

TRANSPORTADORES



Modelo A-5
hasta 50 Kgs./h.

Modelo A-10
hasta 100 Kgs./h.



Modelo A-102 hasta 250 Kgs./h.



Modelo A-406 hasta 1.600 Kgs./h.

Transportadores individuales
con turbina monofásica hasta 125 Kgs./h.
y turbina trifásica hasta 2.000 Kgs./h.

ALIMATIC, S.L.

C/. Andorra, 19 B y C
08830 SANT BOI DE LLOBREGAT (Barcelona) SPAIN
Tel. +34 93 652 56 80 - Fax +34 93 652 56 86
e-mail: alimatic@alimatic.com

Fin de condición de residuo del caucho procedente del neumático. Rumbo hacia la Economía Circular

Autores: Leticia Saiz Rodríguez, Roberto Pérez Aparicio

Departamento de Desarrollo de Mercados y Nuevas Aplicaciones

SIGNUS Ecovalor S.L.

C/ Caleruega, 102, 5º - 28033 Madrid, España
lsaiz@signus.es, rperez@signus.es

Resumen

Vivimos en un planeta con recursos finitos, en el que estamos llamados a crecer en un nuevo modelo económico, denominado Economía Circular, que trata de minimizar el consumo de los recursos naturales empleando en sus procesos productivos materiales reciclados.

El reciclaje de los neumáticos al final de su vida útil (NFVU) es de gran importancia para la aplicación del modelo de Economía Circular ya que permite transformar un residuo, el NFVU, en un producto como el

granulado o polvo de caucho, que se destina a distintas aplicaciones incorporándolo de nuevo en el ciclo productivo.

Hoy en día, el granulado o polvo de caucho procedente de NFVU sigue considerándose a nivel nacional como un residuo a pesar de cumplir unas especificaciones técnicas y cumplir con la correspondiente legislación y normativa los productos donde se incorporan.

Uno de los motores de la Economía Circular sería alcanzar el fin de condición de residuo para estos materiales procedentes de NFVU

convirtiéndolos en una materia prima secundaria y así potenciar de manera efectiva su utilización.

Este artículo describe los criterios que se deben cumplir para alcanzar el estatus de fin de condición de residuo aplicado al caso del granulado y polvo de caucho procedente de NFVU.

Palabras Clave: caucho, neumático al final de su vida útil, reciclado, valorización material, fin de condición de residuo, Economía Circular.



CÁMARAS
HUSILLOS
CÁMARAS Y HUSILLOS DOBLES PARALELOS
CÁMARA BIMETÁLICA
PUNTAS CASQUILLOS BOQUILLAS CULATAS COLUMNAS

Polígono CAN HUMET DE DALT
 Pasaje Pintor Miró, 8D nave 4
 08213 POLINYÀ (Barcelona)

Tel. 937 133 799
 Fax 937 133 791
 husyca@husyca.com
 www.husyca.com

TECNOLOGÍA Y PRECISIÓN
HUSYCA



Figura 1.
 Aplicación del caucho procedente del NFVU en barreras de seguridad New Jersey.

Abstract

We live in a planet with finite resources, in which we are called to grow in a new economic model, the so-called Circular Economy, which tries to minimize the consumption of natural resources by using recycled materials in the production processes.

The recycling of end-of-life tyres (ELT) is of great importance for the application of the Circular Economy model as it allows a waste (ELT) to be transformed into a product, such as granulate or crumb rubber, which is intended for different applications by incorporating it again into the production cycle.

Nowadays, the granulate or crumb rubber from ELT are still considered at national level as a waste in spite of complying with technical specifications, as well as fulfilling the corresponding regulations and standards for the products in which they are incorporated.

One of the motors of the Circular Economy

would be to reach the end-of-waste criteria for these materials derived from ELT converting them into a secondary raw material and thus effectively promote their use.

This article describes the criteria that must be met to achieve end-of-waste status applied to granulate and crumb rubber from ELT.

Keywords: rubber, end-of-life tyre, recycling, material recovery, end-of-waste criteria, Circular Economy.

Introducción

La disponibilidad de los recursos que extraemos del planeta cada vez es menor. Según las previsiones de la ONU (Organización de Naciones Unidas), nuestro planeta alcanzará una población mundial de 8.500 millones en 2030 y se incrementará hasta los 9.700 millones en 2050, por lo que harían falta tres

planetas para proporcionar los recursos naturales necesarios para mantener los actuales modos de vida.

Para simbolizar este problema, la ONG Global Footprint Organization creó el concepto de *Día de Exceso de la Tierra (Earth Overshoot Day)*, que se trata de un indicador de la velocidad en la que estamos "consumiendo el planeta" que pretende alarmar y concienciar sobre la problemática de la sobreexplotación. Este indicador intenta fijar el día del año en que se agota el consumo de recursos presupuestados para dicho año, sin que afecten a la regeneración de los propios recursos. Comenzó a medirse en el año 1970 donde fue el 23 de diciembre, sin embargo, en el año 2000 fue el 1 de octubre y en el pasado año 2018 el *Día de Exceso de la Tierra* se adelantó al 1 de agosto. Esto quiere decir, aparte de que cada año se consumen más rápido los recursos naturales, que llevamos más de cuatro décadas agotando los recursos anuales antes de que

acabe el año para el que están presupuestados, y por tanto, impidiendo su regeneración [1].

La elaboración de productos o bienes de consumo siguiendo el modelo lineal donde se extraen las materias primas, se producen, se utilizan y luego se tiran, no es sostenible. Es por tanto necesario un cambio de rumbo en el que los residuos se transformen en recursos con los que producir de nuevo bienes y servicios y cerrar así *el ciclo de vida de los productos*. Este nuevo concepto es el denominado *Economía Circular*.

La Economía Circular se puede definir como el modelo económico que selecciona de forma inteligente los recursos, minimizando los no renovables y las materias primas críticas, y favoreciendo la utilización de materiales reciclados siempre que sea posible y cumplan para una finalidad determinada [2].

El reciclaje de los neumáticos al final de su



Figura 2. Calzado fabricado con suelas de caucho procedente de NFVU.

vida útil (NFVU) es de gran importancia para la aplicación del modelo de Economía Circular y como consecuencia, para contribuir a un crecimiento económico sostenible. En la última década, se han desarrollado muy diversos proyectos donde se han puesto de manifiesto las buenas propiedades del caucho procedente de NFVU (elasticidad, durabilidad, atenuación de vibraciones, aislante térmico y acústico, material liviano...) [3]. Sin embargo, el desarrollo de nuevos nichos de mercado, donde se puedan explotar todas las propiedades que aporta el caucho procedente de NFVU, está fuertemente condicionado por la todavía desacertada imagen de la utilización de residuos como materias primas secundarias, sobre todo en determinados sec-

tores muy conservadores. Este hecho se da incluso habiéndose demostrado la viabilidad tanto técnica como económica de las nuevas aplicaciones y la existencia de una mejora del comportamiento del producto final derivado de la utilización de materiales procedentes de NFVU frente a materiales convencionales (**Figuras 1-3**).

Uno de los retos que ayudaría a superar estas barreras es el desarrollo de especificaciones para estos materiales en base a una normativa para lograr un mayor reconocimiento y aceptación en el mercado. Así, durante los últimos años, se han desarrollado diferentes normas europeas dentro del Comité Técnico de Normalización 366 (*Materiales obtenidos a partir de neumáticos al final de su vida útil*)



Figura 3. Aplicación del polvo de caucho de NFVU en ruedas de carretilla.

y nacionales dentro del Comité Técnico de Normalización 53 Subcomité 9, que permiten responder mejor a las necesidades de la industria (caracterización de los materiales, propiedades físicas y químicas, criterios de selección de neumáticos enteros para valorización,...).

Sin embargo, son las leyes y directivas las que realmente pueden cambiar la situación, implantando herramientas para potenciar y fortalecer el reciclado de estos materiales. Así, las nuevas directrices económicas basadas en el plan de Economía Circular (*Plan de Acción para la Economía Circular*, Comisión Europea 2015 [4]) tendrán a corto plazo un impacto positivo en la valorización de los materiales procedentes de NFVU. En particular,

será de gran ayuda la aprobación de los criterios de fin de la condición de residuo para el granulado y polvo de caucho procedentes de NFVU, lo cual permitirá transformar de manera definitiva un residuo en una materia prima secundaria al establecer criterios objetivos y comunes para todos que permitan aumentar la confianza en el producto.

Normativa

En la antigua Directiva Marco de Residuos 2008/98/CE ya se introdujo el concepto de *fin de la condición de residuo* y las condiciones que debían cumplir para definir los criterios. Además, en el artículo 6.2 de dicha directiva se incluía a los neumáticos en los flujos de residuos a tener en cuenta a la hora

de establecer criterios de fin de la condición de residuo. En el artículo 5 de la vigente Ley 22/2011 de residuos y suelos contaminados, que transpone la Directiva 2008/98/CE al Estado español, se describen los criterios que se deben cumplir para que se alcance el estatus de fin de condición de residuo.

Por otro lado, la actual Directiva 2018/851 del 30 de mayo de 2018, que modifica a la anterior 2008/98/CE, recoge entre las diversas medidas la necesidad de mejorar la eficiencia del uso de recursos y asegurar que los residuos se valoren como recursos, además de la obligación de conferir competencias de ejecución a la Comisión Europea con el fin de establecer criterios detallados para la aplicación de fin de la condición de residuo. Para este último, se resalta que deben tenerse en cuenta criterios específicos relativos al fin de la condición de residuo para, como mínimo, los áridos, el papel, los **neumáticos** y los textiles.

Además, esta directiva recoge de nuevo en su artículo 6 que los Estados miembros adoptarán las medidas adecuadas para garantizar que se considere que los residuos que hayan sido objeto de reciclado u otra operación de valorización han dejado de ser residuos si cumplen los requisitos siguientes:

1. la sustancia u objeto se debe usar para finalidades específicas;
2. existe un mercado o una demanda para dicha sustancia u objeto;
3. la sustancia u objeto satisface los requisitos técnicos para las finalidades específicas, y cumple la legislación existente y las normas aplicables a los productos; y
4. el uso de la sustancia u objeto no generará impactos adversos globales para el medio ambiente o la salud.

La nueva Directiva 2018/851 también señala que la Comisión Europea supervisará el desarrollo de los criterios nacionales relativos al fin de la condición de residuo en los Estados miembros y evaluará la necesidad de desarrollar criterios a escala de toda la Unión Europea sobre esa base. Hasta la fecha, la Comisión Europea ha publicado reglamentos

correspondientes al fin de la condición de residuo para chatarra de hierro, acero, aluminio, cobre y sus aleaciones y para el vidrio. A su vez, el IPTS (*Institute for Prospective Technological Studies*) ha publicado las propuestas técnicas para la definición de criterios en relación al papel, residuos biodegradables y plástico. Sin embargo, en el caso del caucho procedente de NFVU son los estados miembros Países Bajos, Portugal e Italia, además de Reino Unido, los que ya han definido los criterios de fin de la condición de residuo. Otros como Francia, Estonia y España se encuentran en proceso. Sin embargo, a la espera de finalizar las propuestas de los Estados miembros ya iniciadas, hasta la fecha la Comisión Europea no ha tomado la iniciativa de comenzar los trabajos para desarrollar criterios a escala de toda la UE.

En este artículo se describe cómo se aplican cada uno de los criterios para alcanzar el fin de la condición de residuo para el caso del granulado y del polvo de caucho procedente de NFVU.

La definición de estos criterios para el caso de NFVU supondrá que el sector del reciclaje y su industria se vea fortalecido, asegurando al mismo tiempo la calidad de los materiales y promoviendo su estandarización y control de la calidad. También facilitará la seguridad jurídica y unas reglas de juego equitativas, minimizando las cargas administrativas en el sector. Por último, contribuirá al abastecimiento de materias primas secundarias, todo ello en línea con lo establecido en el paquete de Economía Circular de la Comisión Europea.

Criterios para el fin de la condición de residuo para el caucho procedente de NFVU

El proceso de reciclaje de NFVU consiste en transformar un residuo en un recurso para reincorporarse de nuevo al proceso productivo. Durante este proceso, el neumático entero se somete a un proceso de trituración y granulación que consiste en reducir su tamaño de forma sucesiva, separando al mismo tiempo el neumático en sus tres principales componentes: caucho, acero y textil. De

esta forma, se obtiene la fracción caucho de NFVU constituida por partículas de diferentes granulometrías que están libres de acero, fibra textil y otras impurezas [3].

Las fracciones de caucho para las que se plantea aplicar los criterios para el fin de la condición de residuo son las siguientes:

- Polvo: partículas de caucho inferior a 0,8 mm obtenidas del proceso de granulación y separación de componentes de NFVU [5].
- Granulado: partículas de caucho entre 0,8 mm y 20 mm obtenidas del proceso de granulación y separación de componentes de NFVU [5].
- "Encapsulado": partículas de caucho entre 0,8 mm y 20 mm obtenidas del proceso de granulación y separación de componentes de NFVU que posteriormente son sometidas a un proceso en el que se mezcla con resinas y/o pigmentos que le confieren diferentes colores manteniendo las partículas sueltas sin aglomerarse.

A la hora de establecer los criterios, estos deben cumplir las condiciones establecidas en

la Directiva 2018/851, además de brindar un alto nivel de protección del medio ambiente y un beneficio ambiental y económico.

Condición primera

La condición primera indica que la sustancia u objeto se debe usar para finalidades específicas. En el caso del granulado y polvo de caucho en la mayor parte de las aplicaciones a las que va destinada se utiliza como sustituto de materiales vírgenes. Además, dadas las propiedades elásticas del caucho, estos materiales se emplean para finalidades específicas como absorción de vibraciones, absorción de impactos, aislamiento acústico y térmico o, en ciertos productos que requieren alta resistencia, a agentes climatológicos.

Existe una amplia variedad de aplicaciones del granulado y polvo de caucho, tales como superficies deportivas, suelos de seguridad de parques infantiles, equipamiento urbano, mezclas bituminosas, piezas de caucho, etc. [3]. Los diferentes destinos consolidados del polvo y del granulado de caucho procedente de NFVU clasificados por tipo de aplicación se muestran en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Principales aplicaciones del granulado y polvo de caucho procedente de NFVU.

| CONSTRUCCIÓN, OBRA CIVIL, INFRAESTRUCTURAS |
|---|
| Mezclas bituminosas (asfaltos) Barreras de seguridad y sistemas de protección para motoristas, etc. Absorción de vibraciones (ferrocarril) Aislamiento térmico y acústico (edificación) Construcción de bases elásticas (infraestructuras) Hormigones y morteros modificados (barreras New Jersey, etc.) |
| APLICACIONES INDUSTRIALES |
| Piezas moldeadas (mezclas con resina, ligantes, caucho virgen, plásticos, etc.) Caucho regenerado (tratamientos químicos, mecánicos, microondas, etc.) Seguridad vial (bolardos, bandas, etc.) Ornamentación (jardinería, productos moldeados, alcorques, etc.) |
| RELLENOS Y PAVIMENTOS |
| Rellenos en instalaciones de césped artificial Pavimentos de seguridad (baldosas, etc.) Superficies deportivas y zonas de recreo |

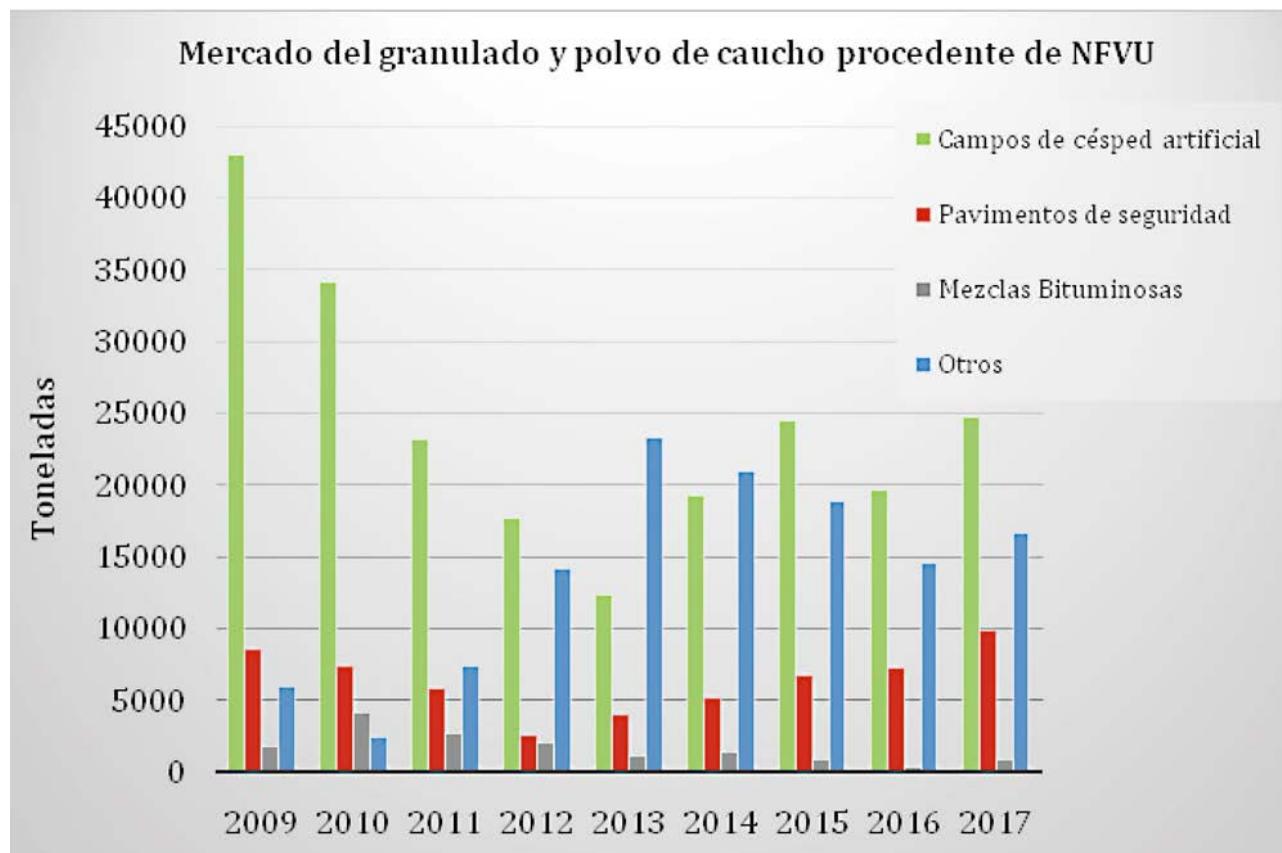


Figura 4. Destinos del caucho de NFVU en toneladas por año [6].

Condición segunda

La condición segunda indica que existe un mercado o una demanda para dicha sustancia u objeto. En la actualidad, existe un mercado perfectamente estructurado para el granulado o polvo de caucho procedente de NFVU.

Los principales nichos de mercado del caucho de NFVU en España son: (i) rellenos o bases elásticas para campos de césped artificial, (ii) suelos de seguridad en parques infantiles y (iii) modificador de mezclas bituminosas. En la **Figura 4**, se presentan las cifras de suministro de cada uno de los mercados en toneladas por año durante el periodo 2009-2017, por parte de los granuladores que forman parte de la red operacional de SIGNUS [6].

En primer lugar, se observa que la utilización

del granulado de NFVU como relleno de césped artificial en campos de fútbol está suficientemente consolidada, siendo además, la que más volumen de material demanda. Lo mismo se concluye de la aplicación en pavimentos de seguridad como por ejemplo los suelos de los parques infantiles donde el granulado de caucho procedente de NFVU permite hacer superficies antideslizantes, absorbentes de impactos y que reducen el riesgo de lesiones en la cabeza.

En el caso de las mezclas bituminosas, el consumo ha ido disminuyendo en los últimos años, llegando a valores que están muy por debajo del verdadero potencial que tiene esta aplicación. Aunque las razones son varias y requieren de un análisis más detallado de la situación, entre ellas cabe mencionar la falta

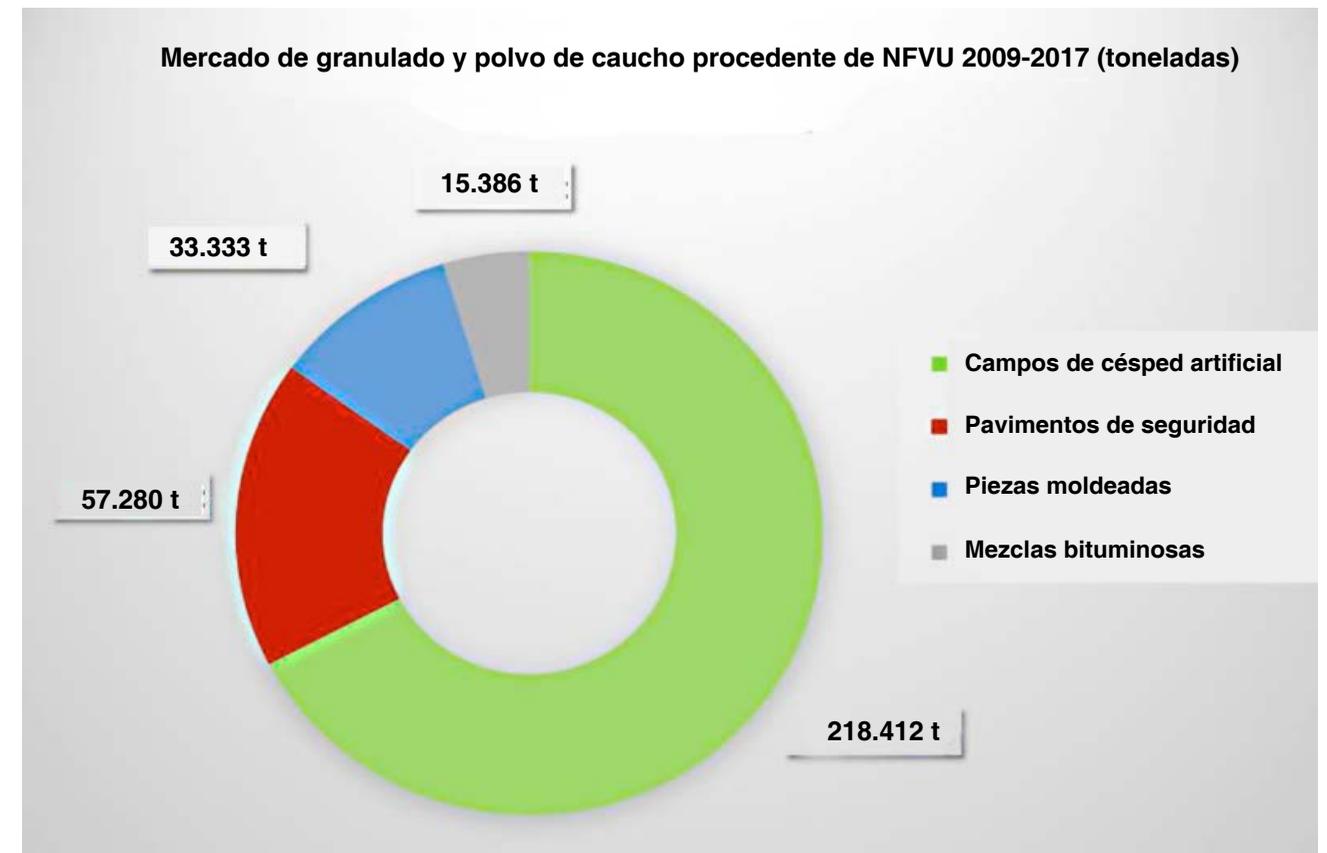


Figura 5. Distribución de destinos del granulado y polvo de caucho de NFVU (España 2009-2017).

de información que hay de este tipo de aplicación. Finalmente, se puede apreciar que existe la categoría "otros" donde se engloban otras aplicaciones minoritarias como aislamiento térmico y acústico, suelas de calzado, piezas de caucho, etc. (**ver Tabla 1**), de las cuales no se dispone de datos desagregados.

En la **Figura 5**, se representa el reparto de material en los distintos destinos de mercado del polvo y granulado de caucho, en toneladas, durante el periodo comprendido entre los años 2009 y 2017 [6]. Las cifras de material por aplicación confirman la consolidación del caucho procedente de NFVU como materia prima secundaria demandada por el mercado.

Condición tercera

La tercera condición indica que la sustancia u objeto debe satisfacer los requisitos técnicos para las finalidades específicas, y debe cumplir la legislación existente y las normas aplicables a los productos en los que se utilice. Un indicador del cumplimiento de esta condición puede estar relacionado con las normas técnicas y/o especificaciones aplicables al material valorizado, equivalentes a las que aplican a las materias primas utilizadas para el mismo propósito.

Como se ha comentado anteriormente, existe un Comité Técnico de Normalización (TC 366) a nivel europeo donde se desarrollan normas específicas para caracterizar las propiedades físicas y químicas del granulado y polvo de caucho. En la actualidad, existen normas eu-

ropeas específicas de los materiales procedentes de NFVU, como por ejemplo, la norma prEN14243-2:2017 "Materials obtained from end of life tyres — Part 2 - Granulates and powders — Methods for determining their dimension(s) and impurities, including free steel and free textile content", que describen los ensayos correspondientes a su granulometría, contenido de acero y textil, y de otras impurezas. El grupo espejo a nivel nacional es el subcomité 9 dentro del CTN 53 donde se hace seguimiento del desarrollo de estos trabajos normativos.

Por otro lado, existen normas específicas de los productos en los que se aplica el caucho procedente de NFVU. Son normas europeas o nacionales. En el caso de los pavimentos de seguridad, la norma de aplicación es la UNE-EN 1177:2009 que mide la altura crítica de caída (H.I.C.).

Además, existe legislación específica para el caso de la utilización del polvo de caucho en mezclas bituminosas, como la Orden Circular 21/2007 de la Dirección de Carreteras del Ministerio de Fomento donde se establecen las especificaciones técnicas que debe cumplir los betunes modificados con polvo de caucho, además de las características técnicas del polvo de caucho.

Condición cuarta

La condición cuarta indica que el uso de la sustancia u objeto no generará impactos adversos globales para el medio ambiente o la salud. Desde el punto de vista de su ciclo de vida, el reciclaje del caucho de NFVU en comparación con el uso de otras materias primas reduce el consumo energético y ayuda a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. A continuación, se describen algunos estudios que así lo demuestran.

a) Riesgos para la salud y el medio ambiente

La mayoría de los estudios sobre los riesgos para la salud derivados de la utilización del caucho procedente de NFVU están enfocados a la utilización del granulado como relleno de césped artificial (**Figura 6**). Dichos estudios concluyen que los riesgos para el medio am-



Figura 6. Utilización del caucho de NFVU en campos de césped artificial.

biente y la salud humana son muy bajos o despreciables.

En 2017, el RIVM (*Instituto Nacional Holandés para la Salud Pública y el Medio Ambiente*) publicó una investigación [7] donde concluye categóricamente que el riesgo para la

salud de la utilización de caucho procedente de NFVU en los campos de césped artificial donde se practica deporte, es prácticamente despreciable. Esto significa que es seguro practicar ejercicio en estos campos.

Poco después del estudio holandés, la Agen-

cia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas (ECHA) publicó un documento de evaluación de los posibles riesgos para la salud del granulado de caucho reciclado utilizado como relleno en campos deportivos de césped artificial [8].



Figura 7. Mezclas bituminosas con polvo de caucho procedente de NFVU.

El informe concluía que “el riesgo para la salud por la exposición de las sustancias encontradas en el granulado de caucho reciclado es muy bajo”, por lo que la ECHA no encontró ninguna razón para desaconsejar la práctica de juego en superficies deportivas de césped sintético que contenga granulado de caucho reciclado como material de relleno.

Además de los estudios anteriormente mencionados, también hay estudios específicos sobre los riesgos para la salud en el caso de la utilización de polvo de caucho en mezclas bituminosas (**Figura 7**). En España se ha realizado una evaluación de exposición de agentes químicos en trabajadores dedicados a la preparación de betún modificado de alta viscosidad con caucho [9]. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que, tanto la concentración de polvo de caucho como de vapores orgánicos son lo suficientemente

pequeñas como para que no representen un riesgo para la salud. Por tanto, se puede concluir que el empleo de caucho en sí mismo no presenta riesgos adicionales para la salud de los operarios de la central de fabricación o de las extendedoras y compactadores.

b) Análisis de ciclo de vida

En los últimos años se han llevado a cabo varios análisis del ciclo de vida sobre distintos procesos de valorización de NFVU y sobre diferentes aplicaciones donde se utilizan.

En 2011, Recybem/ARN (Sistemas de Responsabilidad Ampliada del Productor para NFVU y VFVU respectivamente en los Países Bajos) realizaron un estudio sobre la huella de carbono junto con un estudio del coste del ciclo de vida del reciclaje material de NFVU [10]. Los resultados, representados en la **Figura 8**, muestran que el uso de polvo y

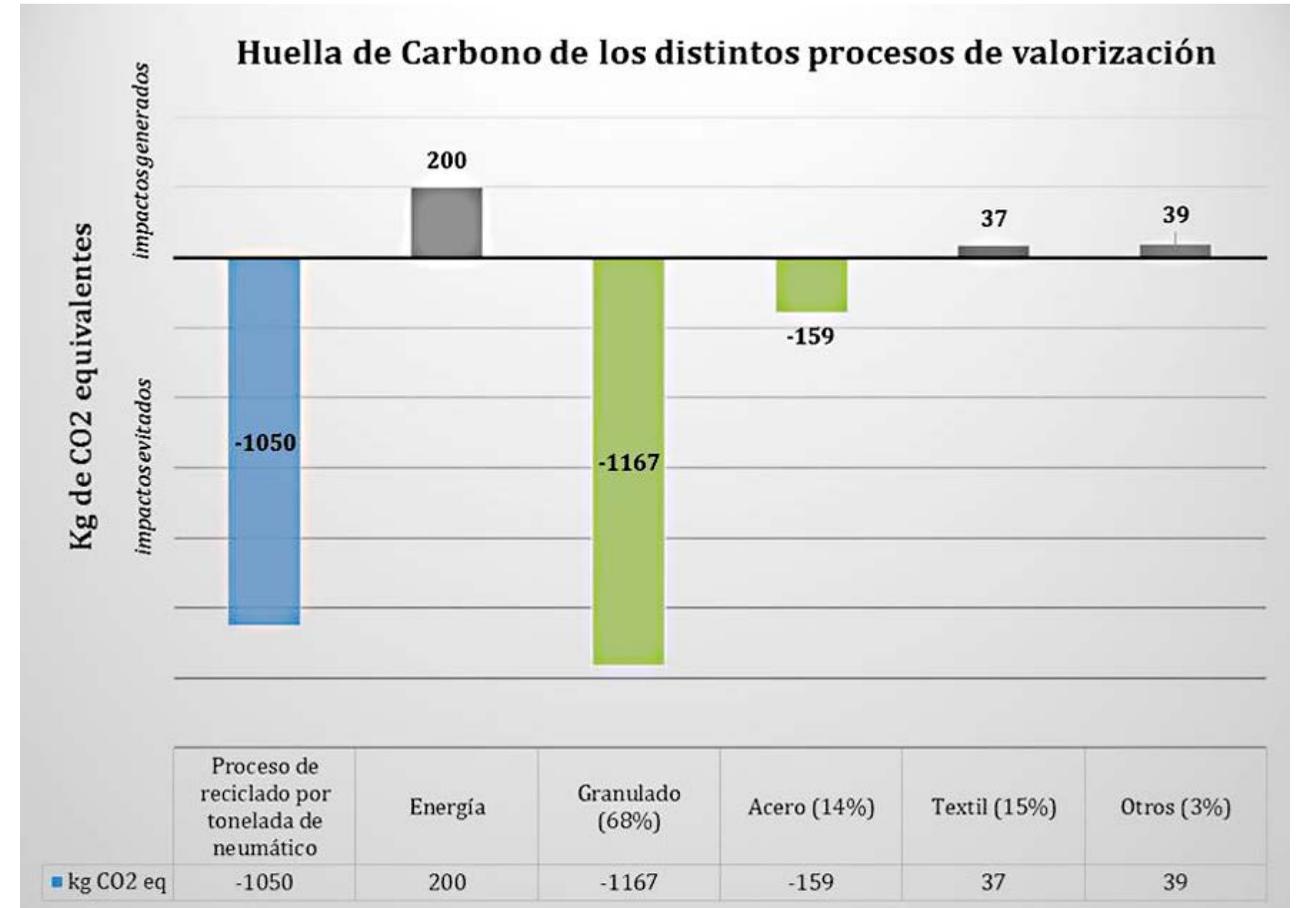


Figura 8. Análisis de la huella de carbono de los distintos procesos de valorización de NFVU.

granulado de caucho reciclado supone el mayor porcentaje de ahorro de emisiones de gases de efecto invernadero, debido al ahorro de las emisiones procedentes de la fabricación de caucho sintético.

Respecto a las diferentes aplicaciones del granulado o polvo de caucho, Aliapur (Sistema de Responsabilidad Ampliada del Productor para el neumático fuera de uso, NFU, en Francia) realizó en 2009 una evaluación ambiental basada en las normas ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006, comparando nueve aplicaciones del granulado y polvo de caucho [11]. El resultado para las aplicaciones que son de más interés indican que son

mucho mayores los impactos evitados que los impactos generados tal como se puede observar en la **Figura 9**.

Conclusiones

El reciclaje de NFVU contribuye al modelo de Economía Circular ya que es un proceso donde los residuos se transforman en recursos que se incorporan de nuevo en los ciclos productivos.

A pesar de las distintas aplicaciones ya existentes del granulado y polvo de caucho procedente de NFVU, todavía existe una desacertada imagen y ciertas reticencias a utilizar estos materiales que proceden de un residuo

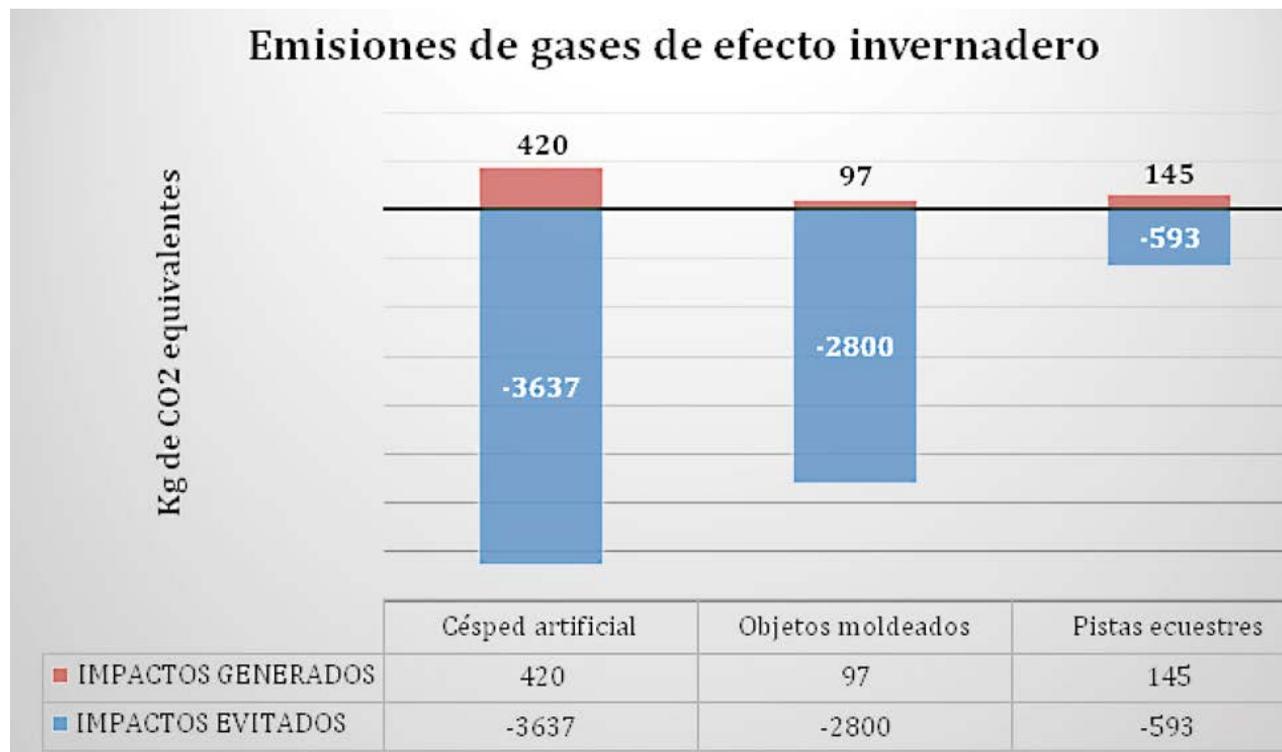


Figura 9. Emisiones de gases de efecto invernadero en función de diferentes aplicaciones del caucho reciclado.

y que en la actualidad se siguen considerando como residuos.

El alcanzar el fin de la condición de residuo permitiría considerar el granulado y polvo de caucho como una materia prima secundaria y se potenciaría el reciclaje de estos materiales y por ende contribuiría al modelo de Economía Circular.

Cuatro son las condiciones que se deben cumplir para el fin de la condición de residuo y que están recogidas en el artículo 5 de la Ley 22/2011 de residuos. La primera y la segunda son complementarias ya que por un lado indica que se use para finalidades específicas y la condición segunda indica que exista un mercado o una demanda. La condición

tercera indica que se satisfagan los requisitos técnicos y cumplan con la legislación existente y normas de aplicación a los productos. Por último, la condición cuarta indica que no generará impactos para el medio ambiente o la salud.

Durante el documento se ha detallado cómo el granulado y polvo de caucho procedente de NFVU cumple estas cuatro condiciones, ya que actualmente existe un mercado perfectamente estructurado donde se utilizan estos materiales con una finalidad concreta y sin generar impactos para el medio ambiente o la salud. Además, cumplen con las especificaciones y requisitos técnicos que se aplican a los productos donde se incorporan.

Bibliografía

1. "La Quinta Revolución: ¿Por qué necesitamos una Economía Circular?". Belda Hériz, Ignacio. RETEMA (Revista Técnica de Medio Ambiente), Julio 2018. <https://www.retema.es/articulo/la-quinta-revolucion-por-que-necesitamos-una-economia-circular-NCrvj>
2. CONAMA, Congreso Nacional de Medio Ambiente, Noviembre 2018. <http://www.conama2018.org>
3. "Reciclado de neumáticos: transformación de un residuo en un recurso", Revista de Plásticos Modernos Vol. 115, Número 730, Página 11, Enero 2018.
4. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones: "Cerrar el círculo: un plan de acción de la UE para la economía circular" (02/12/15). Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52015DC0614>
5. Definiciones recogidas en la norma UNE-CEN/TS 14243:2012 EX "Materiales producidos a partir de neumáticos fuera de uso. Especificaciones de categorías basadas en sus dimensiones e impurezas y métodos para determinar sus dimensiones e impurezas".
6. SIGNUS Ecovalor S.L., Datos suministrados por las plantas contratadas para los servicios de valorización material durante el periodo 2009-2017.
7. RIVM "Evaluation of health risks of playing sports on synthetic turf pitches with rubber granulate: Scientific background document" (2017).
8. Annex XV - Report "An evaluation of the possible health risks of recycled rubber granules used as infill in synthetic turf sports fields", ECHA (2017).
9. "Evaluación Específica de Higiene Industrial. Exposición a Agentes Químicos", MEDYCSA.
10. ARN y RecybEM, Recybem ARN Eco-test on Car tyres (2011).
11. Collecte Et Recyclage de Vous Pneus (Aliapur), "Life cycle assessment of 9 recovery methods for end-of-life tyres" (2010).