

CONAMA 2024

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

TRANSICIÓN HACIA UNA ECONOMÍA CIRCULAR DE LOS RESIDUOS PLÁSTICOS DE AUTOMOCIÓN

Proyecto CIRPLACAR



CONAMA 2024

TRANSICIÓN HACIA UNA ECONOMÍA CIRCULAR DE LOS RESIDUOS PLÁSTICOS DE AUTOMOCIÓN:
Proyecto CIRPLACAR

Autor Principal: María Teresa Expósito (LATEP, Laboratorio de Tecnología de Polímeros; y Grupo de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad Rey Juan Carlos)

Otros autores:

Beatriz Paredes (LATEP, Laboratorio de Tecnología de Polímeros; y Grupo de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad Rey Juan Carlos)

Rafael Juan (LATEP, Laboratorio de Tecnología de Polímeros; y Grupo de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad Rey Juan Carlos)

Carlos Domínguez (LATEP, Laboratorio de Tecnología de Polímeros; y Grupo de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad Rey Juan Carlos)

Rafael A. García (LATEP, Laboratorio de Tecnología de Polímeros; y Grupo de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad Rey Juan Carlos)

Otros autores que han colaborado en el proyecto:

Del Instituto de Estructura de la Materia-CSIC: Juan Francisco Vega y Javier Ramos.

De la Unidad de Procesos Termoquímicos de IMDEA-Energía: Lidia Amodio, Patricia Pizarro y David Serrano.

De la Unidad de Análisis de Sistemas de IMDEA Energía: Javier Dufour

1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN	2
2.1. Contextualización	2
2.2. Regulación europea en gestión de VFU	3
2.3. Composición de los vehículos	3
2.4. Aplicaciones según ciclo de reciclado	4
3. ESTRATEGIAS PROPUESTAS EN EL PROYECTO.....	5
Objetivo 1	6
Objetivo 2	6
Objetivo 3	7
Objetivo 4	7
4. ENTIDADES COLABORADORAS EN EL PROYECTO.....	8
5. PREMIOS OTORGADOS.....	8
6. DIVULGACIÓN CIENTÍFICA DE LOS RESULTADOS DEL PROYECTO CIRPLACAR	9
7. BIBLIOGRAFÍA	9
FINANCIACIÓN.....	10

1. RESUMEN

Desde un punto de vista industrial los sectores industriales donde actualmente existe una mayor demanda de materiales plásticos son principalmente el embalaje (alrededor del 40%), la construcción (alrededor del 20%) y el sector automotriz (10%) **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Aunque ha habido algunos avances en el desarrollo de procesos para el reciclaje de plásticos durante la última década, las tasas de reciclaje siguen siendo bajas. La actual Estrategia de Plásticos de la UE destaca algunos de los sectores clave donde existe potencial para el uso de un mayor volumen de material reciclado, entre ellos, el sector de vehículos al final de su vida útil (VFU). **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Esta comunicación está integrada en un proyecto que busca aplicar los principios de economía circular a los residuos plásticos que pueden ser recuperados de vehículos fuera de uso (VFU). Este informe tiene como objetivo visibilizar el contexto actual, las partes del vehículo que son susceptibles de recuperar, la estrategia de tratamiento de reciclado propuesta para transformar ese material residual en un producto que pueda introducirse en el mercado cumpliendo los requerimientos de calidad; y por último, la evaluación del ciclo de vida ambiental como el coste éste, así como su evaluación social.

Algunos de los aspectos más novedosos que ofrece el proyecto CIRPLACAR son: Integración de enfoques de reciclaje mecánico y químico para optimizar todo el proceso, maximizando la tasa de reciclaje de los residuos plásticos de VFU; desarrollo de métodos novedosos para identificar los principales polímeros y aditivos en los residuos de VFU, facilitando su recuperación más eficiente; así como el desarrollo, por primera vez en el sector, de una evaluación completa de sostenibilidad del ciclo de vida para garantizar que las tecnologías propuestas sean socialmente responsables y ambientalmente sostenibles.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. Contextualización

Los plásticos se han convertido en materiales indispensables en nuestra vida diaria, con una amplia gama de aplicaciones gracias a sus excelentes propiedades y a su bajo coste de producción; pero esta dependencia conlleva un problema mundial: la propagación de la contaminación plástica. Millones de toneladas de residuos plásticos son depositados en vertederos o llegan a aguas pluviales o marinas, lo que pone en relieve la gravedad de la situación **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Bajo el paraguas de la estrategia europea para los plásticos en una economía circular, aprobada por la Comisión Europea en 2018, se han puesto de relieve algunos aspectos clave para una conseguir gestión sostenible de los residuos plásticos en el futuro, como son: la reducción de los residuos plásticos incontrolados que llegan a los entornos marinos, la mejora de la calidad de los reciclados y, la búsqueda de nuevos sectores donde puedan ser utilizados, junto con una estrategia de diseño de producto que facilite tanto la incorporación de material reciclado como su reciclabilidad una vez que el producto haya sido desechado **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Actualmente, la Estrategia Europea sobre Plásticos destaca algunos de los sectores clave en los que existe potencial para opciones de reciclaje, entre ellos, los vehículos al final de su vida útil (VFU). Cada año, más de seis millones de vehículos en Europa llegan al final de su vida útil y son tratados como residuos. Cuando los vehículos al final de su vida útil no se gestionan adecuadamente, pueden causar problemas medioambientales y la economía europea pierde millones de toneladas de materiales.

Es importante tener en cuenta que el sector de la automoción es el tercer mercado de uso final de plásticos en Europa. Si bien el contenido de plástico reciclado postconsumo continúa creciendo en la mayoría de los sectores, la industria de la automoción se mantiene estable, con solo el 3 % de plásticos reciclados utilizados en nuevos productos (Figura 1) **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** La Unión Europea (EU) destaca la industria de la automoción como uno de los sectores clave en los que existe potencial para un mayor uso de materiales reciclados, con especial atención al sector de los VFU.



Figura 1. Conversión total a componentes o productos plásticos en cada sector productivo. Fuente: [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.](#)

2.2. Regulación europea en gestión de VFU

La recogida y valorización de los vehículos fuera de uso está estrictamente regulada por la Directiva 2000/52/EC sobre Vehículos Fuera de Uso [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.](#). Desde que se introdujo esta Directiva, se han realizado varias modificaciones y, en 2020 se completó una evaluación para alinearse mejor con los objetivos del Pacto Verde Europeo [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.](#) y el Plan de Acción para la Economía Circular 2021-2023 [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.](#)

En 2023 se publicó una propuesta de nuevo reglamento que aborda varias preocupaciones, destacando que al menos el 25 % del plástico utilizado para construir un vehículo procede del reciclaje (de los cuales el 25 % procede de vehículos fuera de uso reciclados) [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.](#)

2.3. Composición de los vehículos

En los automóviles existen numerosas piezas fabricadas de plástico, siendo la composición de los polímeros utilizados muy diversa. En las últimas décadas los materiales plásticos se están utilizando cada vez más en los vehículos, sustituyendo a piezas que originariamente estaban fabricadas en metal. Este hecho se ha debido a las ventajas que ofrecen los materiales plásticos como son: su menor densidad (lo que reduce el consumo de combustible, así como las emisiones contaminantes), su mayor resistencia a la intemperie, su bajo coste, etc. De ahí que, actualmente, los coches contengan hasta un 20% de materiales plásticos [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.](#)

Los componentes mayoritarios que representan alrededor del 70% de los plásticos utilizados en los vehículos los siguientes: polipropileno (PP), polietileno (PE), poliuretano (PU) y poliamidas (PA); pero también se incluyen proporciones significativas de policarbonato (PC), acrilonitrilo

butadieno estireno (ABS), etileno propileno dieno monómero (EPDM), cloruro de polivinilo (PVC), etc **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

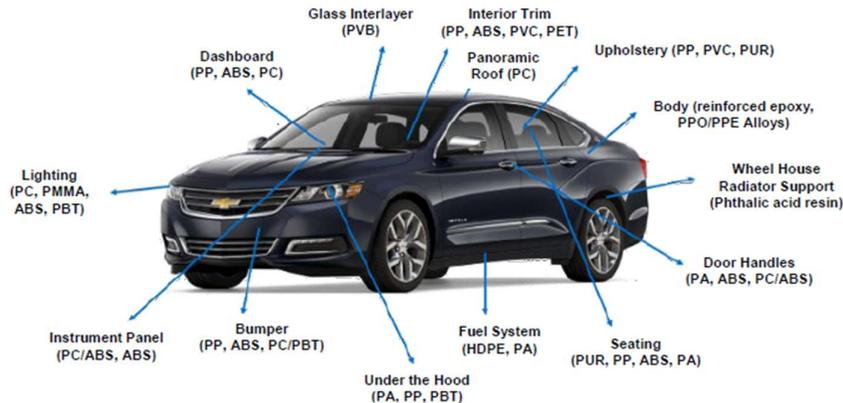


Figura 2. Composición de las piezas plásticas en un vehículo. Fuente **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.:**

Esta heterogeneidad composicional en diferentes piezas del vehículo implica una mayor dificultad no sólo en el proceso de reciclado de los plásticos procedentes de los VFU. A esto habría que añadir la influencia de otras sustancias o componentes en las piezas, como pueden pinturas, aditivos, compatibilizantes, etc, en el proceso de reciclado y aplicación del material reciclado.

2.4. Aplicaciones según ciclo de reciclado

La gestión de VFU se realiza a través de los desguaces. En estas instalaciones, en un primer proceso se retiran manualmente los componentes que son fácilmente accesibles y pueden venderse para su reutilización, así como los que pueden ser peligrosos (descontaminación) o los de alto valor (como el aluminio) o materiales reciclables; y luego, el vehículo es enviado a una trituradora para disminuir el vehículo a piezas del tamaño de un puño, que son separadas por un imán en metales ferrosos y no ferrosos, obteniendo además un residuo de fragmentación automotriz, que consiste en plásticos, caucho, vidrio, textiles y otros, que generalmente termina en un vertedero o, muy raramente, en un tratamiento posterior a la fragmentación. Según este planteamiento, se pueden dilucidar dos opciones diferentes para la fracción plástica, es decir, antes o después de la fragmentación reciclar mecánicamente los materiales plásticos reciclables y reciclar químicamente los materiales obtenidos del residuo de fragmentación, respectivamente.

El reciclaje mecánico, es hoy en día, el proceso más utilizado y operativo para reciclar plásticos de VFU, considerando factores económicos, tecnológicos y ambientales. En el caso de los procesos de reciclado químico, empleando el residuo de fragmentación, se están desarrollando tratamientos novedosos de disolución/precipitación, pirólisis catalítica y conversión del plástico en productos de mayor valor añadido.

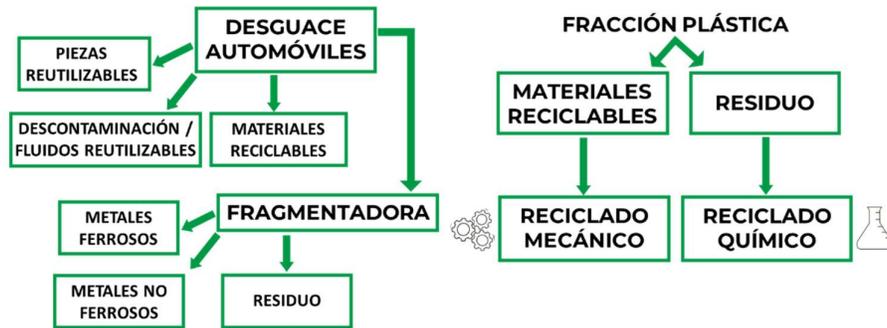


Figura 3. Esquema del proceso de extracción de materiales para su recuperación de VFU realizado en los desguaces. Posibles procesos de reciclado en función del tipo de fracción plástica. Fuente: propia

Por ello, se debe realizar una extracción manual de las fracciones plásticas antes de la trituradora y, en este sentido, es interesante ir hacia piezas de mayor tamaño, fáciles de extraer (accesibles) y de fácil identificación. Es el caso de los paragolpes y depósitos de combustible. Estas partes pueden pesar desde los hasta 8-9 hasta los 25 kg, lo que representa una proporción significativa de la masa no metálica del vehículo. Su procedimiento de desmantelamiento de los vehículos al final de su vida útil es fácil y suelen estar hechos de polietileno de alta densidad, polipropileno, respectivamente, y podrían aplicarse para formar parte de nuevo para fabricar piezas iguales a las de las que procedían (aplicación primaria) mediante un proceso de reciclado llamado de ciclo cerrado, al ser materiales reciclables. Pero también, debido a las excelentes propiedades mecánicas que presentan estos materiales recuperados y por su atractivo precio, podrían utilizarse en otras aplicaciones de mayor o similar valor con requisitos técnicos específicos, es decir, en un reciclaje de ciclo abierto.



Figura 4. Esquema del proceso de los tipos de ciclos de reciclados propuestos para los materiales recuperados de VFU. Fuente: propia

3. ESTRATEGIAS PROPUESTAS EN EL PROYECTO

CIRPLACAR ofrece como novedad los siguientes aspectos:

- (i) Integración de enfoques de reciclaje mecánico y químico para optimizar todo el proceso, maximizando la tasa de reciclaje de los residuos plásticos de VFU;
- (ii) Desarrollo de métodos novedosos para identificar los principales polímeros y aditivos en los residuos de VFU, facilitando su recuperación más eficiente;
- (iii) Evaluación de las propiedades de las corrientes de plásticos de VFU para establecer

- los sectores más adecuados para su aplicación como reciclados;
- (iv) Desarrollo de rutas de transformación termoquímica, mediante pirólisis catalítica, para producir productos químicos (en lugar de combustibles), investigando la separación de los componentes valiosos del aceite;
 - (v) Investigación de diferentes estrategias para la eliminación de sustancias peligrosas (principalmente compuestos halogenados) presentes en los residuos de VFU que pueden dificultar su recuperación; y
 - (vi) Desarrollo, por primera vez en el sector, de una evaluación completa de sostenibilidad del ciclo de vida para garantizar que las tecnologías propuestas sean socialmente responsables y ambientalmente sostenibles.

Para alcanzar estos aspectos, el proyecto se ha estructurado en la consecución de 4 objetivos, que se describen brevemente a continuación.

Objetivo 1

Tiene como finalidad evaluar la calidad de los residuos plásticos de los VFU utilizando diferentes técnicas (espectroscópicas, microscópicas, térmicas, mecánicas, reológicas...). Lo que nos permite identificar los componentes plásticos mayoritarios, y la presencia de otras sustancias que incorporan, como son los aditivos (refuerzos, retardadores de llama, pinturas, etc).

Objetivo 2

En este caso, se evaluará la viabilidad del reciclado mecánico de los materiales plásticos que componen diferentes piezas extraídas de VFU, para fabricar nuevas materias primas plásticas que serían aplicadas en la industria del automóvil (ciclo cerrado) o sectores alternativos (ciclo abierto). Para ello, en este objetivo se han llevado a cabo diferentes estudios: (i) degradación mecánica del material, (ii) comportamiento en mezclas con resinas vírgenes, (iii) influencia de los aditivos, (iv) extrusión reactiva y, por último (v) simulación multiescala.

Las piezas de VFU's utilizadas provienen de la fracción plástica reciclable: parachoques, depósitos de combustibles y salpicaderos.



Figura 5. Esquema de las partes plásticas de VFU's, y su composición, utilizados en el reciclado mecánico, y esquema del proceso de mezclado de material reciclado y virgen en una extrusora. Fuente: propia

Objetivo 3

De forma similar al objetivo 2, se va a evaluar la viabilidad de la conversión termoquímica (reciclado químico), mediante procesos basados en pirólisis, así como la utilización de catalizadores y trampas de halógenos. Se ha aplicado a aquellas fracciones plásticas no aptas para ser recicladas mecánicamente. Siendo su campo de aplicación la obtención de productos detoxificados de valor añadido.



Figura 6. Esquema de etapas principales del proceso de reciclado químico aplicado a los componentes plásticos de VFU's. Fuente: propia

Objetivo 4

Este objetivo está enfocado en dar soporte a los procesos de los objetivos 2 y 3, principalmente, desde el punto de vista de la sostenibilidad del ciclo de vida y de los aspectos económicos. La identificación de los impactos ambientales y sociales a través de una evaluación completa del ciclo de vida de la sostenibilidad es lo que va a permitir que el proceso desarrollado sea ambientalmente sostenible, económicamente viable y socialmente responsable.



Figura 7. Esquema del proceso de análisis de ciclo de vida aplicado a los procesos de reciclado mecánico (MR) y reciclado químico (CR) de materiales plásticos recuperados de VFU's. Fuente: propia

4. ENTIDADES COLABORADORAS EN EL PROYECTO

En el proyecto CIRPLACAR, como proyecto coordinado, participan los siguientes grupos de investigación asociados a diferentes organismos:

- Grupo de Ingeniería Química y Ambiental (GIQA), de la Universidad Rey Juan Carlos (URJC).
- Laboratorio de Tecnología de Polímeros (LATEP), de la Universidad Rey Juan Carlos (URJC)
- Unidad de Procesos Termoquímicos de IMDEA-Energía.
- Unidad de Análisis de Sistemas de IMDEA Energía
- Instituto de Estructura de la Materia (IEM), del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

Otras entidades que han colaborado en este proyecto, y que son agentes en la cadena de valor, son:

- Austrian Montan University (MU)
- Polymer Competence Center Leoben GmbH (PCCL)
- Repsol SA.
- ACTECO
- Grupo Antolín,
- Plastic Omnium
- Desguaces La Torre.

5. PREMIOS OTORGADOS

El proyecto CIRPLACAR, como proyecto colaborativo de IMDEA Energía y la URJC en el que también participa el CSIC, ha ganado el segundo premio de la 4ª edición de los premios SIGRAUTO a la Innovación en la Recuperación, en el marco del X Encuentro Nacional sobre Gestión y Reciclado de Vehículos Fuera de Uso celebrado en IFEMA Madrid, en junio de 2024.

6. DIVULGACIÓN CIENTÍFICA DE LOS RESULTADOS DEL PROYECTO CIRPLACAR

Los resultados científicos del proyecto CIRPLACAR, publicados hasta la actualidad, se recogen a continuación:

1. Portal web Proyecto CIRPLACAR: <https://cirplacar.eu/>
2. Artículo científico: *Enhancing the recyclability of ELV plastic bumpers: Characterization of molecular, morphological, rheological, mechanical properties and ageing degradation*. Polymer Degradation and Stability, vol. 230, December **2024**, 111024.
3. 6th Euro-Asia Zeolite Conference (EAZC 2025). *Mono vs Bimetallic Pd-Fe/n-ZSM-5 catalysts for the conversion of ELV plastic waste into dehalogenated oil via (Hydro)-Pyrolysis*. Alicante (España). Enero, **2025**.
4. CONAMA 2024. *Transición hacia una economía circular de los residuos plásticos de automoción: Proyecto CIRPLACAR*. Madrid (España). Diciembre, **2024**.
5. I Jornada en Sostenibilidad e Innovación en Polímeros y Materiales Compuestos: Abordando desafíos actuales y futuros. *Transición hacia una economía circular de los residuos plásticos de automoción (CIRPLACAR)*. Móstoles, Madrid (España). Septiembre, **2024**.
6. Curso de Verano en la Universidad Rey Juan Carlos: Gestión Sostenible de Residuos para una Economía Circular. *Transición hacia una Economía Circular de los residuos plásticos de automoción*. Tipo: Oral. Alcorcón, Madrid (España). Junio, **2024**.
7. Poly-Char Conference 2024: Polymers for our future. *Recycling of HDPE plastics from fuel tanks of End-of-Life Vehicles (ELVs)*. Tipo: Oral. Madrid (España). Mayo, **2024**.
8. Poly-Char Conference 2024: Polymers for our future. *Evaluation of recycled polypropylene from end-of-life vehicle bumpers as strategic for an improved circular economy*. Tipo: Oral. Madrid (España). Mayo, **2024**.
9. 2024 SPE International Polyolefins Conference. *Sustainable Solutions for end-of-life Vehicles plastics: The Recycling of Plastic Bumpers*. Tipo: Oral. Galveston, Texas (EEUU). Febrero, **2024**.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Plastics Europe (Association of Plastics Manufacturers). *The Circular Economy for Plastics – A European Analysis 2024* (2024). <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/the-circular-economy-for-plastics-a-european-analysis-2024/>
- [2] European Commission. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. *Una estrategia europea*

- para el plástico en una economía circular (2018). https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:2df5d1d2-fac7-11e7-b8f5-01aa75ed71a1.0023.02/DOC_1&format=PDF
- [3] S.B. Borrelle, J. Ringma, K. Lavender Law, C.C. Monnahan, L. Lebreton, A. McGivern, E. Murphy, J. Jambeck, G.H. Leonard, M.A. Hilleary, M. Eriksen, H.P. Possingham, H. De Frond, L.R. Gerber, B. Polidoro, A. Tahir, M. Bernard, N. Mallos, M. Barnes, C.M. Rochman *Predicted growth in plastic waste exceeds efforts to mitigate plastic pollution Science*, 369 (2020), pp. 1515-1518.
 - [4] Plastics Europe (Association of Plastics Manufacturers). *The Circular Economy for Plastics: a European Overview*, 2022.
 - [5] Directive 2000/52/EC of the European Parliament and the council of 18 September 2000 on end-of life vehicles. Official Journal of the European Communities, L 269/34, October, 2000.
 - [6] Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones *El Pacto Verde Europeo*. COM/2019/640 final, 2019.
 - [7] I Plan de Acción de Economía Circular 2021-2023. Estrategia Española de Economía Circular. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). NIPO: 665-21-071-3.
 - [8] Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo relativo a los requisitos de circularidad aplicables al diseño de los vehículos y a la gestión de los vehículos al final de su vida útil. COM (2023) 451 final. 2023/0284(COD).
 - [9] A. Patil, A. Patel, R. Purohit An overview of polymeric materials for automotive applications. *Mater. Today Proc.*, 4 (2017), pp. 3807-3815.
 - [10] MGG Polymers -Müller-Guttenbrunn Group, 2018. ELV and WEEE Plastics Recycling-Recovery Targets at Risk. 18th International Automobile Recycling Congress IARC 2018 March 14-16, 2018.

FINANCIACIÓN

