/>

The Japan Automobile Tyre Manufacturers Association, Inc. (JATMA). (2012). Tyre LCCO2 Calculation Guidelines Ver. 2.0. Consultado el 8 de octubre de 2021. https://www.jatma.or.jp/english/tyrerecycling/pdf/lcco2guideline_en.pdf

Tratamiento de neumáticos usados (TNU). (2021). ¿Sabías que se fabrica cemento más resistente y ecológico con grafeno procedente del caucho de los neumáticos fuera de uso? Consultado el 23 de julio de 2021. <https://www.tnu.es/sabias-que-se-fabrica-cemento-mas-resistente-y-ecologico-con-grafeno-procedente-del-caucho-de-los-neumaticos-fuera-de-uso/>

World Business Council of Sustainable Development (WBCSD). (2008). Managing End-of-Life Tires. Full Report. Consultado el 15 de agosto de 2021. https://docs.wbcsd.org/2018/02/TIP/End_of_Life_Tires-Full-Report.pdf

World Business Council of Sustainable Development (WBCSD). (2018a). Global ELT Management. A global state of knowledge on collection rates, recovery routes, and management methods. Consultado el 25 de agosto de 2021. https://docs.wbcsd.org/2018/02/TIP/WBCSD_ELT_management_State_of_Knowledge_Report.pdf

World Business Council of Sustainable Development (WBCSD). (2018b). TIP: end-of-life tires. Consultado el 25 de agosto de 2021. https://docs.wbcsd.org/2018/02/ELT_Fact_Sheet.pdf

LISTADO DE ENTREVISTAS

Nº	FECHA	INSTITUCIÓN/PERSONA ENTREVISTADA
1	23/04/2021	INTI - CAUCHO
2	10/05/2021	GEVECO S.A.
3	14/05/2021	REGOMAX
4	31/05/2021	REGOMAX
5	01/06/2021	RENFU
6	08/06/2021	ARAN (Asociación Reconstructores Argentinos de Neumáticos)
7	09/06/2021	FATE
8	24/06/2021	LAROCCA NEUMÁTICOS
9	30/06/2021	YPF
10	08/07/2021	AFCP (Asociación de Fabricantes de Cemento Portland)
11	13/07/2021	TOMÁS GALEAZZI
12	27/07/2021	UCON (Unión Comerciantes en Neumáticos de la República Argentina)
13	06/08/2021	KUMEN-CO

Se agradece especialmente a las siguientes instituciones, empresas y municipios por la información brindada a la investigación:

I n s t i t u c i o n e s y e m p r e s a s

- Asociación de Fabricantes de Cemento Portland (AFCP)
- Asociación de Reconstructores Argentinos de Neumáticos (ARAN)
- FATE
- GEVECO S.A.
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI)
- Kumen Co
- Neumáticos San Justo
- Norberto R. Grippo
- Ministerio de Ambiente PBA – Equipo de encuestadores del relevamiento de NFU
- REGOMAX S.A.
- ReNFU S.A.
- Tomás Galeazzi
- Unión Comerciantes en Neumáticos (UCON)
- Yacimientos Petrolíferos Fiscales (YPF)

Municipios:

25 de mayo	Coronel Rosales	Lanús	Ramallo
9 de Julio	Coronel Suárez	Laprida	Rauch
Adolfo Alsina	Daireaux	Las Flores	Rivadavia
Adolfo González Chaves	Dolores	Leandro N. Alem	Rojas
Alberti	Ensenada	Lezama	Roque Pérez
Almirante Brown	Escobar	Lincoln	Saavedra
Arrecifes	Esteban Echeverría	Lobería	Saladillo
Avellaneda	Exaltación de la Cruz	Lobos	Salliqueló
Ayacucho	Ezeiza	Lomas de Zamora	Salto
Azul	Florencio Varela	Lujan	San Andrés de Giles
Bahía Blanca	Florentino Ameghino	Magdalena	San Antonio de Areco
Balcarce	General Alvarado	Maipú	San Cayetano
Baradero	General Arenales	Mar Chiquita	San Fernando
Benito Juárez	General Belgrano	Marcos Paz	San Isidro
Berazategui	General La Madrid	Mercedes	San Martín
Berisso	General Las Heras	Merlo	San Miguel
Bolívar	General Lavalle	Monte	San Nicolas
Bragado	General Madariaga	Monte Hermoso	San Pedro
Brandsen	General Paz	Moreno	San Vicente
Campana	General Pinto	Morón	Suipacha
Cañuelas	General Rodríguez	Navarro	Tandil
Capitán Sarmiento	General Viamonte	Necochea	Tapalqué
Carlos Casares	General Villegas	Olavarría	Tigre
Carlos Tejedor	Guaminí	Patagones	Tordillo
Carmen de Areco	Hipólito Yrigoyen	Pehuajó	Tornquist
Castelli	Hurlingham	Pellegrini	Trenque Lauquen
Chacabuco	Ituzaingó	Pila	Tres Arroyos
Chascomús	José C. Paz	Pilar	Tres de Febrero
Chivilcoy	Junín	Pinamar	Tres Lomas
Colón	La Costa	Presidente Perón	Vicente López
Coronel Dorrego	La Matanza	Puán	Villa Gesell
Coronel Pringles	La Plata	Punta Indio	Villarino
		Quilmes	

**MINISTERIO DE
AMBIENTE**



**GOBIERNO DE LA
PROVINCIA DE
BUENOS
AIRES**